

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ali Taner KUZU**

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Programı: Malzeme ve İmalat

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ali Taner KUZU
(503081301)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Ocak 2011**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa BAKKAL (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Turgut GÜLMEZ (İTÜ)
Doç. Dr. Ömer Berk BERKALP (İTÜ)**

OCAK 2011

Eşime,

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın, planlanmasından sonuçlanmasına kadar ki tüm sürecinde değerli bilgilerini ve desteğini benden esirgemeyen danışmanım ve değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Mustafa BAKKAL'a ve çalışma sırasında bana yardım eden Ar. Gör. Safa BODUR, Serhan GERİKALMAZ ve Umut KARAGÜZEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman manevi desteklerini ve güvenlerini hissettirerek bana güç veren biricik eşim Ayşe Özge KUZU'ya, babam Mustafa KUZU'ya ve annem Aliye KUZU'ya; abim Ahmet KUZU'ya ve ablam Ebru KUZU'ya sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yanımda olan tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Ocak 2011

Ali Taner KUZU

İmalat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. TEORİ.....	3
2.1 Kompozit Malzemeler ve Kumaş Takviyeli Polietilen Matrisli Kompozit Malzemenin Özellikleri.....	3
2.1.1 Kompozit malzemeler	3
2.1.2 Tekstil Atığı Takviyeli Plastik Matrisli Kompozitler	5
2.1.3 Tekstil Atığı Takviyeli Plastik Matrisli Kompozit Malzemenin Üretimi ...	6
2.1.4 Mekanik Özellikleri	8
2.2 İşlenebilirlik	9
2.2.1 Birincil İşlenebilirlik Kriterleri	10
2.2.1.1 Takım Ömrü veya Takım Aşınma Hızı	10
2.2.1.2 Kesme Kuvvetleri veya Güç Gereksinimi	10
2.2.1.3 Talaş Formu	10
2.2.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü	11
2.2.2 İkincil İşlenebilirlik Kriterleri	11
2.2.2.1 Tolerans	11
2.2.2.2 Yüzey Kalitesi	11
2.2.2.3 Kesme Sıcaklığı	11
2.2.2.4 Mekanik Özellikler	11
2.2.3 Kompozit Malzemelerin İşlenebilirliği	12
2.3 Frezeleme İşlemi ve Mekaniği	12
2.3.1 Frezeleme İşlemi	12
2.3.2 Parmak frezenin kesme mekaniği	15
3. LİTERATÜR ÖZETİ	19
3.1 Takım Seçimi	20
3.2 Son Yıllarda Yapılan Bazı Çalışmalar	22
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	27
4.1 İşlenebilirlik deneyleri.....	27
4.2 Kullanılan Cihazlar	27
4.2.1 Takım Tezgahı	27
4.2.2 Dinamometre ve Kontrol Ünitesi	28
4.2.3 Ekstrüder ve Pres	29
4.2.4 Optik Mikroskop	30

4.3 İş Parçası.....	31
4.4 Kesici Takımlar	31
4.5 Kalıp tasarımı ve iş parçasının dinamometreye bağlanması	32
4.6 Kesme Parametreleri	33
5. SONUÇLAR	35
5.1 Birinci Aşama Test Sonuçları.....	35
5.1.1 Kuvvet Sonuçları.....	35
5.1.2 Kanalların değerlendirilmesi	39
5.1.3 Talaşların incelenmesi.....	43
5.2 Doğrulama Test Sonuçları	44
5.2.1 Kuvvet Sonuçları.....	44
5.2.2 Kanalların değerlendirilmesi	47
5.2.3 Talaşların incelenmesi.....	50
5.3 Genel Değerlendirme.....	51

KISALTMALAR

AYPE	: Alçak Yoğunluklu Polietilen
DKP	: Düzeltilmiş Kuvvet Puanı
DÇP	: Düzeltilmiş Çapak Puanı
CBN	: Kübik Boron Nitrür
PCD	: Çok Kristalli Elmas

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Alçak yoğunluklu polietilenin özellikleri [4]	6
Çizelge 2.2 : Üretim parametreleri	6
Çizelge 2.3 : %25 atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit malzemede tekrarlı kırım işleminin çekme dayanımına, elastik modüllerine ve darbe dayanımına etkisi [3]	9
Çizelge 3.1 : Plastik esaslı kompozitlere uygulanan bitirme işlemleri [10]	19
Çizelge 4.1 : Karma malzeme üretimi için kullanılan ekstruderin teknik özellikleri	29
Çizelge 4.2 : 4. Kırım %25 kumaş takviyeli kompozitin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması	31
Çizelge 4.3 : Hufschmied marka parmak frezelerin özellikleri	32
Çizelge 4.4 : Parametre testlerinde kullanılan kesme parametreleri.....	34
Çizelge 5.1 : Y yönündeki ortalama, maksimum, minimum kuvvetler ve kuvvet genlikleri	36
Çizelge 5.2 : Kanalların işlendikleri parametreler	39
Çizelge 5.3 : İlk aşama testlerinde elde edilen talaşlar	43
Çizelge 5.4 : Y yönündeki ortalama, maksimum, minimum kuvvetler ve kuvvet genlikleri	45
Çizelge 5.5 : Kesme parametresi çiftleri.....	48
Çizelge 5.6 : Kesme parametresi çiftleri.....	50
Çizelge 5.7 : Doğrulama testlerinde elde edilen talaşlar	51
Çizelge 5.8 : Düzeltilmiş kuvvet ve çapak puanlarının aralıkları.....	54
Çizelge 5.9 : Kesme parametreleri için elde edilen puanlar	54
Çizelge 5.10 : Saf polietilen ve kompozit plakanın Y yönündeki kuvvet değerleri ..	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kompozit plakaları granül hale getiren kırıcı makinası	7
Şekil 2.2 : Dördüncü kırım SEM fotoğrafı	8
Şekil 2.3 : Frezeleme tipleri [18]	13
Şekil 2.4 : a) zıt yönlü frezeleme b) Aynı yönlü frezeleme [7]	14
Şekil 2.5 : Parmak frezelemede aynı, zıt ve karışık yönlü frezeleme işlemi [18]	14
Şekil 2.6 : Helisel parmak frezenin geometrisi [14, 15]	15
Şekil 2.7 : Freze işleminin geometrisi [14]	16
Şekil 3.1 : Karbon ve cam elyaf takviyeli plastik matrisli kompozitlerin işlenebilmesi için takım özellikleri [2]	21
Şekil 3.2 : AFRP kompozitlerin işlenebilmesi için takım özellikleri [2]	22
Şekil 3.3 : farklı polyester elde edilen kompozit numuneler ve (ATLAC-VUP) kesme kuvvetlerinin ölçümü[12]	23
Şekil 3.4 : farklı polyester elde edilen kompozit numunelerdeki delaminasyonun ilerleme oranına göre değişimi [12]	24
Şekil 3.5 : Otoklavla elde edilen kompozit tabaka ve frezeyle işlenmesi [13]	24
Şekil 4.1 : Spinner VC650 dik işleme merkezi	28
Şekil 4.2 : (a) BNC2120 BNC ünitesi ve 6024E DAQ PCMCİ veri toplama kartı (b) Kistler 9257B dinamometre	28
Şekil 4.3 : Tek vidalı ekstrüder	29
Şekil 4.4 : Kompoit plakaların şişmesini engellemek için kullanılan pres	30
Şekil 4.5 : Nikon SMZ800 Stereo optik mikroskop	30
Şekil 4.6 : (a) adaptör plaka (b) kalıp	33
Şekil 4.7 : Çalışmada kullanılan sistem	33
Şekil 4.8 : Kalıbın üstten görünüşü	33
Şekil 5.1 : Takımın ilerleme yönü ve kesme sırasında oluşacak kuvvetler	36
Şekil 5.2 : 111SHG08 nolu takım için 1000 dev/dak, 200mm/dak ilerleme hızı için 3 eksenindeki kesme kuvvetleri	37
Şekil 5.3 : 110SHG08 numaralı takımın üstten görünüşü	38
Şekil 5.4 : Kuvvet genliklerinin parametre çiftleri ile değişimi	39
Şekil 5.5 : 102SHG08 nolu takımla kesilen kanalların toplu görüntüsü	40
Şekil 5.6 : 108ECO080 nolu takımla kesilen kanalların toplu görüntüsü	40
Şekil 5.7 : 110SHG08 nolu takımla kesilen kanalların toplu görüntüsü	41
Şekil 5.8 : 111SHG08 nolu takımla kesilen kanalların toplu görüntüsü	41
Şekil 5.9 : 6000 dev/dak, 200 mm/dak ilerleme hızları için takım yapışmasından dolayı oluşan yüzey hatası gösterilmektedir	42
Şekil 5.10 : 111SHG08 numaralı takım için 2000 dev/dak dönme hızı ve 200 mm/dak ilerleme hızı için 3 eksenindeki kesme kuvvetleri	46
Şekil 5.11 : Sabit dönme hızında devirin değişmesi ile y yönündeki kuvvet genliklerinin değişimi	46
Şekil 5.12 : Sabit ilerleme hızında devirin değişmesi ile y yönündeki kuvvet genliklerinin değişimi	47
Şekil 5.13 : 111SHG08 takımını ile 2. aşama testlerinde açılan kanalların resmi	47

Şekil 5.14 : 500 dev/dak'da elde edilen sonuçlar	52
Şekil 5.15 : 1000 dev/dak'da elde edilen sonuçlar	52
Şekil 5.16 : 1500 dev/dak'da elde edilen sonuçlar	53
Şekil 5.17 : 2000 dev/dak'da elde edilen sonuçlar	53
Şekil 5.18 : Sabit devirde ilerleme hızındaki değişime göre puanların dağılımı	55
Şekil 5.19 : Y yönündeki kuvvet genliklerinin parametre çiftlerine göre değişimi...	56
Şekil 5.20 : Saf polietilenin talaşlı işlemeden sonraki resmi	57

TEKSTİL TAKVİYELİ POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Artan çevre bilinciyle birlikte, son yıllarda çevreyi daha az kirleten, daha az kalıcı etki bırakan ürünler ve üretim yöntemlerine ilgi de artmıştır. Doğal polimerler, geri dönüşümlü poşetler, karbon salınımını daha aza indiren elektrikli arabalar bunlardan bir kaçıdır. Çevre dostu kompozit(karma) malzemeler de bu ilgiden nasibini fazlası ile almaktadır. Özellikle kağıt, fındık, kenevir, pamuk gibi doğal lif takviyeli kompozitlerin üretimi ile ilgili araştırmalar arttıkça bunların ekstrüzyon işlemi sonrasında kullanıma yönelik yapılacak kanal açma, delik delme gibi talaşlı imalat özelliklerinin belirlenmesi de gerekmektedir.

Bu çalışmada yukarıda tarif edilen amaca yönelik olarak doğal lif takviyeli polimer kompozitlerin frezede işlenebilirliği araştırılmıştır. Çalışmada doğal takviye elemanı olarak sanayiden toplanmış atık pamuklu kumaş kullanılmıştır. Böylelikle hem atık kumaşların ekonomiye tekrardan kazandırılması hem de polimer malzeme kullanımını en aza indirgenerek doğaya daha az zararı dokunan malzeme üretimi sağlanmıştır.

Çalışmada ilk olarak %25 atık kumaş takviye oranına sahip polimer matrisli kompozit malzemenin ekstrüder makinası yardımıyla levha şeklinde üretimi gerçekleştirilmiştir. Levha haline getirilen kompozit malzemeler; içindeki kumaşın homojen bir şekilde elyaf formunda dağılımının sağlanabilmesi amacıyla kırıcı yardımı ile tekrar granül haline getirilmiş ve bu işlem 4 defa tekrar edilmiştir.

Kesme işlemleri sırasında ilk aşamada farklı kesme geometrilerine sahip 4 değişik takım ile yüksek ve düşük hızlarda/ilerlemelerde işleme gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında belirlenen şartları sağlayan en uygun takım belirlenmiş ve bu takım ile en iyi işlenebilirliği veren kesme parametreleri daha geniş bir aralıkta değerlendirilmiştir. Kompozit malzemelerin işlenmesi sırasında kesme kuvvetleri ölçülmüş ve kesme işleminden sonra işlenmiş yüzey ve talaş morfolojisi araştırılmıştır.

İlk aşama testlerinde elde edilen sonuçlara göre bu malzemeyi işlemek için en uygun takımın 111SHG08 numaralı takım olduğu sonucuna varılmıştır. Kesme kuvvetleri, talaş oluşumu ve çapak oluşumu incelendiğinde düşük devir hızı ve yüksek ilerleme hızlarında bu takımın en iyi işleme şartlarını sağlamıştır. Doğrulama testlerinde ise tüm kesme hızları (devir) için 250 mm/dak ilerleme hızının en yüksek işlenebilirlik değerlerini verdiği görülmüştür. Çalışmanın en sonunda takviyesiz polimerle yapılan karşılaştırmada ise kompozit plakanın işlenebilirliğinin düşük ilerleme ve kesme hızlarında daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

MACHINIBILITY OF WASTE TEXTILE FABRIC REINFORCED POLYMER MATRIX COMPOSITES ON MILLING

SUMMARY

The interest to the products and the manufacturing processes polluting and effecting permanently less has been increased with the growing environmental conscious. Such as; natural polymers, recyclable bags, the electric cars reducing carbon emission, etc. Especially; the environment friendly composite materials are the most popular ones. The researches interesting in natural fiber reinforced such as paper, nut, ganja and cotton. The properties of the machining processes which are applied after extrusion such as slotting and drilling should be determined.

In this work, machinability of natural fabric reinforced polymer matrix composite are investigated. The waste cotton fabrics are used as a natural reinforced material in this work. In this way, both textile waste gain to the economy and producing more environmentally friendly material by reducing the use of polymer are provided.

25% waste cotton fabric reinforced polymer matrix composite material was manufactured as a plate by using extruder. The composite plates were granulated down to size enough to use in extrusion process by shredder and the process was repeated four times to distribute the cotton fabrics homogeneously in composite plate.

During cutting tests, four different cutting tools were used in the first step. In these tests, four different cutting parameters were used as two different spindle speed and feed rate chosen both low and high. The most convenient tool was determined in the light of the obtained results. The optimum cutting parameters were investigated for the convenient tool with increasing cutting parameters. During cutting tests, cutting forces were measured and surface morphology of chip and burr were investigated after cutting tests.

According to first step tests, the most convenient tool was 111SHG08. When cutting force, surface and burr formation were investigated, the best cutting conditions provided with the lowest spindle speed and the highest feed rate. In the verification tests, 250 mm/min feed rate was given the best machinability data for the whole cutting speeds. At the end of the work, the machinability of textile composites was compared with the machinability of virgin low density polyethylene and eventually, in the case of low feed rates and cutting speeds, the machinability of textile composites found better than machinability of virgin polymer.

1. GİRİŞ

Son 50 yıl içinde sanayide kullanılan malzeme türlerinde büyük değişim görülmüştür. Bu değişimin en çok yaşandığı malzeme ikilisi ise metal plastik ikilisidir. Geçmişte bir süpürgeci imalatında neredeyse %90'a yakın metal malzeme kullanılırken bu oran günümüzde %10'lara kadar düşmüş, plastik malzeme kullanımı %80-90 oranlarına çıkmıştır. Bunun en büyük nedenlerinden biri plastik malzemelerin yoğunluğunun düşük ve özgül mekanik özelliklerinin yüksek olmasıdır. Bunlara ek olarak, malzeme biliminin gelişimi ile mühendislik plastiklerinin ve plastik matrisli kompozit malzemelerin geliştirilmesi plastik malzemelerin tercih edilmesindeki artışı açıklamaktadır. Fakat plastik malzemelerinin iyi özelliklerinin yanında doğadan kaybolmalarının çok uzun yıllar alması gibi ekolojik zararları da mevcuttur.

Yapılan bazı çalışmalarda doğal kompozit malzeme takviyesi olarak ceviz kabuğu, fındık kabuğu, odun talaşı gibi malzemelerin kullanıldıkları görülmüştür. Bu tip uygulamalar plastik kullanımını en aza indirgeyebilmek amacıyla yapılan çalışmalardır. Doğal atıkların bu şekilde değerlendirilmesi hem ekonomik açıdan hem de çevresel açıdan faydalı olacaktır. Bu çalışmada da polietilen plastik malzemesi tekstil sektöründen artan tekstil atıkları ile takviye edilecektir. Bu bakımdan Türk sanayisinde önemli bir yeri olan tekstil endüstrisinde imalat sonrasında ortaya çıkan tekstil artıklarının değerlendirilmesi de Türk ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Kompozit malzeme yapımında termoplastiklerin kullanılmasının en önemli avantajlarından biri geri dönüşümünün yapılabilmesidir. Dünya çapında her yıl yaklaşık 100 milyon ton plastik hammadde kullanıldığı düşünülürse geri dönüşüm işleminin ne kadar gerekli olduğu ortaya çıkacaktır. Geri dönüşüm işlemiyle beraber doğada ancak çok uzun yıllar sonunda kendiliğinden yok olan artık plastik miktarı azalacak ve ekonomik olarak kazanç sağlanacaktır.

Kompozit malzemelerden üretim aşamasında son şeklini alması beklenir, ekstra işlemlere uğramaları istenmez. Fakat bazı uygulamalarda özellikle montaj uygulamalarında kanal açma ve delik delme gibi talaşlı imalat operasyonlarından tamamen kaçınılamaz ve bitirme işlemlerinin kompozit malzemelere uygulanması gerekir. Kompozit malzemelerin talaşlı işlenmesi de bu uygulamalardan biridir. Ayrıca bu malzemelere yüksek oranda uygulanan talaşlı işlemler keskin köşe düzeltmeleri ve çapak alma gibi bitirme işlemleri uygulanır. Frezeleme gibi talaşlı şekillendirme işlemleri ise genelde yiv açma ve yapılan montajın uyumluluğunun sağlanması için gereken şekillendirmelerde kullanılmaktadır. Plastik matrisli kompozit malzemelerin işlenmesindeki amaçlar şöyle sıralanabilir; dar toleransların sağlanması, yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi, montaj yapılacak kısımlara delik kanal gibi son işlem parametrelerinin açılması, kalıplanarak yapılamayacak kadar zor parçaların işlenerek yapılması.

Çalışma kapsamında belirli bir oranda takviye malzemesi içeren levhaların üretiminde gerçekleştirilecektir. Takviye malzemesi olarak Türkiye Tekstil Sanayinin önemli şirketlerinden Zorlu Holding'e bağlı Taç Perde'den alınan atık pamuklu kumaş ve matris malzemesi olarak düşük yoğunluklu polietilen kullanılacaktır. İlk önce matris ve takviye harmanlanacak ve harmanlanan malzemelerden levhalar üretilecektir. Bu levhalar 4 defa kırma işleminden geçirilecektir. 4 defa kırma işleminden geçirilmesinin amacı; oluşan levhalar içindeki kumaşın elyaf şeklinde homojen olarak yapının içinde dağılmasıdır. CNC frezede farklı geometrideki parmak freze takımları yardımıyla, kompozit iş parçasına farklı kesme parametreleri (ilerleme, kesme hızı) kullanılarak kesme testleri gerçekleştirilecektir. Kesme işlemi sırasında kesme kuvvetleri ölçülecek, çapak dağılımı ve kesme sırasında oluşan talaş formları incelenecektir.

2. TEORİ

Bu bölüm 3 kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda kompozit malzemeler hakkında kısaca bilgi verilecek ve ardından çalışmada kullanılacak atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit malzemenin özelliklerinden bahsedilecektir. İkinci kısımda malzemelerin işlenebilirliği ve işlenebilirlik kriterleri hakkında bilgi verilecektir. Son olarak frezeleme işleminden ve parmak frezenin kesme mekanizmasından bahsedilecektir.

2.1 Kompozit Malzemeler ve Kumaş Takviyeli Polietilen Matrisli Kompozit Malzemenin Özellikleri

Bu bölümde kompozit malzemeler hakkında genel bir bilgi verildikten sonra kumaş takviyeli polietilen matrisli kompozit malzemelerin özelliklerinden bahsedilecektir.

2.1.1 Kompozit malzemeler

İlk modern sentetik plastiklerin 1900'lerin başında geliştirilmesinin ardından, 1930'ların sonunda plastik malzemelerin özellikleri diğer malzeme çeşitleri ile boy ölçüşür düzeyde gelişmeye başlamıştır. Kolay biçim verilebilir olması, metallere oranla düşük yoğunlukta olması, üstün yüzey kalitesi ve korozyona karşı dayanımı plastik kullanımının yükselmesindeki en önemli özelliklerdir. Bu üstün özelliklerine nazaran sertlik ve dayanıklılık özelliklerin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi için çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla 1950'lilerde polimer esaslı kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Kompozitler, özellikle polimer kompozitler yüksek mukavemet, boyut ve termal kararlılık, sertlik, aşınmaya karşı dayanıklılık gibi özellikleriyle çok avantajlıdır. Ayrıca kompozit malzemeler dayanıklılık ve sertlik yönünden metallerle yarışabilecek düzeye gelmişlerdir ve metallere göre çok daha hafiftirler [1].

Kompozit malzeme tanımı, temel olarak iki veya daha fazla malzemenin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan ve meydana geldiği malzemelerden farklı özelliklere sahip yeni tür malzemeleri belirtmek için kullanılmaktadır. Kompozit malzemenin

özellikleri de gözle görülür derecede bileşen fazların özelliklerinden farklı olmalıdır [2].

Günümüzde kompozit malzeme denildiğinde sıklıkla elyaf ile güçlendirilmiş plastik malzemeler akla gelmektedir. Yeni oluşturulan malzemeye kompozit malzeme denilebilmesi için,

- Üretilmiş olmalıdır (tahta ve kemik gibi doğal olarak oluşmuş kompozitler dışında).
- Fiziksel ve kimyasal olarak birbirinden farklı bileşenlerden oluşmalıdır.
- Bileşenler makul oranlarda birleşmelidir.
- Kompozitin karakteristik özellikleri bir bileşenin özelliklerine benzememelidir [2].

Sürekli ve kompozit yapının içinde genel olarak en fazla bulunan bileşene matris denir. Matrisin görevleri arasında; takviyenin etrafını sarmak, onu bağlamak, takviye malzemelerini bir arada tutup yükü takviye malzemesine iletme ve böylece rijitliği ve boyutsal kararlılığı sağlamak, her bir takviye malzemesini kendi içinde izole etmek, üretilen kompozitin net şekilde veya net şekle yakın biçimde yüzey kalitesine sahip olmasını sağlamak, takviye malzemelerin kimyasal ve mekanik etkilere karşı (çevresel etkilere karşı) korunmasını sağlamak gösterilebilir. Genel olarak matris malzemeleri seramik, metal ve polimer olmak üzere üç çeşittir. Seramikler yüksek mukavemetli, kırılma ve rijit yapılar; metallerin dayanımı ve elastik modülü orta, süneklik değerleri ise iyidir. Polimer matrislerin ise elastik modülü ve dayanımı düşüktür. Metal ve seramik matrisler genellikle yüksek sıcaklık ve yüksek aşınma direnci gereken yerlerde kullanılırken; düşük maliyeti ve üretim kolaylığı nedeniyle, genellikle diğer uygulamalarda polimer matrisli kompozitler kullanılır.

Kompozit malzemelerin içindeki ikinci bileşene takviye denir. Amacı matris malzemesinin özelliklerini yükseltmektir. Bir çok uygulamada matris malzemesinden sağlam ve rijittir. Fakat bu her zaman geçerli değildir. Bu duruma örnek olarak sünek metal takviyesi ile seramik matris ya da kauçuk elastomer takviyesi ile kırılma polimer matris sünek hale getirilebilir. Takviye edici fazın geometrisi, takviye malzemesinin etkisini belirleyen önemli bir parametredir. Başka bir deyişle kompozit malzemenin mekanik özellikleri takviye edici parçacıkların geometri ve boyutunun

bir fonksiyonudur. Takviye bileşeni kompozitin içinde sürekli elyaf, kesikli elyaf, parçacıklı ve visker olarak bulunabilir.

Matris ve takviye bileşenlerinin bir araya gelmesiyle kompozit malzemeleri meydana getiren bu bileşenlerin en iyi özellikleri toplanmış olur. Uygun tasarlanması halinde kompozit malzemelerin avantajı, bileşenlerinin üstün özelliklerini bir araya getirerek toplamda optimal nitelikte malzeme özellikleri göstermeleridir. Bazı kompozit malzemeler monolitik malzemelerle karşılaştırıldıklarında kompozit malzemenin dayanımı ve rijitliği gibi özelliklerin metallerinkinden çok farklı olmadığı gözükür. Fakat özgül dayanım ve özgül rijitlik dikkate alındığında kompozit malzemeler genel olarak metallerden daha iyi özellikler gösterirler. Buna ek olarak, kompozit malzemelerde elyaf yönlenmesi ile metallerden farklı olarak istenen yönde mekanik özelliklerin geliştirilmesi ve yönlenmesi mümkündür [2].

2.1.2 Tekstil Atığı Takviyeli Plastik Matrisli Kompozitler

Bu çalışmada, tekstil kumaş atıklarıyla takviyelendirilen polimer matrisli kompozitlerin freze ile işlenebilirliğinin araştırılması yapılacaktır. Çalışmada iş parçası dört defa kırma işleminden geçirilmiştir. Matris malzemesi olarak geri dönüşüme izin vermesinden dolayı termoplastik Polietilen (PE) kullanılmıştır. Termoplastik malzemeler önemli değişiklikler olmadan defalarca ısıtılarak yeniden şekillendirilebilirler. Termoplastik malzemeler genel olarak diğer tür plastik malzemelere göre sünek ve tok malzemelerdir ve herhangi bir takviye malzemesi olmaksızın yapısal olmayan ve yük altında çalışılmayan uygulamalarda geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

Çalışmada matris malzemesi olarak kullanılan termoplastik malzeme alçak yoğunluklu polietilendir (AYPE). Polietilen, sağlam, esnek ve yalıtkan bir yapıya sahip olmasına karşın; ısı, ışık ve oksijene karşı dayanıklı değildir [3]. Polietilen, ambalaj malzemesi, ağır hizmet torbaları esnek hortumlar, değişik amaçlı borular, mutfak eşyası, oyuncak, bidon, şişe vb. Üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan alçak yoğunluklu polietilen virjin ve tekrar kırılmış malzemenin özellikleri çizelge 2.1’de görülmektedir. Çizelgede %25TG03 ile gösterilen ifade alçak yoğunluklu polietilen matrisin %25 kumaş atığı ile takviye edildiğini belirtmektedir.

Çizelge 2.1 : Alçak yoğunluklu polietilenin özellikleri [4]

Özellikler	Birim	AYPE G03-5	%25TG03
Erime Akış Hızı (MFI)	g/10 dak.	0.20 – 0.40	0,04
Yoğunluk (23 °C)	g/cm ³	0.919 – 0.923	0,95
Şişme Oranı	-	1.41	-
Erime Sıcaklığı (DSC)	°C	110	112-113
Vikat Yumuşama Noktası	°C	98	-
Akma Dayanımı	MPa	9,5	10,2
Kopma Dayanımı	MPa	19	9
Kopmada Uzama	%	640	30
Sertlik (Shore D)	-	47	54-55
Kırılma Sıcaklığı	°C	< -118	-
Isı Genleşme Katsayısı	K ⁻¹	10 X 10 ⁻⁵	-

2.1.3 Tekstil Atığı Takviyeli Plastik Matrisli Kompozit Malzemenin Üretimi

Çalışmada iş parçası olarak kullanılacak atık kumaş takviyeli kompozit malzeme tek vidalı ekstrüder yardımıyla üretilmiştir. İlk üretim aşamasında kumaşlar polimerle harmanlanmadan önce yaklaşık 3x3 cmxcm boyutlarında kesilmiştir ve daha sonra kesilen kumaş parçaları kompozit yapı içinde ağırlıkça %25 olacak şekilde ölçülmüştür. Ölçüm işleminden sonra atık kumaş ve polietilen granülleri harmanlanıp tek vidalı ekstrüderin besleme hunisinden beslenmiştir.

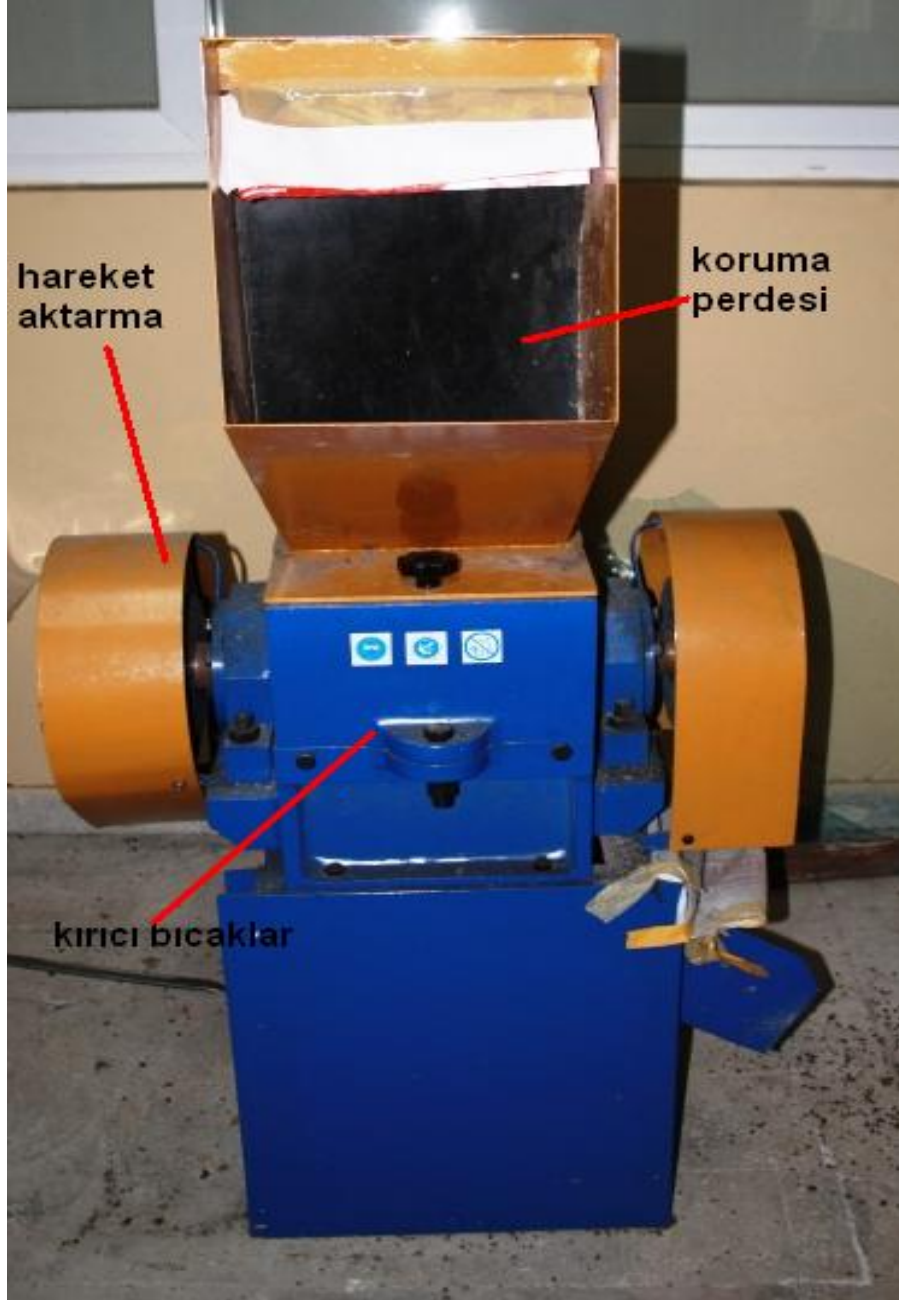
Atık kumaş takviyeli kompozitin üretim prosesi sırasında kullanılan parametreler çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Üretim parametreleri

Isıtıcı 1 (°C)	Isıtıcı 2 (°C)	Isıtıcı 3 (°C)	Kalıp Sıcaklığı (°C)	Ekstruder vida hızı (devir/dak)
170	175	180	185	30

Ekstrüder içinde harmanlanan kumaş atıklarının ve basınç ve sıcaklık etkisiyle eritilen termoplastik malzemenin, ekstrüderin ucundaki kalıptan levha şeklinde çıkması sağlanmıştır. Kalıptan sürekli olarak çıkan kompozit malzeme kalibrasyon merdanesinden geçtikten sonra istenilen ölçülerde kesilip soğutulması sağlanmıştır. Kompozit plaka soğuduktan sonra kırma makinası yardımı ile küçük granüller haline

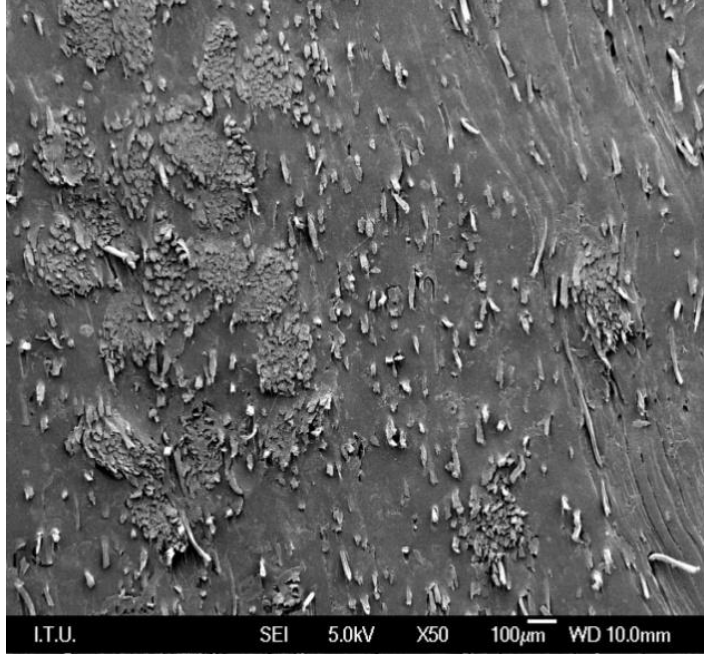
getirilmiştir. Kırma işlemi Şekil 2.1’de resmi verilen kırma makinası yardımı ile yapılmıştır.



Şekil 2.1 : Kompozit plakaları granül hale getiren kırıcı makinası

Dört defa kırma işlemi gerçekleştirildikten sonra son aşamada yukardaki adımlardan farklı olarak kalıptan levha halinde çıkan kompozit malzeme soğuma aşamasında hidrolik preste yaklaşık 4 tonluk bir kuvvet uygulanmıştır. Kompozit malzemenin pres ile basılmasındaki amaç şişme denilen özellikle AYPE malzemelerde görülen, soğuma sırasında parça kalınlığının soğuma hızları nedeniyle değişken olmasına engel olmaktır. Presten çıkan kompozit plakaların kalınlığı yaklaşık 8 mm’dir. Bu

işlem istenilen mekanik özelliklerin sağlanabilmesi amacı ile dört defa tekrar edilmiştir. Şekil 2.2b’de verilen SEM fotoğraflarında dördüncü kırımdan sonra kompozit içindeki kumaş ipliklerinin elyaf halinde yapı içinde homojen bir şekilde karıştığı görülmektedir.



Şekil 2.2 : Dördüncü kırım SEM fotoğrafı

2.1.4 Mekanik Özellikleri

Malzemelerin uygulanan mekanik zorlamalar altındaki davranışına malzemenin mekanik özellikleri denilmektedir. Her tür malzeme için karakteristik bir birim şekil değişimi-gerilme ilişkisi vardır. Bu ilişki çekme deneyi dediğimiz eğriler ile belirlenir. Elyaf takviyeli malzemelerin özellikleri homojen ve izotrop malzemelerden çok farklıdır. Bu farkı bileşenlerin hacim oranları, geometrik düzeni, bileşenler arasındaki arayüzeyindeki bağların özellikleri ve bileşenlerin kendi özellikleri belirlemektedir [5]. Çizelge 2.3’te atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit malzemenin kırma adımlarına göre çekme dayanımları ve elastik modüllerinin değişimleri görülmektedir. Çalışmada iş parçası olarak 4. kırım’dan elde edilen parça kullanılacaktır; bu kırımda kompozit malzemenin çekme dayanımı 10,2 MPa ve elastik modülü 466 MPa’dır [3].

Malzemelerin gerilme altında iki veya daha fazla ayrılması kırılma olarak adlandırılır. Kırılma gevrek ve sünek karakterde gerçekleşebilir. Kırılmanın nasıl gerçekleşeceği gerilmeye, sıcaklığa, ve deformasyon hızına bağlıdır. Darbe

dayanımları belirlemede kullanılan darbe testleri EN ISO 179: 1997 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Standarta göre çekiç hızı 3,8 m/s'dir ve numuneye açılan çentik A tipidir [3]. Çizelge 2.4'te atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit malzemenin kırma adımlarına göre darbe dayanımları verilmiştir. Çalışmada iş parçası olarak 4. kırım'dan elde edilen parça kullanılacaktır; bu kırımda kompozit malzemenin darbe dayanımı 86 KJ/m²'dir.

Çizelge 2.3 : %25 atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit malzemede tekrarlı kırım işleminin çekme dayanımına, elastik modüllerine ve darbe dayanımına etkisi [3]

Malzeme Türü	E (MPa)	σ_c (MPa)	Darbe Dayanımı (Kj/m ²)
Kırılmamış	353	7,70	122
1.kırım	381	8,77	113
2.kırım	421	9,26	101
3.kırım	463	9,92	93
4.kırım	466	10,20	86
5.kırım	436	9,71	69
6.kırım	395	9,67	52

2.2 İşlenebilirlik

İşlenebilirlik terimi belirli bir malzeme veya malzeme grubu için işleme kolaylığı veya zorluğunu ifade etmek için kullanılır. İş parçasına ait birçok özellik işlenebilirlik üzerinde etkilidir. Bunların başlıcaları; kimyasal bileşim, mikroyapı, mekanik özellikler (sertlik, çekme dayanımı, vb.) ve fiziksel özelliklerdir. Aslında işlenebilirlik sadece malzeme özelliği olarak değil, iş parçası, takım malzemesi, tezgah, kesme sıvısı ve kesme koşullarını da içine alan bütün olarak değerlendirilmelidir [15].

İşlenebilirlik terimi genelde karşılaştırma veya derecelendirme amacıyla kullanılır. İşlenebilirlik testlerle belirlenip, her test şartına bağlı olarak da farklı sonuç vermesinden dolayı, tek bir tanımı yoktur. İşlenebilirliğin belirlenmesinde kullanılan ana kriterler şu şekilde sıralanabilir.

- Birincil işlenebilirlik kriterleri
 - Takım ömrü ve/veya takım aşınma hızı
 - Kesme kuvvetleri veya güç gereksinimi

- Talaş formu
 - Yüzey pürüzlülüğü
- İkincil işlenebilirlik kriterleri
 - Tolerans
 - Yüzey kalitesi
 - Kesme sıcaklığı
 - Mekanik özellikler

2.2.1 Birincil İşlenebilirlik Kriterleri

İşlenebilirliği etkileyen en önemli unsurlar birinci işlenebilirlik kriterleridir. Bunlar alt başlıklar altında aşağıda incelenecektir.

2.2.1.1 Takım Ömrü veya Takım Aşınma Hızı

Bu en anlamlı ve ortak işlenebilirlik kriteri olarak öne çıkmaktadır. Takım aşınması, işlenen parça maliyeti ve kalitesini direk olarak etkiler. Eğer belirli kesme koşullarında takım aşınması azalıyorsa o koşullarda işlenebilirliğin arttığından söz edilebilir. Takım aşınması içinde bulunan kesme koşullarından direk etkileneceğinden kendi koşulları içinde değerlendirilmelidir.

2.2.1.2 Kesme Kuvvetleri veya Güç Gereksinimi

Kesme kuvvetleri ve dolayısıyla güç gereksinimi azalıyorsa işlenebilirlik o koşullarda artıyor demektir. Düşük kesme kuvvetleri, takım aşınmasını azaltır, ölçü kesinliğini artırır ve dolayısıyla takım ömrünü artırır. Kesme kuvvetlerini ve gücünü azaltmak için kesme hızları, ilerleme, paso derinliği gibi parametrelerin düşürülmesi gerekir.

2.2.1.3 Talaş Formu

Kısa talaş üreten malzemeler ve kesme koşulları için işlenebilirliğin; uzun, kopmayan veya kısa ama toz halinde talaş çıkaran malzemeler ve kesme koşullarına göre daha iyi olduğu söylenebilir. Talaş formları da bazı koşullarda kesme parametrelerinin değiştirilmesi ile istenen duruma getirilebilir.

2.2.1.4 Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey kalitesinin yüksek olması işlenebilirliğin de yüksek olmasına işaret eden bir faktördür. Yüzey kalitesinin belirlenmesinde ise yaygın olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değeri kullanılır.

2.2.2 İkincil İşlenebilirlik Kriterleri

İkincil işlenebilirlik kriterleri işlenebilirlik kriterleri aşağıdaki alt başlıklarda incelenecektir.

2.2.2.1 Tolerans

Toleransın daha düşük seviyelerde olması işlenebilirliğin daha yüksek olmasını işaret eder. Özellikle plastik ve ağaç işlemede önemlidir. Metallerin işlenmesinde ise çok sayıda üretim yapılacaksa önem kazanır.

2.2.2.2 Yüzey Kalitesi

Bu kriterde işlenebilirliğin yüksek olması, talaşlı imalat sonrası iş parçası üzerinde oluşabilecek metalurjik hasarların az olması ile alakalıdır. Bu hasarlara örnek olarak kalıntı gerilme ve sertleşmiş yüzeyler verilebilir.

2.2.2.3 Kesme Sıcaklığı

Kesme sıcaklığının düşük olması işlenebilirliği artıran bir durumdur. Bunun sebebi pek çok takım aşınmasının ısı aktivasyon ile ilgili olmasıdır. Kesme sıcaklığının düşük olması ile beraber bir çok malzemede işlenebilirlik takım ömrünün artması ile beraber artmaktadır. Seramikler kesme sıcaklığından etkilenmez hatta kesme sıcaklığının artması bir miktar takımın performansına olumlu yansımaktadır.

2.2.2.4 Mekanik Özellikler

Özellikle sertlik ve dayanım işlenebilirlik ile ilişkilidir. Sertlik ve dayanımı yüksek olan malzemelerin işlenmesi daha zordur. Çelikler ve dökme demirler için aynı sertlik ve dayanıma sahip malzemelerin işlenebilirliği birbirine benzerdir fakat bu durumu titanyum ve alüminyum için söyleyemeyiz. Sertlik ve dayanım dışında pekleşme ve sürtünme özellikleride işlenebilirliği etkileyen diğer mekanik özelliklerdir.

2.2.3 Kompozit Malzemelerin İşlenebilirliği

Kompozit malzemeler geniş olarak metallerle karşılaştırıldıklarında yüksek özgül dayanım ve rijitlik özelliklerinden dolayı yeni nesil ürün tasarımlarında kendilerine şans bulurlar. Fakat, homojen olmamaları, anizotropik olmaları, çok miktarda aşındırıcı takviye içerebilmeleri işlenmelerini zorlaştırmaktadır. Geleneksel işleme yöntemlerinden tornalama, delik delme ve frezeleme yaygın olarak kompozit malzemelere uygulanır. Kompozit malzemelerde kullanılan bazı takviye elemanları; cam, grafit, boron, alumina, ve silikon karbür gibi yüksek abrasif özelliklere ve sertliğe (bazı durumlarda takımdan bile sert) sahiptir. Kesici takım malzemesi aşınmayı en aza indirecek şekilde seçilmelidir çünkü kompozit malzemelerin içindeki sert abrasif bileşenler iş parçasını temsil etmektedir. Kompozit malzemelerin işlenmesi takviye ve matris malzemesinin özelliklerine ve bağlı içeriklerine hem de işleme prosesine verdiği cevaba bağlıdır.

2.3 Frezeleme İşlemi ve Mekanığı

Talaş kaldırma olayı, sürtünme, ısı oluşumu, yüzey sertleşmesi, talaş oluşumu, takım aşınması gibi olayların meydana geldiği, elastik ve plastik şekil değişimi esaslarına dayanan fiziksel bir olaydır. İş parçası üzerinden talaş kaldırılabilmesi için kesici takımın, iş parçası malzemesinden daha sert olması, malzemeye yeterince nüfus etmesi ve yeterince kuvvet uygulaması gerekmektedir [6].

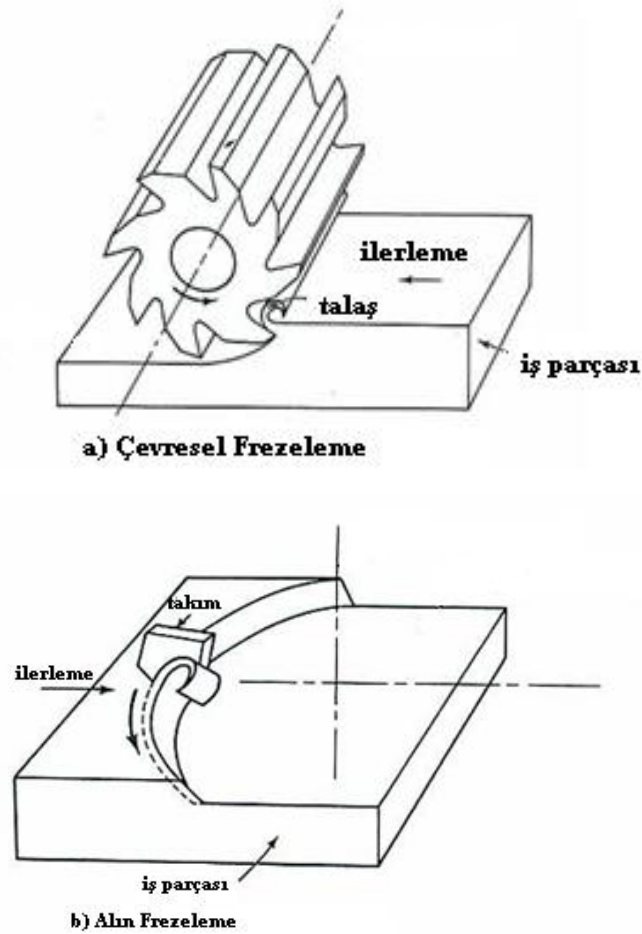
Geleneksel talaşlı imalat yöntemleri tornalama, frezeleme ve delik delmedir. Frezeleme işlemi endüstride en sık kullanılan talaşlı imalat yöntemlerinden bir tanesidir. Frezeleme işlemi ile çok farklı parçalar ve kompleks kalıp yüzeyleri yüksek doğruluk ve iyi yüzey kalitesi ile üretilmektedirler.

2.3.1 Frezeleme İşlemi

Frezeleme işleminde, bir veya daha fazla kesici ağıza sahip takım dairesel hareket gerçekleştirerek tezgaha sabitlenen iş parçası üzerinden talaş kaldırır. Frezelemede her kesici ağız kısa bir süre parçaya nüfuz ederek parçadan talaş kaldırır. Kesici ağızlar parça ile sürekli temas halinde olmadığından frezeleme kesintili bir işlemdir. Frezeleme işleminde talaş kesiti ve dolayısıyla talaş yükü de sürekli değişir.[16] Frezeleme işlemini tezgah, takım geometrisi, kesme parametreleri, ve kesme şartları etkilemektedir. Genel olarak bakıldığında frezeleme iki tipte sınıflandırılabilir.[18]

- a. Çevresel frezeleme
- b. Alın frezeleme

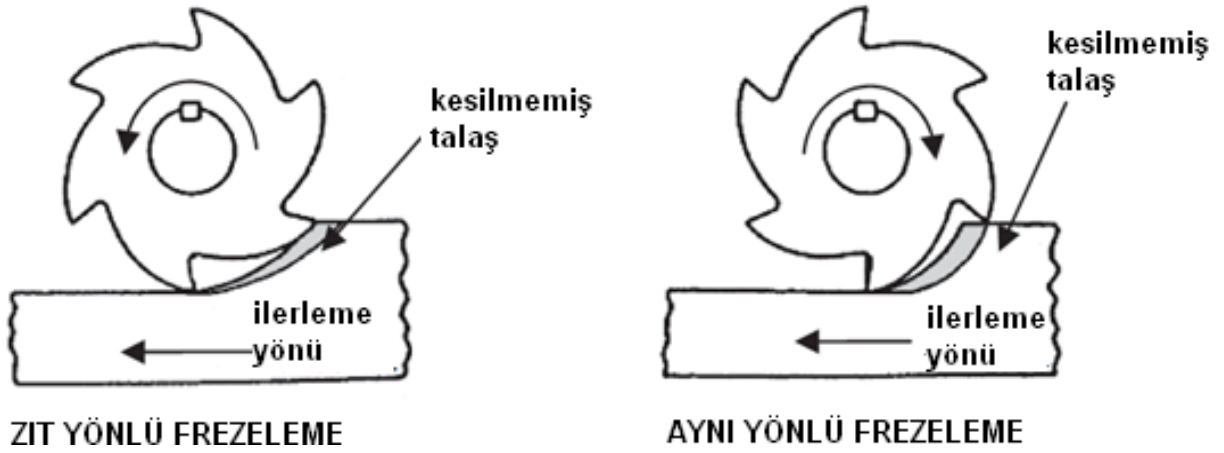
Bu iki işlem arasındaki farklılık takımın döndüğü eksenin doğrultusunun iş parçası yüzeyine konumu ile ilgilidir. Çevresel frezeleme işleminde kesici takımın dönme eksenini yüzeye paraleldir (Şekil 2.4a), alın frezeleme işleminde ise eksen yüzeye dik veya paralel olabilir (Şekil 2.4b). Talaş kaldırma işlemi kesici takımın alın ve yan kenarındaki kesici ağızları ile gerçekleşir.



Şekil 2.3 : Frezeleme tipleri [18]

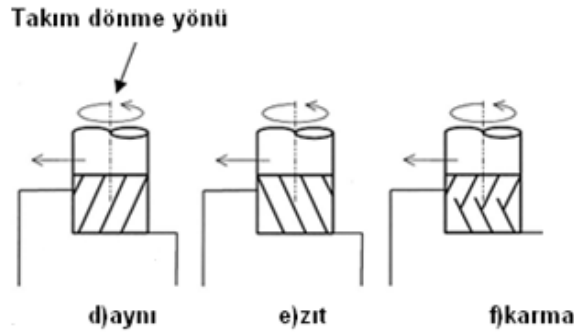
Bir frezeleme işleminde kesici takımların giriş ve çıkış açılarını zıt ve aynı yönlü frezeleme işlemleri belirler. Zıt yönlü frezeleme (Şekil 2.5a) işleminde giriş açısı sıfır derecedir, fakat aynı yönlü frezeleme (Şekil 2.5b) işleminde giriş açısı sıfır dereceden farklıdır ve çıkış açısı sıfır derecedir. Zıt yönlü frezeleme işleminde, iş parçasının ilerlemesi kesici takımın dönme yönüne karşı olduğu zaman yapılan frezeleme yöntemidir. Zıt yönlü frezeleme işleminde kesici takımın iş parçasına daldığı zaman minimum talaş kaldırırken kesici çıkış noktasında maksimum talaş kaldırır. Aynı

yönlü frezeleme işleminde ise kesici takımın iş parçasıyla temas noktasındaki kaldırdığı talaş maksimum, çıkış noktasında ise minimum olur.



Şekil 2.4 : a) zıt yönlü frezeleme b) Aynı yönlü frezeleme [7]

Çevresel frezeleme dikkate alındığında aynı yönlü frezeleme işleminde takım, iş parçası üst yüzeyine baskı uygulayarak parçayı tezgâh tablasına bastırarak kendine doğru çekmeye çalışır. Eğer iş parçasının yüzeyi sertleştirilmiş ise zıt yönlü frezeleme işlemi tercih edilir. Eğer fener milinde ve ilerleme sürücülerinde boşluk yoksa, çevresel zıt yönlü kesmede, kesme kuvvetleri iş parçasını tablada tutma ve titreşimleri azaltma eğilimindedirler.



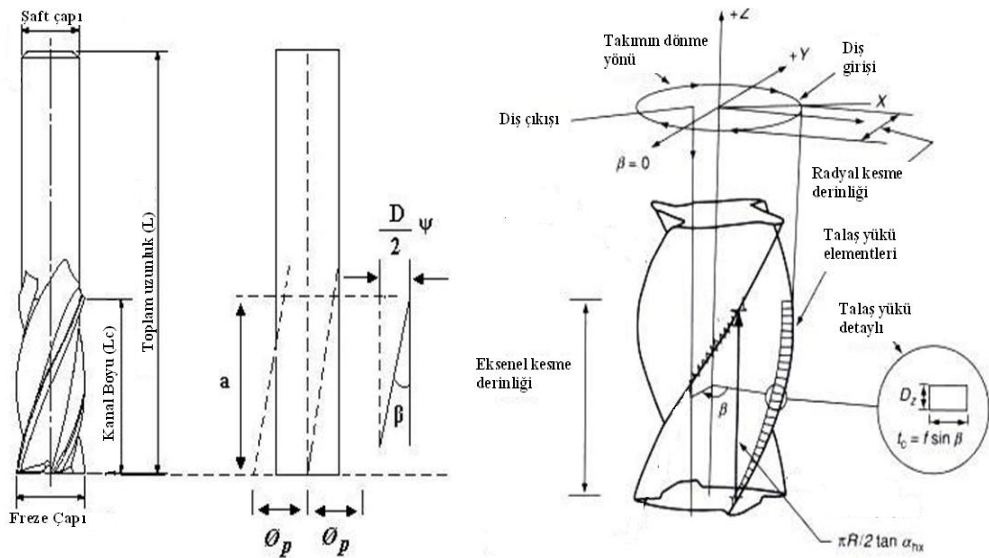
Şekil 2.5 : Parmak frezelemede aynı, zıt ve karışık yönlü frezeleme işlemi [18]

Uygulamaların çeşidine göre aynı yönlü frezeleme ile zıtlı yönlü frezelemenin kendine özgü avantajları vardır. Bu avantajlara bakacak olursak; Zıt yönlü frezelemede kesme kuvveti ile iş parçasının karşı koyma kuvveti zıt yöndedir. Bu sebeple meydana gelen kesme kuvveti bileşkesi büyüdüğünden tezgâhın enerji sarfıyatı artmaktadır. Kesme kuvvetinin başlangıçta en yüksek olması, aynı yönde frezeleme yöntemi için bir kusurdur. Parçayı tablaya bastırarak çalışması ise bir üstünlüktür. Bu sayede iş parçasının titreşimi azalacak ve yüzey kalitesi

yükselecektir. Döküm yoluyla elde edilen parçaların yüzeylerinde sert tabaka olduğundan aynı yönlü frezeleme yönteminde kesme dişi başlangıçta sert tabakaya nüfuz etmeye çalışır. Bu nedenle takım daha çabuk aşınır ve takım ömrü azalır. Zıt yönlü frezeleme yönteminde diş daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak kesme ağzının ucu çok azda olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle diş ilk temasında kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma takım aşınmasına ve takım ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Zıt yönlü frezeleme yönteminde talaş kaldırma esnasında iş parçasının yüzeyinde oluşan elastik ve plastik deformasyon etkisinden dolayı işlenen iş parçasının yüzey kalitesi iyi değildir [6].

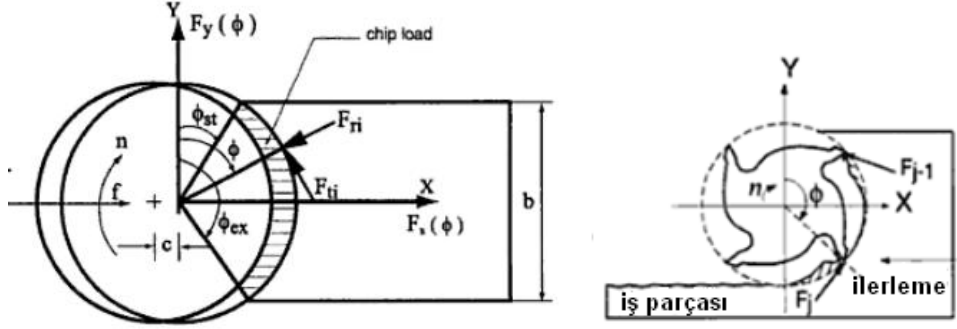
2.3.2 Parmak frezenin kesme mekaniği

Kesme kinematiğinin karmaşıklığı, periyodik kesme kuvvetleri ve harmonik titreşimlerden dolayı frezeleme işleminin benzetimini kurmak zordur. Kısa takım ömrüne neden olan periodik yükler, takım üzerinde çevrimsel mekanik ve termal gerilmelere neden olur. Bu gerilmeleri sönmölemek için helisel parmak frezeler kullanılır. Tipik bir parmak freze şekil 2.7’de gösterilmiştir. Parmak frezenin kesme mekaniğini anlayabilmek için takım geometrisini bilmek gereklidir.



Şekil 2.6 : Helisel parmak frezenin geometrisi [14, 15]

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere talaş yükü helis boyunca yukarıya doğru kademeli bir şekilde artmaktadır. Eğer helis açısı β ise kesme ağzı eksenindeki bir nokta takımın sonundaki noktadan geç kalacaktır.



Şekil 2.7 : Freze işleminin geometrisi [14]

Helis açısının sıfır olduğu düşünülürse teğetsel ($F_t(\phi)$), radyal ($F_r(\phi)$), eksenel ($F_a(\phi)$) kesme kuvvetleri kesilmemiş talaş bölgesi ($ah(\phi)$) ve kesici kenar temas uzunluğu, a , bakımından aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\begin{aligned} F_t &= K_{tc} ah(\phi) + K_{te} a, \\ F_r &= K_{rc} ah(\phi) + K_{re} a, \\ F_a &= K_{ac} ah(\phi) + K_{ae} a, \end{aligned} \quad (2.1)$$

Yukarıdaki formüllerde K_{tc} , K_{rc} ve K_{ac} kesme kuvveti katsayıları (cutting force coefficient), K_{te} , K_{re} ve K_{ae} ise kenar sabitleridir (edge constant). Eğer uç yarıçapının ve yaklaşma açısını sıfır derece alacak olursak eksenel kuvvet F_a sıfır olacaktır.

Paso miktarına bağlı olarak gecikme açısı (lag angle) ψ denklem 1.1'deki gibi hesaplanır.

$$\tan \beta = \frac{D\psi}{2z}, \quad \psi = \frac{2z \tan \beta}{D} \quad (2.2)$$

Freze işleminde torna ile işlemeden farklı olarak talaş kalınlığı h değişkendir ve c ilerleme hızına (mm/dev-diş) ve anlık dalma açısına bağlıdır [14].

$$h(\phi) = c \sin \phi \quad (2.3)$$

Aynı şekilde ortalama birim devir başına ortalama talaş kalınlığı da şekil 2.8'de görülen taralı alandan aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$h_a = \frac{\int_{\phi_{st}}^{\phi_{ex}} c \sin \phi d\phi}{\phi_{ex} - \phi_{st}} = -c \frac{\cos \phi_{ex} - \cos \phi_{st}}{\phi_{ex} - \phi_{st}} \quad (2.4)$$

Yukarıdaki formülde ϕ_{ex} çıkış dalma açısı ve ϕ_{st} giriş dalma açısıdır. Şekil 2.8'deki kuvvet denge diyagramına bakacak olursak talaşlı işleme sırasında oluşan kuvvetler aşağıdaki şekilde bileşenlerine ayrılabilir.

$$\begin{aligned} F_x(\phi) &= -F_t \cos\phi - F_r \sin\phi, \\ F_y(\phi) &= F_t \sin\phi - F_r \cos\phi, \\ F_z(\phi) &= F_a, \end{aligned} \quad (2.5)$$

Burada belirtmelidir ki kesme kuvvetleri yalnızca takım kesme bölgesinin içinde olduğu zaman meydana gelir;

$$F_x(\phi), F_y(\phi), F_z(\phi) > 0 \Rightarrow \phi_{st} \leq \phi \leq \phi_{ex}. \quad (2.6)$$

Diğer önemli bir nokta ise aynı zamanda birden fazla dişin iş parçasından talaş kaldıracabileceğidir. Bunun gerçekleşebilmesi için süpürme açısının ($\phi_s = \phi_{ex} - \phi_{st}$) takım ağızları arasındaki açıdan ϕ_p büyük olması gerekmektedir. Takım ağızları arasındaki açı ϕ_p , 2π 'nin takımdaki ağız sayısı N 'ye bölünmesi ile bulunur.

$$\phi_p = \frac{2\pi}{N} \quad (2.7)$$

Birden fazla dişin talaş kaldırdığı durumlarda her ağızdaki kesme kuvvetleri dikkate alınmalıdır. Buna bağlı olarak toplam ilerleme, normal ve eksenel kuvvetler $\phi_{st} \leq \phi_j \leq \phi_{ex}$ olduğu zaman ,

$$F_x = \sum_{j=1}^N F_{xj}(\phi_j), \quad F_y = \sum_{j=1}^N F_{yj}(\phi_j), \quad F_z = \sum_{j=1}^N F_{zj}(\phi_j) \quad (2.8)$$

şeklinde olur [14].

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Polimer matrisli kompozitler çoğunlukla net şekline yakın şekilde imal edilirler. Bu yüzden bu malzemelere yüksek oranda uygulanan talaşlı işlemler keskin köşe düzeltmeleri ve çapak alma gibi bitirme işlemleridir. Frezeleme gibi esas talaşlı şekillendirme işlemleri genelde yiv açma ve yapılan montajın uyumluluğunun sağlanması için gereken şekillendirmelerde kullanılmaktadır [9].

Çizelge 3.1 : Plastik esaslı kompozitlere uygulanan bitirme işlemleri [10]

İşleme Metodu	İşleme Operasyonunun Amacı	Kullanılan İşleme Tipi
Pres, Transfer, Enjeksiyon Kalıplama	Çapak alma, Parlatma	Kesme, Ovalama, Kumlama, Eğeleme
Ekstrüzyon	Boy kesimi	Kesme
Laminasyon	Boy kesimi, Çapak alma	Kesme
Vakumla Şekillendirme	Keskin köşelerin düzeltilmesi, Boy kesimi	Kesme, Kumlama, Eğeleme

Plastik esaslı kompozitler metallerle benzer şekilde tornalama, frezeleme, testereyle kesme, delik delme vb... işlemlerle işlenebilse de özellikle torna ve frezeleme de matris malzemesinin yumuşaması ve delaminasyon nedeniyle yapıda hasar meydana gelebilmektedir. Plastik matrisli kompozitlerde kullanılan matrisin termoset veya termoplastik olması durumunda işlenebilirlikleri pek değişmese de bazı farklılıklar da içermektedir. İki matris malzemesine sahip kompozitlerin işlenmesindeki en büyük farklılık oluşan talaş formlarıdır. Termoplastik matrisli kompozitlerin işlenmesinde uzun ve sürekli bir talaş oluşumu meydana gelirken termoset matrisli kompozitlerde çoğunlukla toz halinde talaş meydana gelir. Ayrıca termoplastik matrisli kompozitlerin işlenmesiyle oluşan takım aşınması termosetlere göre daha yavaştır. Bunların yanında bazı benzer özellikleri de vardır. Örneğin iki malzemenin işlenmesinde takviye olarak karbon elyafı kullanıldığı durumlarda sert karbür takımlar kullanılmalıdır. Bunun nedeni yüksek dayanımlı karbon elyafın aşındırıcı etkisidir. Ayrıca kullanılan takımların körelmiş olması durumunda yüzey bozuklukları ve ciddi oranda da delaminasyon meydana gelebilmektedir [9].

3.1 Takım Seçimi

Plastik matrisli kompozitlerin freze ile işlenmesinde metallere göre toplam parça hacminden daha az talaş kaldırılır. plastik matrisli kompozitlerin işlenmesi, malzemelerin son işleme düzeltmelerini yapmak veya yüksek kaliteli yüzeyler elde etmek için yapılır. İşleme parametrelerinin ve takımın seçiminde; elyafın cinsi, takviyenin yapısı ve matrisin hacimsel oranı çok önemlidir [2].

Kompozit malzemeler, metallere karşılaştırıldıklarında yüksek özgül dayanım ve rijitlik değerlerinden dolayı yeni nesil ürün tasarımlarında kendilerine şans bulmaktadırlar. Fakat homojen olmamaları, anizotropik olmaları, çok aşındırıcı takviyeler içerebilmeleri ve deformasyon davranışlarının metallerekinden farklı olması kompozit malzemelerin işlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kesici takımın seçimi çok önemlidir. Kesici takım malzemesi aşınmayı en aza indirecek şekilde seçilmelidir çünkü kompozit malzemelerin içindeki sert abrasif bileşenler iş parçasını temsil etmektedir. Aynı zamanda takım geometrileri işlenecek malzemenin işlenmesini kolaylaştırmalıdır. Kompozit malzemelerin işlenmesi, hem takviye ve matris malzemesinin mekanik özelliklerine ve bunların bağlı içeriklerine hemde işleme prosesine verdiği cevaba bağlıdır [2]. Kesici takıma ek olarak kompozit malzemelerin işlenebilirliğini ilerleme ve kesme hızı gibi kesme parametreleri etkiler.

Cam ve karbon elyaf takviyeli kompozit kullanılması durumunda, takım malzemesi takım seçiminde önemli etkindir, aramid, kumaş elyaf veya dayanımı düşük takviyeli kompozitlerin kullanılmasında ise takımın geometrisi takımın seçimindeki en önemli kriterdir [2]. İşleme operasyonunun davranışı, elyafların kompoziti güçlendirme karakteristiği ile belirlenir. Bu durum işlem parametrelerinin yada takım geometrisinin uygunluğunun en önemli tesiridir. Elyaf matris malzemelerine göre yüksek çekme mukavemetleri, elastik modülleri ve kırılmadaki düşük birim şekil değişimleri ile karakterize edilebilirler. Ayrıca elyafın cinsine bağlı olarak burada değişik ısı özellikleri vardır, bu ısı özellikleri plastikten oldukça farklıdır ve kompozitlerin işlenmesinde önemli bir parametre olarak göze çarpmaktadır.

Camın ve karbon elyafın sertliklerinden dolayı işleme sırasında yüksek seviyeli aşınma meydana gelir. Aşınma takımın kesici kenarlarındaki yuvarlatmalarda meydana geldiği için kesici kenarlar aşınmaya karşı dirençli olmalıdırlar.

Cam ve karbon elyaf gibi sert takviyeli kompozitler için K10 grubundan ince taneli karbürler veya PCD'ler yüksek sertliklerinden dolayı uygun takım malzemeleridir. Seramikler düşük ısı iletim katsayılarından dolayı işleme sırasında ısıyı dağıtamazlar ve yüksek kırılma dayanımlarından dolayı gerilmelere karşı çok duyarlıdır. Bundan dolayı takımın kesici uçlarında kırılmalar meydana gelir. Bu sebeplerden dolayı seramik malzemeler takım malzemesi olarak uygun değildir. Düşük aşınma dirençlerinden dolayı CBN'lerde bu malzemeler için kullanılamazlar.

Cam ve karbon elyaflı kompozitlerin işlenmesinde kesici kenarın keskinliği çok önemlidir. Kesici kenar geometrisi konusunda, kesici kenar tırtıklarının ve radyüsünün olabildiğince küçük olduğundan emin olunması gereklidir. Cam ve karbon elyaflardaki gevrek kırılma davranışından dolayı takım geometrileri metal işlemedekilerle yaklaşık olarak benzer seçilir. Plastik matrisli kompozit malzemelerde elyafın uzunluğu, cinsi ve hacim oranı takım malzemesinin seçimindeki ayrımı meydana getirir. Şekil 3.1'de karbon ve cam elyaf takviyeli plastik matrisli kompozitler için takım seçim kriterleri verilmiştir.

- Geleneksel kesici kenar geometrisi
 - Yüksek aşınma dayanımı
 - Küçük kesici kenar radyüsleri $r=10-15\mu m$
 - Talaş ve serbest yüzeyde yüksek yüzey kalitesi $Ra<1,5$
- cam elyaf--> Karbon elyaf
Kısa elyaf--> Uzun elyaf
ise takım malzemesi
Karbür--> PCD

Şekil 3.1 : Karbon ve cam elyaf takviyeli plastik matrisli kompozitlerin işlenebilmesi için takım özellikleri [2]

Aramid elyaf takviyeli plastik kompozitlere standart takım geometrileri ile kesme işlemi yapılamaz çünkü aramid elyafları matristen ayrılırlar. İyi bir kesme işlemi için takım geometrisi parçada öngerilme oluşturmaya izin vermelidir. Yüksek kesici uç keskinliği ve küçük kesici kenar yuvarlatmaları takımdan beklenen diğer gereksinimlerdir [2].

Takım talaş yüzeyindeki sütünmeyi ve bu sayede takım ucunda talaş yapışmasını minimize etmek için tok aramid elyafların yüksek sürtünme katsayılarından dolayı

takım talaş ve serbest yüzeyi yüksek kaliteli olmalıdır. İnce taneli karbürlerden yapılmış takımlar aramid elyaf takviyeli kompozitlerin işlenmesinde iyi sonuçlar verir [17]. Şekil 3.2’de aramid elyaf takviyeli plastik matrisli kompozitler için takım seçim kriterleri verilmiştir.

- Özel kesici kenar geometrisi
 - Yüksek aşınma dayanımı
 - Küçük kesici kenar radyüsleri $r=10-15\ \mu\text{m}$
 - Talaş ve serbest yüzeyde yüksek yüzey kalitesi $Ra<0,8\ \mu\text{m}$
- Küçük kalınlık(<3 mm) → Büyük kalınlık
ise takım malzemesi
Karbür → PCD takımlar

Şekil 3.2 : AFRP kompozitlerin işlenebilmesi için takım özellikleri [2]

Kısa elyaf takviyeli kompozitlerin ve cam takviyeli kompozitlerin frezeleme ile çapak alma işlemi sık sık ihtiyaç duyulan bir operasyondur. Aşındırıcı kalemler (abrasive pencil) ve çok kenarlı kesici uçlar, örneğin karbür şaşırtma takımları genellikle bu işlemlerde kullanılırlar. Çift kesme kenarlı kesiciler yüksek oranda elyaf içeren ve tekyönlü uzun elyaf takviyeler için kullanılmalıdır çünkü yalnız bunlar temiz bir kesim için elyafı bölebilirler. Yüzey kalitesi ve takım ömrü bakımından PCD takımlar karbürlere göre daha iyidirler.

Takım kama açısı yaklaşık 75° derece olan ve talaş açısı 0° ile 7° derece arasında olan takımların daha faydalı oldukları ispatlanmıştır [2]. Kama açısındaki azaltma kısa süreli avantaj sağlamasına rağmen uzun dönemde aşınma problemi ortaya çıkacaktır. Eğer talaş açısı çok küçük seçilecek olursa polimer matrisin deforme olmaya eğiliminden dolayı serbest yüzeyde hasar oluşacaktır.

3.2 Son Yıllarda Yapılan Bazı Çalışmalar

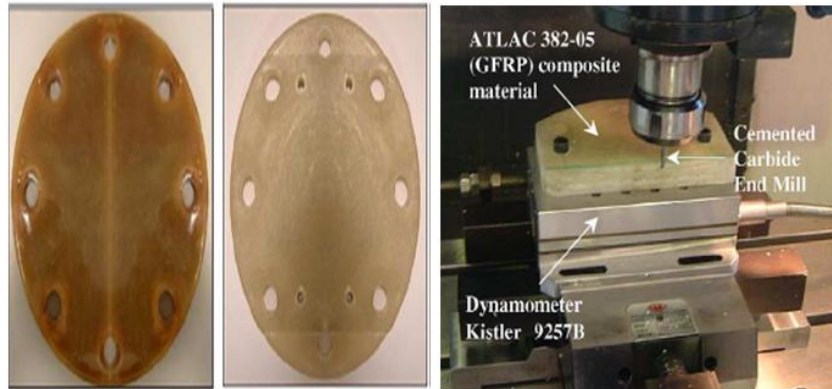
Frezeleme işlemi, polimer esaslı kompozitlerin net şekline yakın imal edilmesi nedeniyle, bitirme işlemi olarak adlandırabileceğimiz çapak alma, boyutsal hassasiyetin sağlanması ve yüksek yüzey kalitesi için kullanılmaktadır.

Polimer esaslı kompozitlerde takviye olarak özellikle cam, seramik ve metal parçacıkları gibi aşındırıcı elemanların kullanılması, bu kompozitlerin işlenmesinde

frezelemede de büyük sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden verimli bir işleme için işleme parametreleri ve kullanılacak takım çok önemlidir.

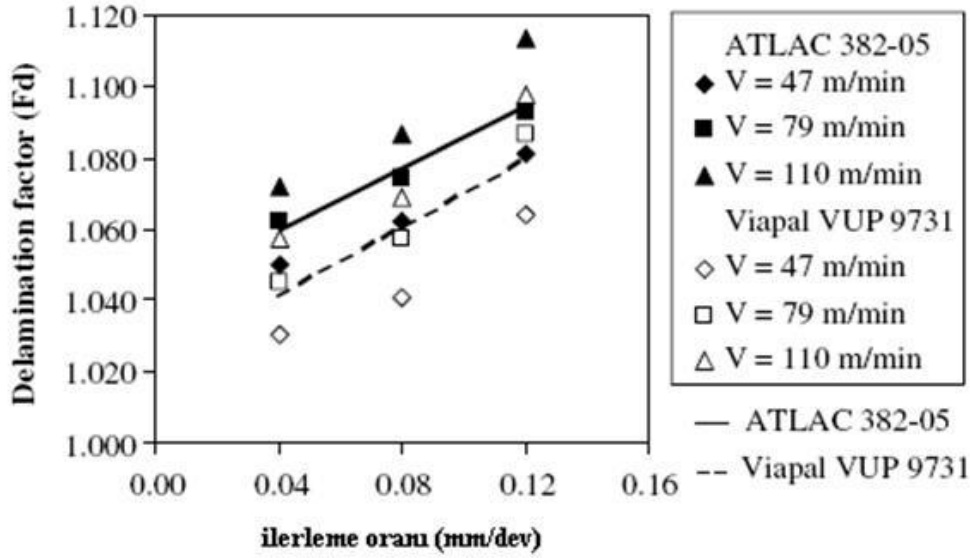
Polimer esaslı kompozitlerin frezelenmesinde özellikle delaminasyon nedeniyle işleme, kesme ve ilerleme kuvvetleri çok büyük önem taşır. Yine aynı şekilde elde edilecek yüzeyin kalitesini arttırmak için delaminasyonla birlikte elyaf/reçine uyumu da önemlidir. [12]

Literatürdeki makalelere baktığımızda, yine pek sık olmamakla beraber, işlenen konuların tornalamaya benzer şekilde kesme parametrelerinin yüzey kalitesine etkileri, delaminasyon sorunu, talaş formları vb... gibi alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. J. Paulo Davim, Pedro Reis, C.Conceição Antonio yaptıkları çalışmada; iki farklı matris malzemesinden elle yatırma yöntemiyle üretilmiş parçaları parmak freze takımıyla(sinterlenmiş karbür) işleyerek farklı kesme hızları, ilerleme ve kesme derinliğinde elde edilen delaminasyon, yüzey kalitesi ve kesme kuvvetleri ANOVA ticari yazılımı kullanılarak istatistikî olarak değerlendirilmiştir [12].



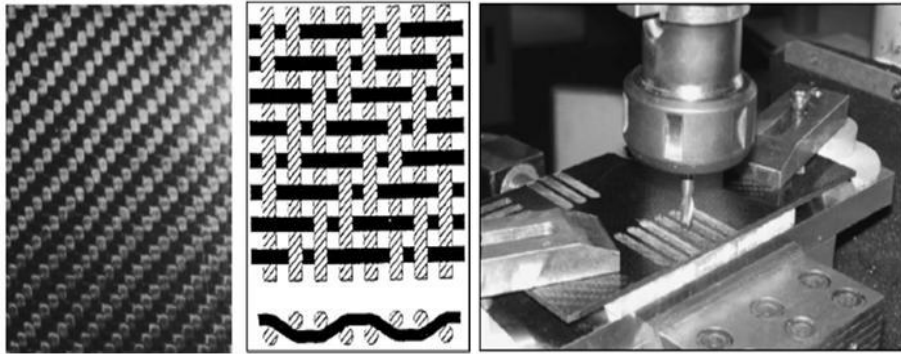
Şekil 3.3 : farklı polyester elde edilen kompozit numuneler ve (ATLAC-VUP) kesme kuvvetlerinin ölçümü[12]

Çalışmada karşılaştırılan malzeme parametresinin sadece polyesterin farklı iki türü olması makalenin eksik yanlarından biri olarak gözükürken, polimer esaslı kompozitlerin işlenmesinde en büyük sorunlardan olan delaminasyonu etkileyen en büyük faktör olan ilerleme oranı üzerinde çok durulması makalenin belki de en büyük artısıdır [12].



Şekil 3.4 : farklı polyester elde edilen kompozit numunelerdeki delaminasyonun ilerleme oranına göre değişimi [12]

Üstteki makaleden bir yıl sonra yine J. Paulo Davim, Pedro Reis tarafından yapılan çalışmada; önceki makaleden farklı olarak, elle yatırma yerine otoklavda kalıplamayla epoksi reçine kullanılarak elde edilen kompozit malzeme sinterlenmiş karbürden iki farklı freze çakısı (2 ve 6 kesme ağızlı) kullanılarak işlenmiş ve yine istatistikî yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir. [13]



Şekil 3.5 : Otoklavla elde edilen kompozit tabaka ve frezeyle işlenmesi [13]

Vakumla kalıplama türlerinden olan otoklavla kalıplamayla elde edilen kompozit malzemede yüzey pürüzlülüğü değerleri farklı takım kullanmanın yüzey pürüzlülüğünü kabul edilebilir oranda etkilemediğini göstermiştir. Buna karşın delaminasyon değerleri ise kesme ağızı sayısının artmasıyla meydana gelen delaminasyonun arttığını göstermiştir. Daha önceki çalışmalarında olduğu gibi ilerleme oranının delaminasyonu etkileyen en büyük faktör olduğu açık bir şekilde görülürken, 6 kesme ağızlı freze çakısı kullanıldığında kesme hızının artmasının da

delaminasyonu arttırdığının görülmesi makalede elde edilen en önemli bulgulardandır. Genel anlamda iyi olan makalede daha önce elde edilmiş bulguların(farklı reçine malzemesi/yöntem) da karşılaştırılma amaçlı kullanılmaması makalenin zenginliği açısından bir eksiklik olarak görülmektedir. [13]

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1 İşlenebilirlik deneyleri

Kesme testlerinde iş parçası olarak kumaş takviyeli polimer matrisli kompozit plaka kullanılmıştır. Kompozit plaka İTÜ Makine Fakültesinde, kompozit laboratuvarında bulunan ekstrüder yardımı ile üretilmiştir, ve üretilen bu kompozit malzemeler CAM laboratuvarında Spinner marka VC650 CNC freze ile işlenecektir. Kompozit malzemelerin işlenmesi sırasında kesme kuvvetleri ölçülecek ve kesme işleminden sonra işlenmiş yüzeyin ve talaşın yüzey morfolojisi araştırılacaktır. Kesme işlemleri sırasında ilk aşamada 4 takım ile işleme gerçekleştirilecektir. Testlerde biri düşük biri yüksek olmak üzere 2 farklı devir ve 2 farklı ilerleme hızı kullanılarak 4 farklı kesme parametresi kullanılacaktır. Elde edilen sonuçlar ışığında en uygun takım belirlenecek ve bu takım ile en iyi sonucu veren kesme parametreleri daha geniş bir aralıkta değerlendirilerek bu takım için en iyi sonucu veren kesme parametresi araştırılacaktır.

4.2 Kullanılan Cihazlar

Aşağıdaki alt başlıklarda çalışma sırasında iş parçasının üretilmesi ve işlenmesinde kullanılan cihazlar ve işlenebilirliğin incelenmesi için kullanılan ölçüm aletleri hakkında kısa bilgiler verilecektir.

4.2.1 Takım Tezgahı

Çalışmada kompozit malzemelerin işleme testleri SPINNER VC650 dik işleme merkezinde gerçekleştirilmiştir. Tezgah 3 eksenli olup maksimum çalışma devri 8000 dev/dak'dır. Tezgahın tablasının çalışma alanı ölçüleri 800x450 mm'dir. Çalışmada kullanılan tezgahın resmi şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Spinner VC650 dik işleme merkezi

4.2.2 Dinamometre ve Kontrol Ünitesi

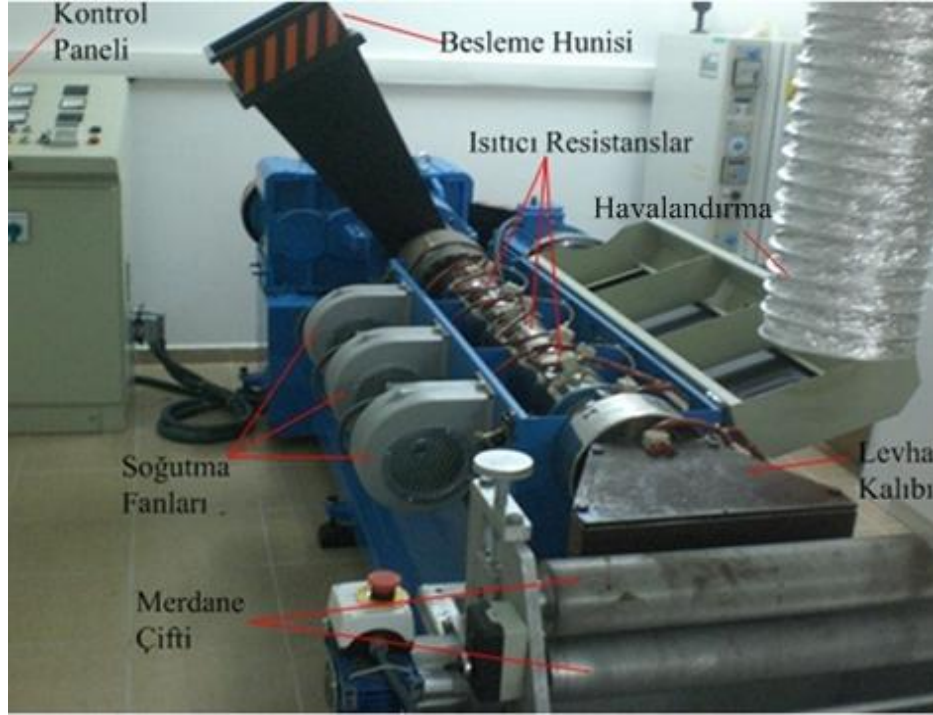
Kesme sırasında kuvvet ölçümü için gerekli deney düzeneğinde takım ucundan sayısal değerlerin elde edilmesine kadar sırasıyla Kistler 9257B dahili yükselticili dinamometre, Kistler kontrol ünitesi, National Instrument BNC2120 BNC ünitesi, National Instrument 6024E DAQ PCMCİ veri toplama kartı (Şekil 4.2) ve PCMCİ kart girişi olan bir bilgisayar kullanılmıştır. Yazılım olarak CutPro programının kullanılmış ve bu program sayesinde kesme sırasında anlık olarak kaydedilen veriler MS Excel programına aktarılmış ve kuvvet grafikleri oluşturulmuştur.



Şekil 4.2 : (a) BNC2120 BNC ünitesi ve 6024E DAQ PCMCİ veri toplama kartı (b) Kistler 9257B dinamometre

4.2.3 Ekstrüder ve Pres

Çalışmada kullanılan kumaş takviteli polimer matrisli kompozitin üretiminde kullanılan özel tasarım ekstrüderin resmi şekil 4.3’de verilmiştir. Kumaş ve granül halindeki polimer malzeme besleme hunisinden beslenir ve ısıtıcı resistanslar yardımı ile eritilir, vidayla levha kalıbına doğru sürülür.



Şekil 4.3 : Tek vidalı ekstrüder

Levha kalıbından çıkan plastik, levha kalibrasyon merdanelerinden geçtikten sonra kesilir ve preste basıldıktan sonra işlenebilir hale gelir. Çalışmada pres kullanılmasının amacı soğuma sırasında parça kalınlığının soğuma hızları nedeniyle değişken olmasına engel olmaktır. Çalışmada kullanılan presin resmi şekil 4.4’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan ekstrüderin teknik özellikleri çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Karma malzeme üretimi için kullanılan ekstruderin teknik özellikleri

Vida Kovan	Ø 70 x 140 kovan vidası
Kovan resistansları	1600W’lık 9 resistans (3 bölge şeklinde) ve trifaze fanlar
Ana motor	30kw 1500 d/dak
Vida devri (maks.)	90 d/dak
Levha kalıbı	400 x 8 mm kesit açıklığına sahip levha kalıbı



Şekil 4.4 : Kompoit plakaların şişmesini engellemek için kullanılan pres

4.2.4 Optik Mikroskop

Çalışmada kompozit malzemelerin kesme testlerinden elde edilen talaşlar ve kanallarda oluşan çapaklar Nikon SMZ800 stereo optik mikroskopunda incelenmiştir. Mikroskopun resmi şekil 4.5'te verilmiştir. Nikon SMZ800 stereo optik mikroskobu ile 1 ila 6.3X kez büyütme yapılabilir.



Şekil 4.5 : Nikon SMZ800 Stereo optik mikroskop

4.3 İş Parçası

İş parçası daha önce belirtildiği üzere kumaş takviyeli polietilen matrisli 400 x 8 mm kesitinde bir plakadır. Kompozit malzemenin ağırlıkça %25'i kumaş %75'i ise polietilen malzemedir. Kompozit malzeme 4 defa kırma işleminden geçirildikten sonra ekstrüder yardımı ile elde edilmiştir. İş parçasının özellikleri teori kısmında detaylı bir şekilde verilmiştir. Çizelge 4.2'de kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin bilinen diğer malzemelerle karşılaştırılması verilmiştir. Malzemenin sertlik değeri 54-55 shore D'dir.

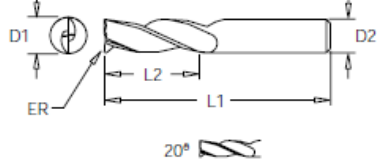
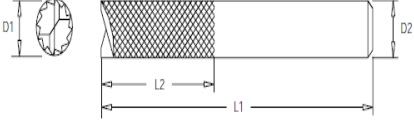
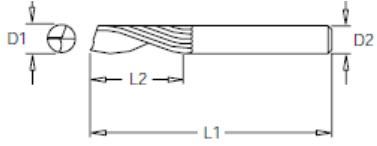
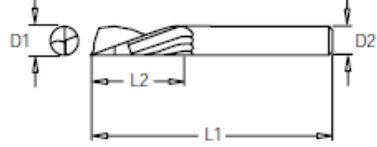
Çizelge 4.2 : 4. Kırım %25 kumaş takviyeli kompozitin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

Malzeme	Elastik modülü (GPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Kopma uzaması (%)
%25TG03	0,466	10,2	30
Elastomer	0,0007-0,004	7-20	100-800
Aluminyum	70-79	100-550	1-45
Çelik, yüksek dayanımlı	190-210	550-1200	5-25
Titanyum	100-120	900-1200	10
PE	0,7-1,4	7-28	15-300

4.4 Kesici Takımlar

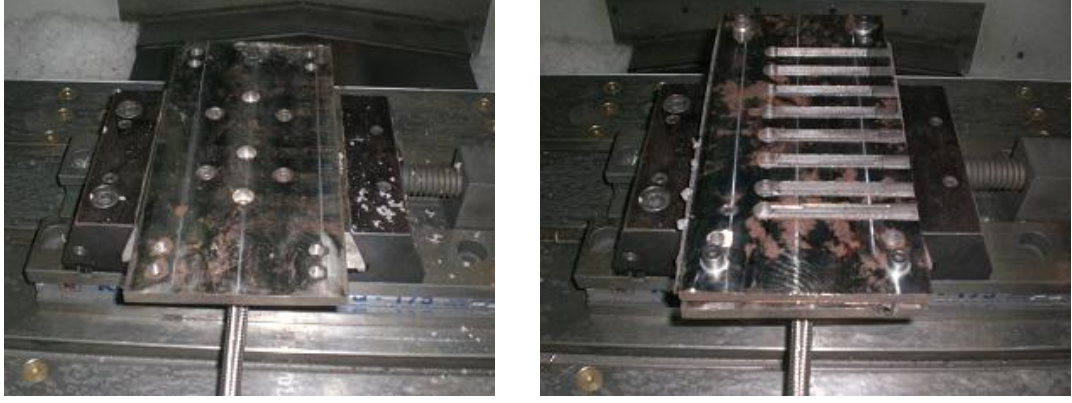
Çalışmada kullanılan karbür parmak frezeler plastik ve kompozit malzemeler için özel takım üreten Hufschmied firmasından temin edilmiştir. Kullanılan parmak frezelerin kodları ve geometrik özellikleri çizelge 4.2'de verilmiştir. 102SHG08 ve 108ECO080 2 ağızlı, 110SHG08 ve 111SHG08 tek ağızlı takımlardır. 102SHG08 ve 110SHG08'de helis yönü sağa doğru, 111SHG08'de helis yönü sola doğrudur. Bütün takımların çapları 8 mm ve takım malzemesi tungsten karbürdür.

Çizelge 4.3 : Hufschmied marka parmak frezelerin özellikleri

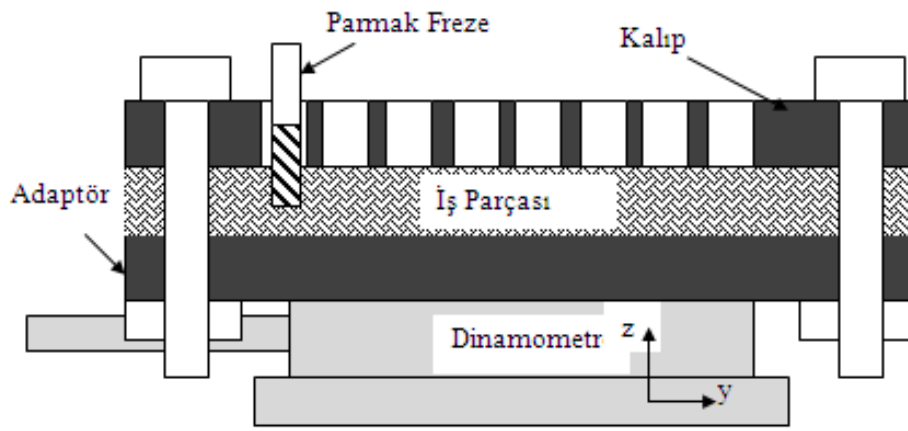
Takım Kodları	Takım Resimleri	L1	L2	D1	D2
102SHG08 2 ağızlı sağ helisli		50	20	8	8
108ECO080 2 ağızlı şaşırtma takımı		63	25	8	8
110SHG08 Tek ağızlı sağ helisli		50	20	8	8
111SHG08 Tek ağızlı sol helisli		50	20	8	8

4.5 Kalıp tasarımı ve iş parçasının dinamometreye bağlanması

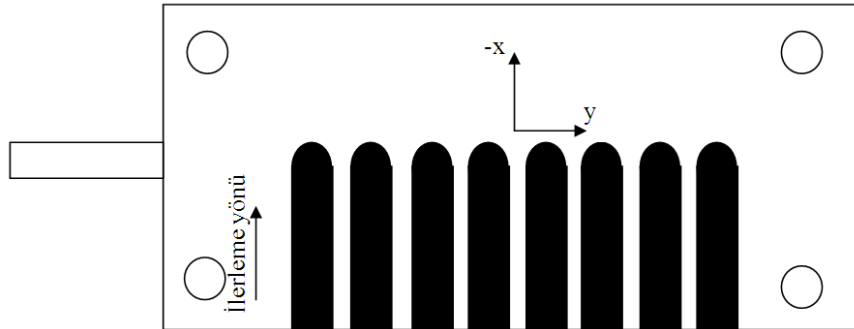
İş parçasının dinamometreye bağlanabilmesi için dinamometrenin üzerine bir adaptör plaka üretilmiştir. Adaptör plakanın resmi şekil4.6a'da verilmiştir. 300 x 150 mm ölçülerde kesilen kompozit plakalar adaptör plakanın üzerine konur ve şekil4.6b'de verilen kalıp adaptör plakanın üstüne yerleştirilir ve 4 köşeden cıvata somun bağlantısı ile sabitlenir. Kalıpta 8 adet kesme kanalı bulunmaktadır. Üst kalıbın yapılmasındaki amaç zıt yönlü frezeleme işleminde takımın iş parçasını yukarı kaldırmasını önlemek içindir. Çalışmada kullanılan sistem temsili olarak Şekil 4.7 ve 4.8'de'da gösterilmiştir. Kanalların işlenmesi sırasında Şekil 4.8'de görüldüğü gibi ilerleme yönü -X yönündedir.



Şekil 4.6 : (a) adaptör plaka (b) kalıp



Şekil 4.7 : Çalışmada kullanılan sistem



Şekil 4.8 : Kalıbın üstten görünüşü

4.6 Kesme Parametreleri

Yapılan çalışmanın ilk aşamasında bu malzemeye ait literatürde herhangi bir bilgi bulunmamasından dolayı hangi takımın hangi mertebelerdeki parametreler ile daha iyi sonuç verdiğini anlamak üzere bir düşük (50 mm/dak), bir yüksek (200 mm/dak) ilerleme hızı ve aynı şekilde iki adet düşük (1000dev/dak) ve yüksek (6000dev/dak) devirde kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kesme parametreleri için bir sonraki

bölümde detayları verilecek yönteme göre en uygun sonuç 111SHG08 numaralı takım ile elde edilmiştir. Bu takıma ait en uygun işlenebilirlik ise 1000 devir 200mm/dak ilerleme hızlarında elde edilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde uygun takım ve parametre aralıkları baz alınarak kesme parametrelerinin en iyilenmesine ve doğrulanmasına gidilmiştir. Bu parametreler çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Parametre testlerinde kullanılan kesme parametreleri

Devir (dev/dak)	İlerleme hızı (mm/dak)
2000	300
1500	250
1000	200
500	150

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi 4 er adet devir ve ilerleme hızı için 16 adet farklı kesme parametresi için kanal açılacaktır. Açılan her kanal için en uygun takımı belirlemek amacı ile yapılan testlerde olduğu gibi kesme kuvvetleri ölçülmüş ve kanal duvarlarında oluşan çapaklar ve talaş formları incelenmiştir.

5. SONUÇLAR

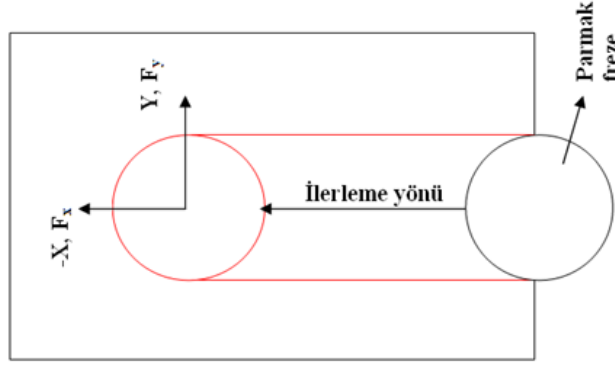
Bu çalışmada kesme testleri iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada seçilen kesme parametreleri için en iyi sonucu veren takım ve kesme parametreleri belirlenmiştir. En uygun takım ve kesme parametrelerini belirlemek için kesme kuvvetleri, kanal duvarları ve girişteki çapaklar, ve talaş formları incelenmiştir. En uygun takım belirlenirken her takıma biri yüksek biri düşük olmak üzere ikişer adet ilerleme ve kesme hızı seçilmiştir. En uygun takım ve kesme parametresi seçildikten sonra doğrulama testleri yapılmıştır. Doğrulama testlerinde ilk testlerde elde edilen sonuçlara göre kesme parametreleri genişletilerek en uygun kesme parametreleri belirlenmiştir.

5.1 Birinci Aşama Test Sonuçları

Optimum takımı belirlemek için yapılan testlerde kullanılan parametreler, ilerleme hızı için 50mm/dak ve 200 mm/dak, dönme hızı için 1000 dev/dak ve 6000 dev/dak seçilmiştir. Bu kesme parametreleri ile yapılan testler sırasında oluşan kesme kuvvetleri ölçülmüş ve kesme sırasında oluşan talaşlar ve çapaklar gözle ve optik mikroskop yardımı ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki alt başlıklar altında açıklanmıştır.

5.1.1 Kuvvet Sonuçları

Kesme grafikleri incelendiğinde 50 mm/dak ilerleme hızları ile yapılan testlerde 15. saniyeden sonra, 200 mm/dak ilerleme hızları ile yapılan testlerde ise 5. Saniyeden sonra kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu gözlemlenmiştir. Değerlendirmeler kuvvetlerin kararlı olduğu zaman dilimleri için yapılmıştır. Kuvvet sonuçlarının her kesme parametresi için parmak frezenin 6 devrine karşılık gelen zaman dilimi dikkate alınarak incelenmiştir. 6000 devir için bir period 0,01 saniye ve 1000 devir için period 0,06 saniye olduğu için kuvvet değerlendirmeleri sırasıyla 0 dan 0,06 ve 0,036 saniye aralığı için yapılmıştır. Şekil 5.1’de takımın ilerleme yönü ve kesme sırasında oluşacak kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Takımın ilerleme yönü ve kesme sırasında oluşacak kuvvetler

Tüm takımlar için, farklı parametrelerde elde edilen Y yönündeki ortalama, maksimum, minimum kuvvetler ve kuvvet genlikleri çizelge 5.1’de verilmiştir.

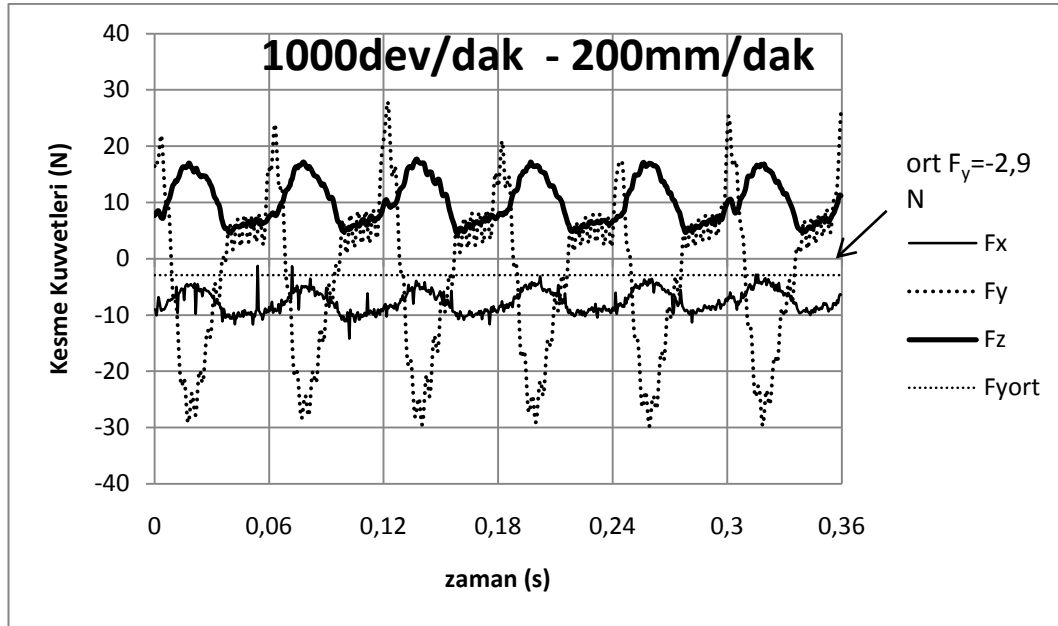
Çizelge 5.1 : Y yönündeki ortalama, maksimum, minimum kuvvetler ve kuvvet genlikleri

(parametre çifti)	Kuvvet (N)	102SHG08 İki ağızlı sağ	108ECO08 Şaşırtma	110SHG08 Tek ağızlı sağ	111SHG08 Tek ağızlı sol
1000dev/dak 50mm/dak (1)	F_{max}	12,1	20,6	16,3	16,8
	F_{min}	-12,7	-55,7	-25,2	-25,8
	F_{ort}	-2,8	-13,2	-4,9	-5,7
	Genlik	12,4	38,15	20,75	21,3
1000dev/dak 200mm/dak (2)	F_{max}	12,1	-89,1	9,7	27,9
	F_{min}	-21,9	27,3	-33,9	-29,8
	F_{ort}	-7,4	-30,5	-9	-2,9
	Genlik	17	58,2	21,8	28,85
6000dev/dak 50mm/dak (3)	F_{max}	8,9	8,7	11,8	14
	F_{min}	-5,7	-5,3	-25,4	-15,6
	F_{ort}	0,8	3	-3,5	1,9
	Genlik	7,3	7	18,6	14,8
6000dev/dak 200mm/dak (4)	F_{max}	12,5	8,6	12,4	15,6
	F_{min}	-13,7	-36,2	-40,8	-21,4
	F_{ort}	-0,6	-9,9	-7	0,5
	Genlik	13,1	22,4	26,6	18,5

Y yönündeki en yüksek kesme kuvvet genliği düşük devir yüksek ilerleme hızında, 1000dev/dak, 200mm/dak’da kesici uçların ağzında talaşların birikmesi ve takıma sıvanması nedeni ile 108ECO080 numaralı şaşırtma takım ile yapılan kesme işlemi sırasında ölçülmüştür. Y yönündeki en düşük kuvvet genliği ise yüksek devir ve düşük ilerleme hızlarında, 6000dev/dak, 200mm/dak’da, yine aynı takımla işlenmesi sırasında ölçülmüştür. Yüksek dönme hızlarında 108ECO080 numaralı şaşırtma

takım ile işleme sırasında düşük devirden farklı olarak talaşın kesme bölgesinde birikmeden uzaklaştığı gözlenmiştir.

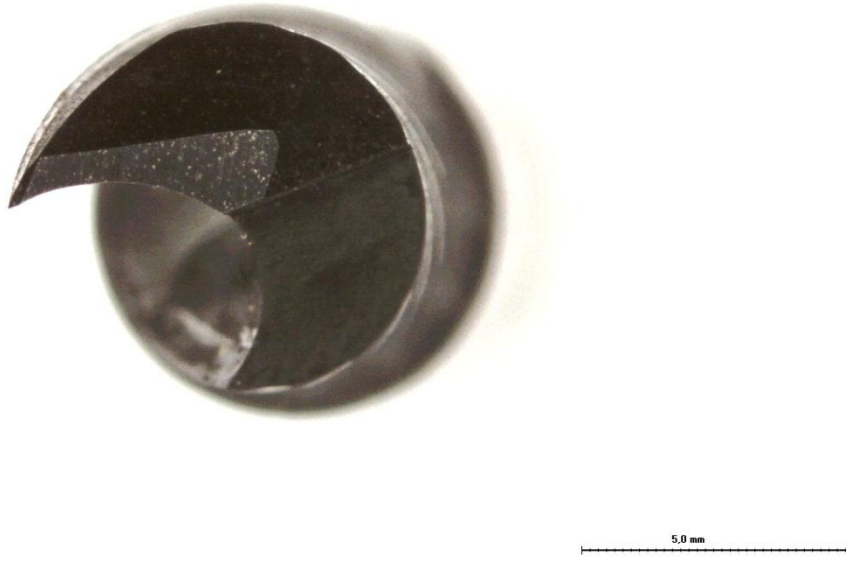
102SHG08 ve 111SHG08 numaralı sırası ile iki ağızlı sağ helisli ve tek ağızlı sol helisli takımlarında Y yönündeki en yüksek kuvvet genliği 1000 dev/dak ve 200 mm/dak ilerleme hızlarında gerçekleşmiştir. 2 ağızlı sağ helisli takım için bu değer 17 N, tek ağızlı sol helisli takım için ise 28,85 N'dur. Tek ağızlı sol helisli takım için ise Y yönündeki en yüksek kuvvet genliği 26,6 N'dur ve en yüksek devir ve ilerleme hızlarında gerçekleşmiştir.



Şekil 5.2 : 111SHG08 nolu takım için 1000 dev/dak, 200mm/dak ilerleme hızı için 3 eksendeki kesme kuvvetleri

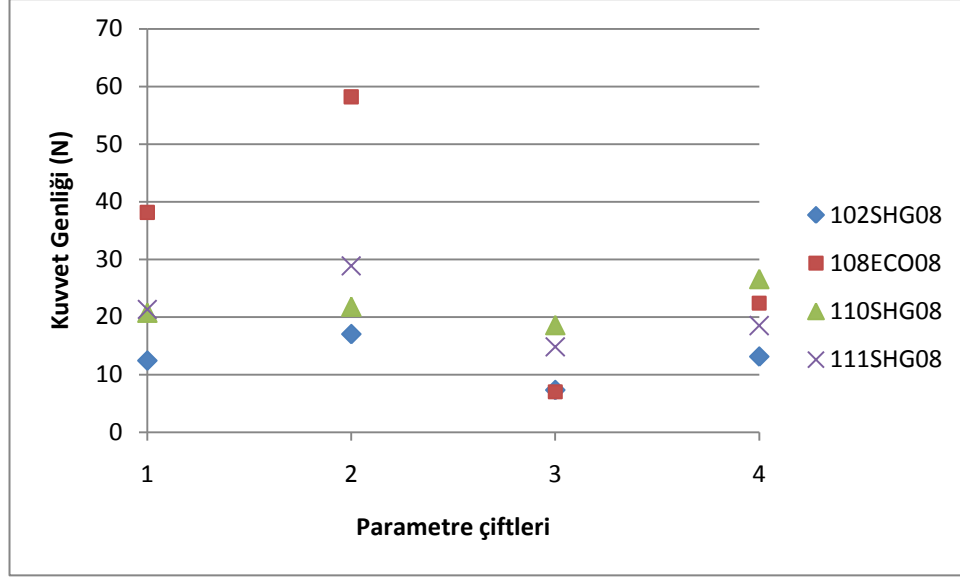
Y yönündeki en düşük kuvvet genliği ise bütün takımlar için yüksek devir düşük ilerleme hızlarında gerçekleşmiştir. Bu değerlerler 102SHG08, 108ECO080, 110SHG08 ve 111SHG08 takımları için sırası ile 7,3 N, 7 N, 18,6 N, ve 14,8 N'dur.

Sabit devirde ilerleme hızının artırılması Y yönündeki kesme kuvvet genliklerinde bir artışa neden olmaktadır. Bu artış düşük devirlerde %35-50 mertebelerinde gerçekleşir. yüksek devirlerde ise bu artışın mertebesi düşük devirdeki kadar kararlı değildir ve %25 ile % 220 arasında değişmektedir.



Şekil 5.3 : 110SHG08 numaralı takımın üstten görünüşü

Düşük ilerleme hızlarında devrin artması ile kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu azalmanın oranı genel olarak %15 ile %60 arasında iken 108ECO080 numaralı takım kesme kuvvetlerinin azalması çok daha belirgindir ve %450 civarındadır. 108ECO080 numaralı takım farkın bu kadar fazla olmasının sebebi düşük devirde talaşın kesme bölgesinden uzaklaşamaması ve takım ağızlarını tıkanması ile açıklanabilir. Yüksek ilerleme hızlarında da bu benzer etkiyi görmemize rağmen 110SHG08 numaralı takım artan devir ile birlikte kesme kuvvetlerinde bir artış gözlenmektedir. Kesme kuvvetlerinde 110SHG08 numaralı takım için gerçekleşen bu artışın nedeninin bu takımdaki takım kesici ağız simetrisinde bulunan 1 mm'den biraz daha büyük kesici ağıza paralel geometrinin neden olduğu tıkanmadan meydana geldiği düşünülmektedir. 110SHG08 numaralı takımın üstten görünüşü şekil 5.3'de verilmiştir. Genel olarak sabit ilerleme hızında dönme hızının artması ile kuvvetlerin düşmesi malzemenin ısınması ve buna bağlı olarak dayanımının düşmesi ile açıklanabilir.



Şekil 5.4 : Kuvvet genliklerinin parametre çiftleri ile değişimi

Şekil 5.4’de Kesme parametrelerinin değişimi ile her takımındaki kesme genliklerinin değişimi verilmiştir. Bu grafiğe göre 108ECO08 numaralı şaşırtma takımı Parametrelerin değişmesinden en fazla etkilenen takımdır. Diğer takımlarda ise parametrenin değişmesi ile kesme kuvvetlerindeki salınım daha azdır.

5.1.2 Kanalların değerlendirilmesi

Şekil 5.5 - 5.8’deki resimlerde belirtilen kanalların işlendikleri kesme parametreleri çizelge 5.2’de verilmiştir. Numaralandırılmayan kanallar tekrar deneylerinde kullanılan kanallardır.

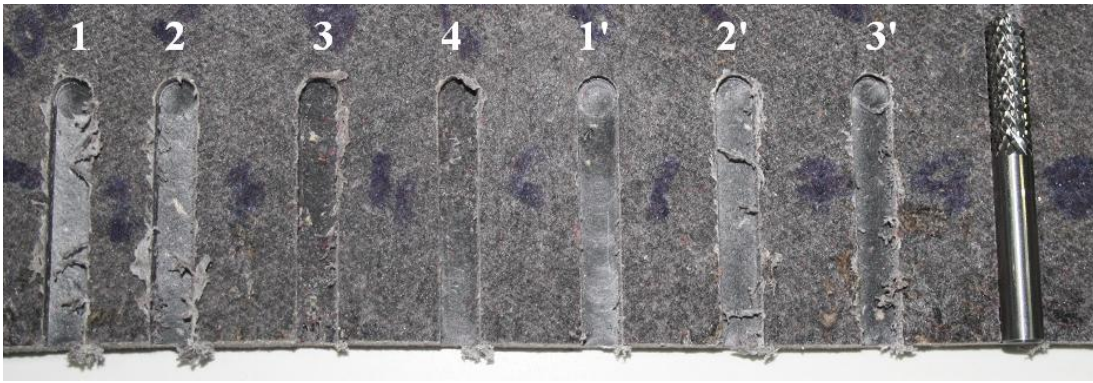
Çizelge 5.2 : Kanalların işlendikleri parametreler

Test	Devir (dev/dak)	İlerleme hızı (mm/dak)
1	1000	50
2	1000	200
3	6000	50
4	6000	200

Bütün takımlarla yapılan kanallarda kesme parametresi olarak düşük devir ve düşük ilerleme hızı (1000 dev/dak, 50mm/dak) ile yapılan 1 numaralı testte en yoğun çapak oluşumunun meydana geldiği gözlenmiştir. Bu parametre ile kanal açıldığında yoğun çapak oluşumu özellikle 102SHG08 ve 110SHG08 numaralı takımlardaki kesimlerde daha net görülmektedir.

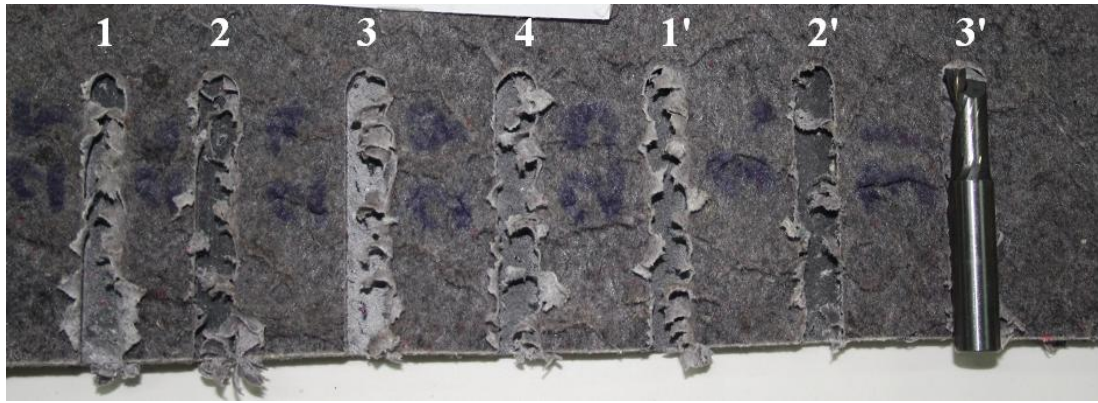


Şekil 5.5 : 102SHG08 nolu takım ile kesilen kanalların toplu görüntüsü

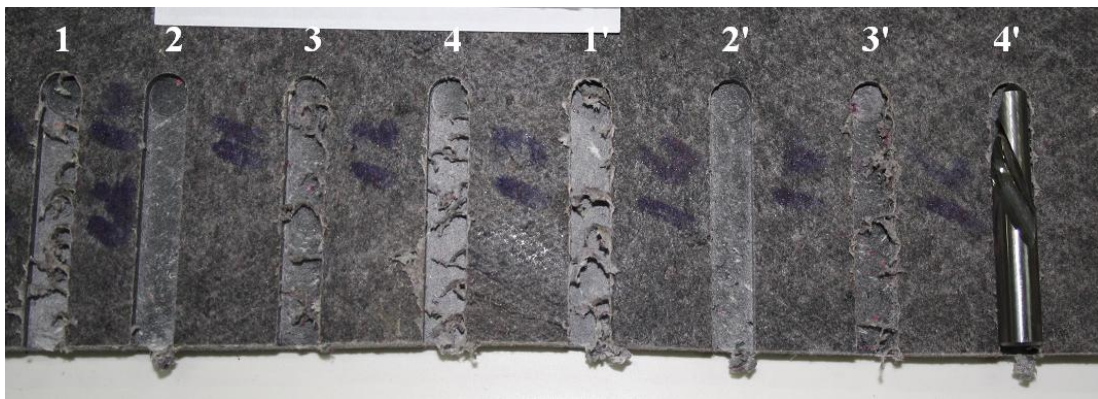


Şekil 5.6 : 108ECO080 nolu takım ile kesilen kanalların toplu görüntüsü

Yüksek ilerleme hızının etkisi 2 numaralı kanalların ilk kanallarla karşılaştırılması ile görülebilmektedir. Burada ilerleme hızı birinci kanala göre 4 kat arttırılmıştır. İlerleme hızındaki bu artış sonucunda çapak oluşumunda iyileşme gözlenmiştir. Bu kanalda en başarılı sonuç 111SHG08 numaralı takım ile yapılan kesme işleminde gerçekleşmiştir. Düşük devirde ilerleme hızının dört katına çıkarıldığı ikinci kanalın birinci kanaldan daha iyi sonuç verdiği tek takım sol helisli 111SHG08'dir. 111SHG08 nolu takım ile benzer takım geometrisine sahip sağ helisli 110SHG08 nolu takım ile açılan kanalların fotoğrafı incelendiğinde ise ters helisin sağladığı talaş kırma avantajı sebebi ile 111SHG08 nolu takımın kanalların kenarlarında daha temiz bir kesim elde edilmiştir. Ters helis sebebi ile düşük devir yüksek ilerleme hızlarında en temiz kanal kesimi elde edilmiştir. Yalnızca ihmal edilebilecek mertebede giriş çapağı şekil 5.8'de görülmektedir. Piramit dişli 108ECO080 numaralı takım ile yapılan kanal açma işleminde ise kısmen iyi sonuçlar gözlenirken, diğer takımlardaki çapak oluşumu iyi değildir.



Şekil 5.7 : 110SHG08 nolu takım ile kesilen kanalların toplu görüntüsü



Şekil 5.8 : 111SHG08 nolu takımla kesilen kanalların toplu görüntüsü

Üçüncü kanalda ise devir hızının etkisi görülmektedir. Bu testte devir hızı birinci kanala göre 6 kat arttırılmıştır. bu testte kesmenin ilk başladığı kanalın sol kısmında talaş oluşumu gözlenmezken karşı yüzeyde 108ECO080 takımı hariç yoğun çapak oluşumu gözlenmiştir. 108ECO080 ile yapılan kesimde giriş, çıkış ve kenarlarda çapak oluşumunun çok az olduğu gözlemlenmiştir.

Yüksek ilerleme ve devir etkisi 4 numaralı kanalda görülmektedir. Dördüncü kanalda üçüncü kanala göre ilerleme hızı dört kat arttırılmıştır. İlerleme hızındaki bu artışa rağmen bu kanalda çapak oluşumu bakımından az bir fark gözlenmiştir. Bu gözlemler ışığında helisli takımlarda yüksek devirde ilerleme hızının çapak oluşumuna etkisinin olmadığı söylenebilir.



Şekil 5.9 : 6000 dev/dak, 200 mm/dak ilerleme hızları için takım yapışmasından dolayı oluşan yüzey hatası gösterilmektedir

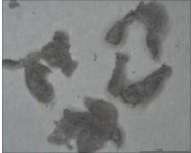
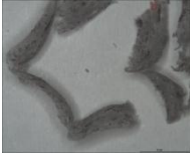
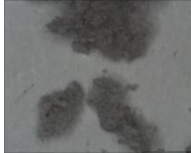
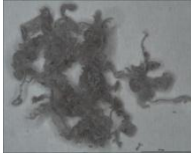
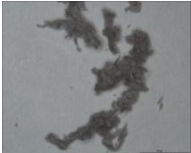
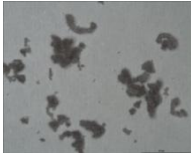
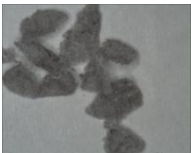
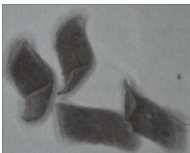
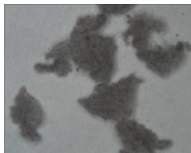
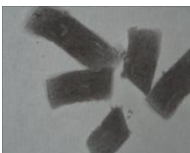
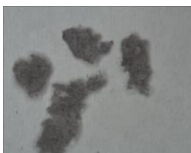
Genel takım performansları karşılaştırıldığında çapak oluşumu bakımından 108ECO080 numaralı takım tüm kesme parametreleri için daha iyi yüzeyler verdiği, devir sayısının artması ile bu özelliğinin dahada iyileştiği şekil 5.6’te açıkça gözlenmektedir. Bu takım çapak oluşumu az olması istenen kesimler için üretici tarafından tavsiye edilen takımdır. Şaşırtma takımı adı verilen bu takımda düzenli talaş akışına izin verilmeyecek şekilde tasarlanan takım geometrisi sürekli olarak talaş kırmaya zorlanmaktadır. Bu sayede oluşan talaşlar büyümeye fırsat bulamadan küçük boyutlarda kırılmakta ve çapak oluşumu engellenmektedir. Ancak bu takımlar üreticisinin tavsiye ettiği şekilde termoset polimerlerin kesilmesine uygundur. Bu çalışmada seçilen polietilen matrisli yapı özellikle yüksek devirlerin seçildiği testlerde takıma sıvanarak takım kesme performansını düşürmektedir. Şekil 5.9’de

sıvanmadan kaynaklanan kanal tabanında oluşan kopma izleri görülmektedir. Bu yüzden bir takım temizleme adımına ihtiyaç duyulmaktadır.

5.1.3 Talaşların incelenmesi

Çizelge 5.3’de işlem sırasında oluşan talaşların toplu resmi verilmiştir. 102SHG08 numaralı takım ile düşük devir ve düşük ilerleme şartlarında oluşan talaşlar ile düşük devir ve yüksek ilerleme hızlarında oluşan talaşlar arasında ilerlemeden kaynaklanan kalınlık farkları vardır. Devrin yüksek olduğu durumlarda malzemedeki yumuşamadan dolayı talaşlar birbirine yapışmış durumdadırlar ve düşük hızlardakine göre daha ince ve küçük boyutta talaş oluşmaktadır.

Çizelge 5.3 : İlk aşama testlerinde elde edilen talaşlar

Takım	1000dev/dak 50mm/dak	1000dev/dak 200mm/dak	6000dev/dak 50mm/dak	6000dev/dak 200mm/dak
102SHG08				
108ECO080				
110SHG08				
111SHG08				

108ECO080 numaralı takımlar ile yapılan kesme işlemlerinde ise talaş boyutları diğer takımlarla yapılan kanal açma işlemindeki talaşlara göre çok daha küçüktür; bunun sebebi 108ECO080 numaralı takımın helislerinde küçük boyutlarda çok sayıda kesici ağzının bulunmasıdır. Talaş boyutları yüksek hızlarda daha da küçülmektedir. Şekilde ayrıık olarak gösterilen talaş parçacıkları kesme sonunda

yumuşamadan dolayı toparlanarak toplu halde birikmiştir. Bu birikme takım ucunda yapışmış talaşlar şeklinde kendini göstermiştir.

110SHG08 ve 111SHG08 numaralı takım ile yapılan kesme işlemlerinde elde edilen talaşlar birbirine çok benzemektedir. Bu takımlar ile yapılan işlemlerde elde edilen talaşlar kesme işlemine ait özellikleri üzerinde taşıyan ve beklenen talaş geometrisine sahip talaşlardır. Özellikle 1000 dev/dak hız ve 200 mm/dak ilerleme hızında elde edilen talaşlar, takım geometrisi ve kesme parametrelerine uygun şekilde kesilmiş ideal talaş morfolojisine sahiptir. 111SHG08 numaralı takım ile yapılan işlemlerde elde edilen talaşlar helis açısının sol ,yani ilerleme yönüne zıt, olmasından dolayı 110SHG08 numaralı takıma göre daha düzgündür. 110SHG08 numaralı takım ile ise talaşlar spiral talaş cinsine daha yakındır.

5.2 Doğrulama Test Sonuçları

Uygun takımın seçilmesine yönelik gerçekleştirilen test sonuçlarına göre kesme kuvvetleri, kanal duvarlarındaki çapakların kalitesi ve talaşlar birlikte incelendiğinde verilen parametreler için en uygun takım 111SHG08 olarak görülmüştür. Bu takım ile yapılacak testler için uygun parametrelerin belirlenebilmesi amacı ile gerçekleştirilen Doğrulama testlerinde, 111SHG08 takım ile birinci aşama testlerinde kullanılan ve en uygun sonucu veren kesme parametreleri genişletilerek bu takım için en iyi sonucu veren kesme parametresi araştırılacaktır. Bütün takımlarla yapılan testlerde en iyi parametre olarak 1000 dev/dak dönme hızı ve 200mm/dak ilerleme hızı belirlenmiştir. Doğrulama testlerinde dönme hızı olarak; 500 dev/dak, 1000 dev/dak, 1500 dev/dak, ve 2000 dev/dak, ilerleme hızı olarak; 150 mm//dak, 200 mm/dak, 250 mm/dak, ve 300 mm/dak seçilmiştir. Doğrulama testlerinde 111SHG08 takımı ile seçilen kesme parametreleri ile kumaş takviyeli kompozit malzeme üzerine kanal açılacak ve kesme kuvvetleri, çapaklar ve talaşlar incelenecektir.

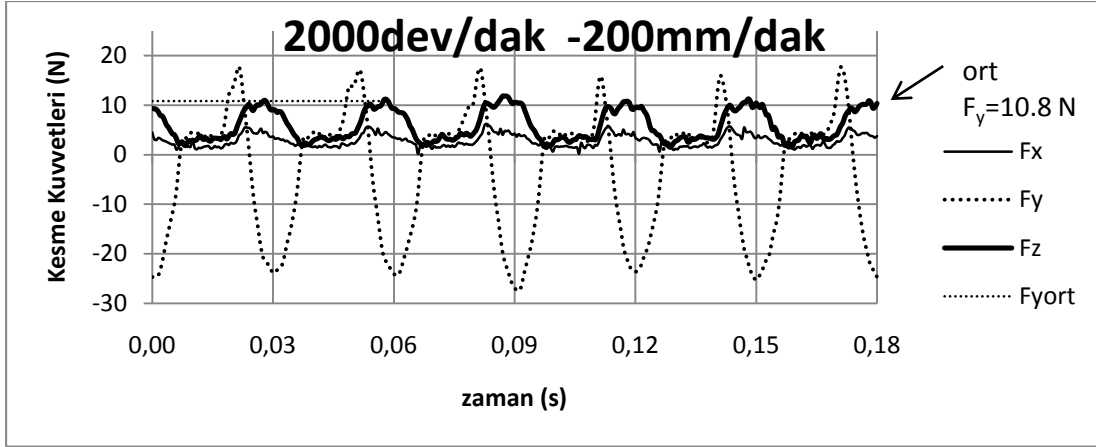
5.2.1 Kuvvet Sonuçları

Kesme sonuçları değerlendirilen birinci aşama testlerinde olduğu gibi kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu tespit edilen 8.saniyeden sonraki takımın 6 devrine karşılık gelen zaman dilimi dikkate alınmıştır. Çizelge 5.4'te 111SHG08 takımı ile farklı kesme parametreleri ile yapılan kesme testlerinde elde edilen Y yönündeki maksimum, minimum ve ortalama kuvvetler ve kuvvet genlikleri verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Y yönündeki ortalama, maksimum, minumum kuvvetler ve kuvvet genlikleri

		500	1000	1500	2000	6000
		dev/dak	dev/dak	dev/dak	dev/dak	dev/dak
111SHG08	Kuvvet (N)					
150mm/dak	Fmax	39.7	20.9	20.9	18.6	
	Fmin	-44.4	-25.2	-30.9	-23.3	
	Fort	-6.2	-4.0	-5.0	-2.9	
	Genlik	42.1	23.0	25.9	21.0	
200mm/dak	Fmax	37.0	27.9	18.7	17.8	15,6
	Fmin	-57.4	-29.8	-35.2	-27.5	-21,4
	Fort	-6.7	-2.9	-7.4	-3.6	0,5
	Genlik	47.2	28.9	26.9	22.7	18,5
250mm/dak	Fmax	39.8	26.3	26.1	23.5	
	Fmin	-75.7	-35.7	-29.4	-26.1	
	Fort	-10.6	-5.4	-3.5	-3.1	
	Genlik	57.8	31.0	27.7	24.8	
300mm/dak	Fmax	44.7	35.3	28.8	31.1	
	Fmin	-77.1	-45.3	-32.0	-27.7	
	Fort	-9.5	-5.0	-2.8	-3.4	
	Genlik	60.9	40.3	30.4	29.4	

Takımın dönme hızındaki artması ile sabit ilerleme hızında kesme kuvvetlerinin genliklerinde azalma görülmektedir. İlerleme hızı sabit tutulup takımın dönme hızı 500 dev/dak'dan 2000 dev/dak'ya arttırıldığında arttırıldığında Fy kuvvet genlikleri % 50-60 oranında azalmaktadır. İlerleme hızı sabitken düşük dönme hızlarındaki artış kesme kuvvet genliklerini yüksek dönme hızlarındakinden daha fazla etkilemektedir (Şekil 5.11). Kuvvetlerdeki bu azalma kesme hızının artması ile beraber plastik matrisin yumuşaması ve dayanımının azalması ile açıklanabilir. Takımın dönme hızını sabit tutup ilerleme hızını arttırdığımız zaman, beklenildiği gibi kesme kuvvetlerde belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu artış ilerleme hızının artması ile takımın aynı sürede kaldırdığı talaş miktarının yani talaş yükünün artması ile açıklanabilir. İlerleme hızını düşük dönme hızlarında 150 mm/dak'dan 300 mm/dak'ya iki katına çıkardığımızda kesme kuvvetlerindeki artış yaklaşık %50-70 mertebelerinde kaydedilmiştir. Yüksek dönme hızında ise bu artışın etkisinin çok az olduğu şekil 5.12'de görülmektedir.

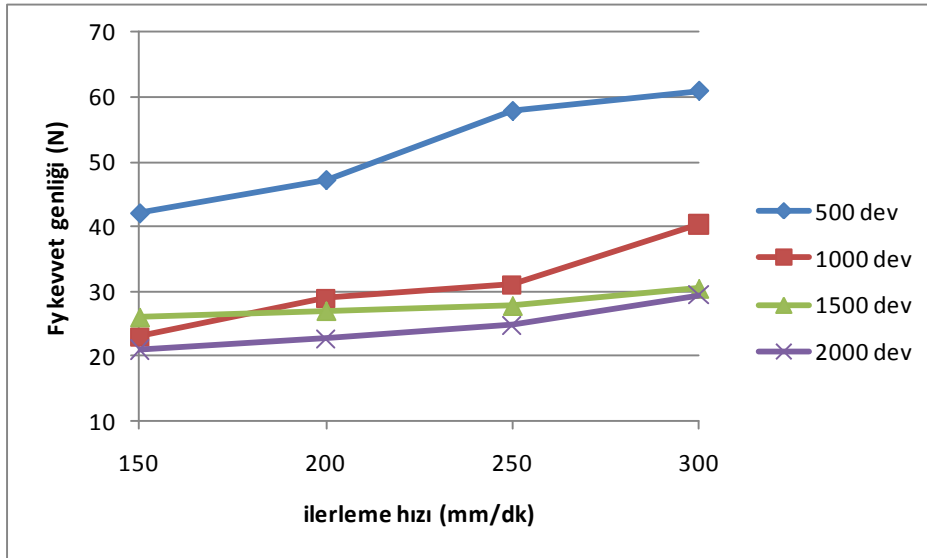


Şekil 5.10 : 111SHG08 numaralı takım için 2000 dev/dak dönme hızı ve 200 mm/dak ilerleme hızı için 3 eksendeki kesme kuvvetleri

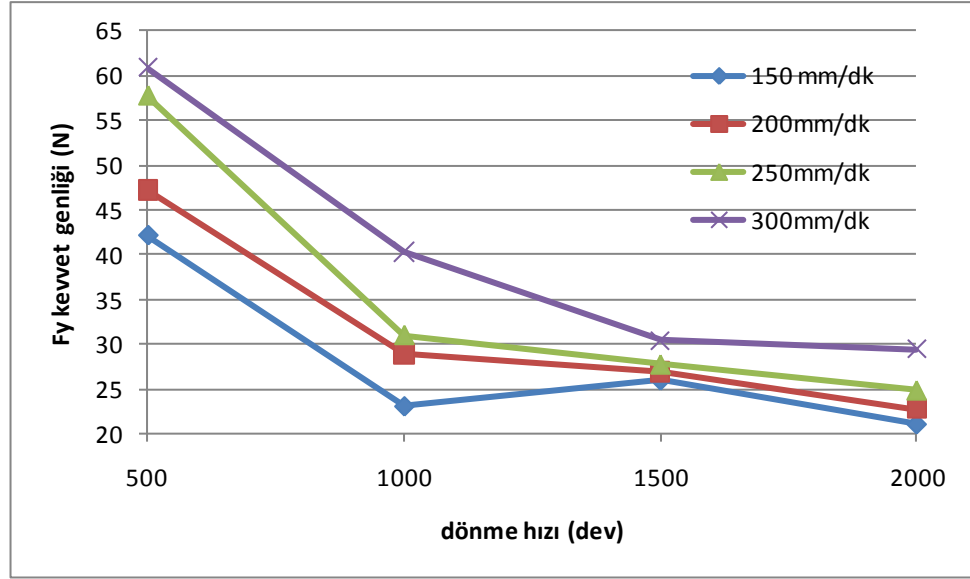
Çizelge 5.3'e göre beklenildiği gibi;

-En yüksek kuvvet genliğini düşük devir (500 dev/dak) ve yüksek ilerleme hızında (300 mm/dak): 60,9 N

-En düşük kuvvet genliğini yüksek devir (2000 dev/dak) ve düşük ilerleme hızında (150 mm/dak): 21N olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.11 : Sabit dönme hızında devirin değişmesi ile y yönündeki kuvvet genliklerinin değişimi



Şekil 5.12 : Sabit ilerleme hızında devirin değişmesi ile y yönündeki kuvvet genliklerinin değişimi

5.2.2 Kanalların değerlendirilmesi

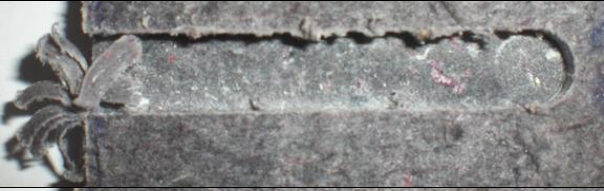
Şekil 5.13'te 111SHG08 takımı ile optimum kesme parametresini belirlemek amacı ile yapılan kesme testi sonucunda elde edilen kanalların genel görüntüsü verilmiştir. Çizelge 5.5'de Şekil 5.13'te görülen kanal numaralarının hangi parametre çiftini temsil ettiği gösterilmiştir. Doğrulama testlerinde 1000 dev/dak 200 mm/dak ilerleme hızındaki parametre çifti 1. aşama testinde açıldığı için tekrarlanmamıştır.

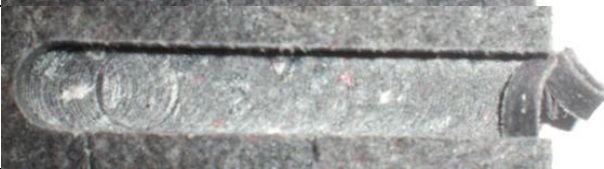


Şekil 5.13 : 111SHG08 takımı ile 2. aşama testlerinde açılan kanalların resmi

Kanalların kolay karşılaştırılması ve tablonun daha net anlaşılabilmesi için her kanalın duvarındaki çapak oluşumuna, girişteki çapak miktarına, taban yüzeyindeki takım izlerine ayrı ayrı 5 üzerinden puan verilmiştir. Puanlama sistemine göre her parametre için en az miktarda çapak oluşumunun gözlemlendiği duvarlar ve kanal girişlerine, en temiz taban yüzeyine en iyi puan olan 5 verilmesi kararlaştırılmıştır. Bu durumda her parametrede en iyi özellikleri gösteren kanal 20 puan alacaktır. Bu karşılaştırma sistemi ile kanallara verilen puanlar çizelge 5.6’te, kanallar çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5 : Kesme parametresi çiftleri

Kanal no	Devir (dev/dak)	İlerleme hızı (mm/dak)	Kanal resimleri
1	2000	300	
2	2000	250	
3	2000	200	
4	2000	150	
5	1500	300	
6	1500	250	

7	1500	200	
8	1500	150	
9	1000	300	
10	1000	250	
11	1000	200	
12	1000	150	
13	500	300	
14	500	250	
15	500	200	
16	500	150	

Çizelge 5.6 : Kesme parametresi çiftleri

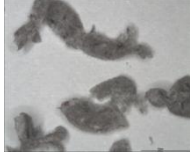
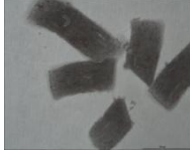
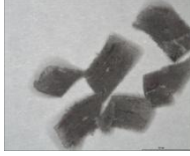
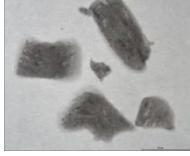
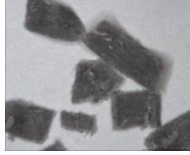
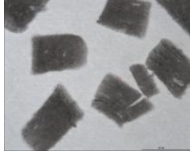
Kanal no	Devir (dev/dak)	İlerleme hızı (mm/dak)	Sağ kanaldaki çapak	Sol kanaldaki çapak	Girişteki çapak	Taban yüzeyi	Toplam Puan	Toplam çapak puanı
1	2000	300	3	4	2	4	13	9
2	2000	250	1	1	2	4	8	4
3	2000	200	1	1	3	4	9	5
4	2000	150	1	1	3	4	9	5
5	1500	300	3	4	2	4	13	9
6	1500	250	3	3	2	4	12	8
7	1500	200	1	1	3	4	9	5
8	1500	150	1	2	4	3	10	7
9	1000	300	3	4	3	3	13	10
10	1000	250	4	4	2	3	13	10
11	1000	200	3	4	2	3	12	9
12	1000	150	3	4	2	3	12	9
13	500	300	5	5	3	1	14	13
14	500	250	4	4	5	1	14	13
15	500	200	5	5	3	2	15	13
16	500	150	4	4	2	3	13	10

Takım düşük hızda döndüğünde, düşük kesme hızında, toplam puanlar ve toplam çapak puanları en yüksektir. Fakat düşük dönme hızlarında en az taban puanları hesaplanmıştır. Takımın dönme hızını arttırdığımız zaman taban yüzeylerinde bir iyileşme gözlemliyoruz fakat çapak miktarlarında buna ters orantılı olarak yükselmektedir. Dönme hızının sabit kaldığı ilerleme hızının arttığı durumlarda çapak oluşumun azaldığı gözlemlenmiştir. Çizelge 5.6'e göre taban yüzeylerinde oluşan takım izlerinin ilerlemeye bağlı olmadığı devirin artması ile azaldığını söyleyebiliriz.

5.2.3 Talaşların incelenmesi

Çizelge 5.7'de 111SHG08 numaralı takım ile yapılan doğrulama testlerinde elde edilen talaşlar gösterilmiştir. Genel olarak daha önce belirtildiği gibi ideal talaş morfolojisine sahip görülen talaşlar tüm parametreler için birbirine oldukça benzerdir. İlave olarak devrin artması ile talaşların kalınlıklarında beklenildiği gibi bir azalma gözlemlenmiştir. İlerlemenin artması ile talaş boylarının kısaldığı ve talaş kalınlığının arttığı da şekillerden açıkça görülebilmektedir.

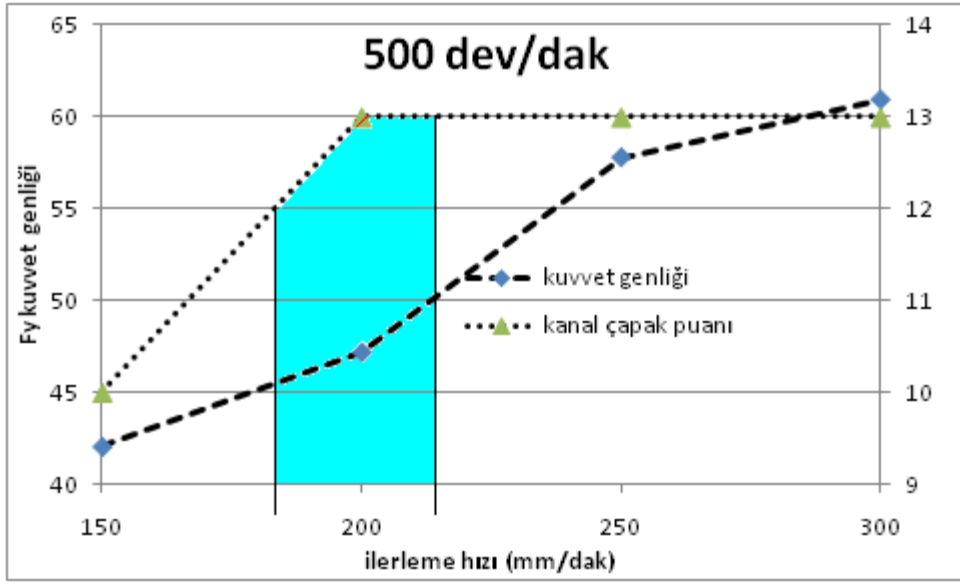
Çizelge 5.7 : Doğrulama testlerinde elde edilen talaşlar

Kesme parametresi	500dev/dak	1000dev/dak	1500dev/dak	2000dev/dak
150 mm/dak				
200 mm/dak				
250 mm/dak				
300 mm/dak				

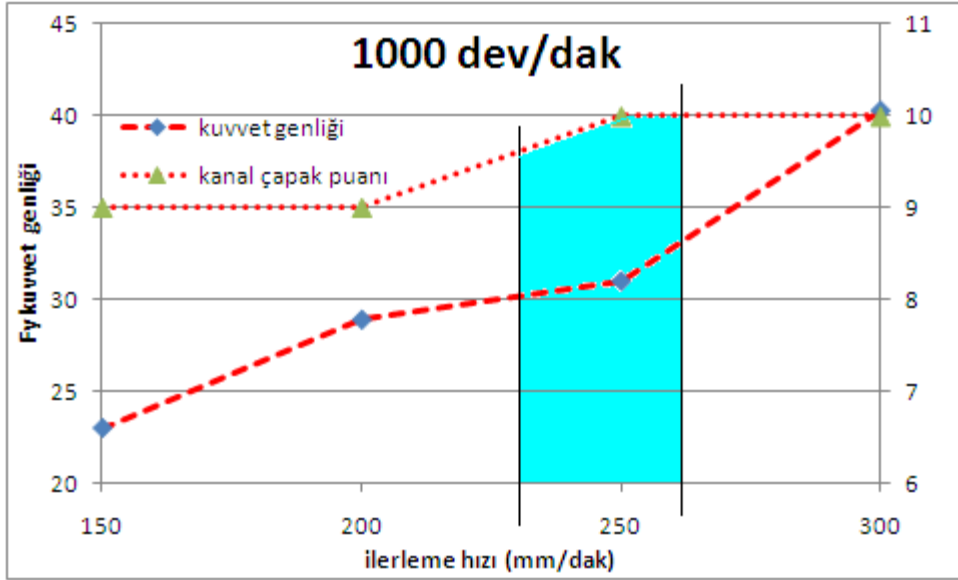
5.3 Genel Değerlendirme

Bu bölümde doğrulama testlerinde elde edilen bütün sonuçlar kesme kuvvet genliği, çapak oluşumu, talaş oluşumu bir arada düşünülerek değerlendirilmiştir. Şekil 5.14-5.17’de sabit devirde ilerleme hızı değiştiği zaman kesme kuvvet genliklerindeki, ve kanal çapak puanındaki değişimler grafik halinde gösterilmiştir. Grafiklerde boyalı alan ile en az kesme kuvvet genliği ve en fazla çapak puanını veren sonuçlar, ilerleme hız aralığı belirtilmiştir.

Şekil 5.14’e göre ilerleme hızının artması ile kesme kuvvet genliği artmaktadır. Toplam ve kanal çapak puanı ise ilerleme hızı 150 mm/dak’dan 200 mm/dak’ye çıktığında artmakta ve ilerleme hızının artması ile azalıp sabit kalmaktadır. Bu durumda 500 dev/dak için en iyi sonucu veren ilerleme hız aralığı 190 – 210 mm/dak’dır.

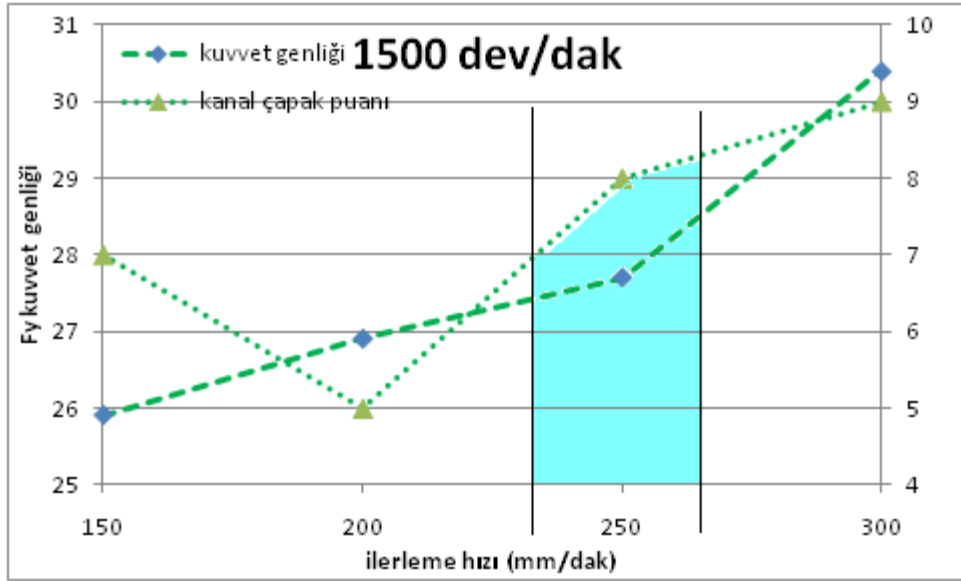


Şekil 5.14 : 500 dev/dak'da elde edilen sonuçlar



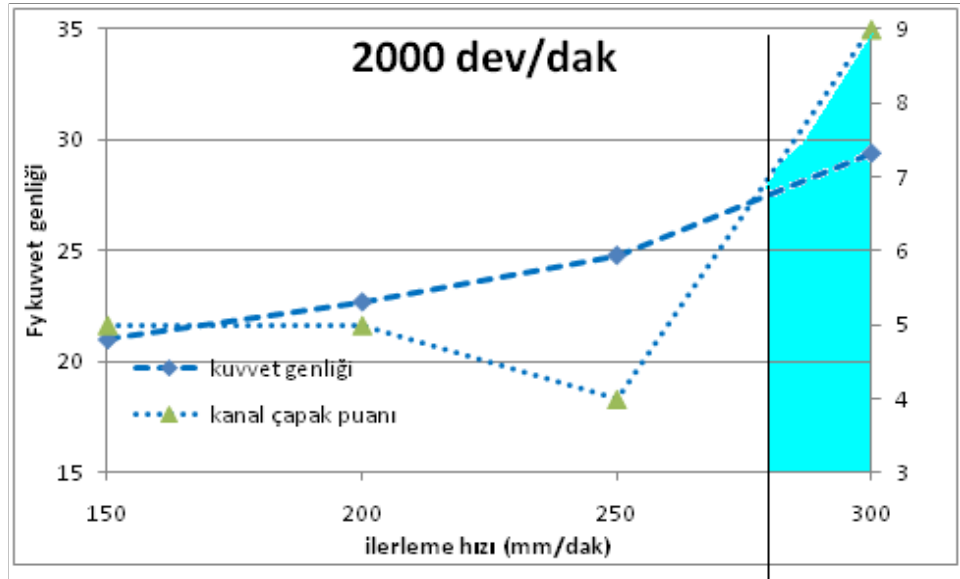
Şekil 5.15 : 1000 dev/dak'da elde edilen sonuçlar

Şekil 5.15'e göre ilerleme hızının artması ile kesme kuvvet genliği 500 dev/dak'da olduğu gibi artmaktadır. Toplam ve kanal çapak puanı ise ilerleme hızı 150 mm/dak'dan 200 mm/dak'e kadar sabit kalmakta, 250 mm/dak çıktığında artmakta ve ilerleme hızının artması ile en yüksek puanda sabit kalmaktadır. Bu durumda 1000 dev/dak için en iyi sonucu veren ilerleme hız aralığı 230 – 260 mm/dak'dır.



Şekil 5.16 : 1500 dev/dak'da elde edilen sonuçlar

Şekil 5.16'ya göre ilerleme hızının artması ile kesme kuvvet genliği beklenildiği gibi artmaktadır. Toplam ve kanal çapak puanı ise ilerleme hızı 150 mm/dak'dan 200 mm/dak'ya çıktığında azalmaya, 250 ve 300 mm/dak'ya çıktığında ise artmaktadır. 1500 dev/dak için en iyi sonucu veren ilerleme hız aralığı 1000 dev/dak'da olduğu gibi 230 – 260 mm/dak'dır.



Şekil 5.17 : 2000 dev/dak'da elde edilen sonuçlar

Şekil 5.17'ye göre ilerleme hızının artması ile kesme kuvvet genliği diğer dönme hızlarında olduğu gibi artmaktadır. Toplam ve kanal çapak puanı ise 250 mm/dak ilerleme hızında minimum değerini almakta ilerleme hızının 300 mm/dak olduğu

durumda ise en yüksek değerini almaktadır. 2000 dev/dak için en iyi sonucu veren ilerleme hız aralığı 270 – 300 mm/dak’dır.

Kuvvet ve apak oluřunun iřlenebilirlięe etkisini anlayabilmek için elde edilen sonuç aralıklarına puanlar verilmiřtir. Bu sistemde en yüksek puan 5, en dūřuk puan 1 olarak seçilmiřtir. Veri aralıklarına göre puanlar izelge 5.8’de verilmiřtir.

Çizelge 5.8 : Dūzeltilmiř kuvvet ve apak puanlarının aralıkları

apak		Kuvvet (N)	
Aralık	Puan	Aralık	Puan
13--10	5	20--30	5
10--8	4	30--40	4
8--6	3	40--50	3
6--4	2	50--60	2
4--2	1	60--70	1

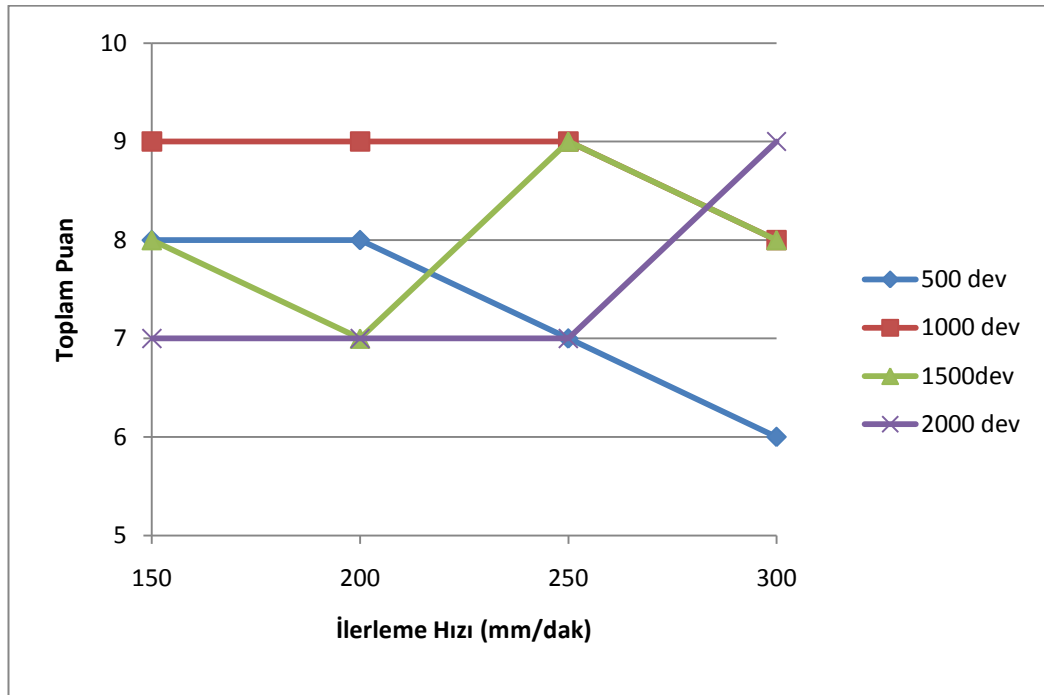
Çizelge 5.8’de verilen puan aralıklarına göre kuvvet ve apak puanları izelge 5.7’de dūzeltilmiř kuvvet puanı (DKP) ve dūzeltilmiř apak puanı (DP) olarak verilmiştir. Çizelge 5.9’de parantez içinde verilen değerler toplam apak puanı ve kesme kuvvet genliklerinin değerleridir. Koyu olarak yazılan rakamlar ise DP ile DKP’nin toplam değerleridir. Koyu ve eęik yazılan rakamla toplam puanların ortalaması verilmiştir.

Çizelge 5.9 : Kesme parametreleri için elde edilen puanlar

	Kuvvet	500	1000	1500	2000	Ortalama
111SHG08	(N)	dev/dak	dev/dak	dev/dak	dev/dak	
	DP	5 (10)	4 (9)	3 (7)	2 (5)	
150mm/dak	DKP	3 (42.1)	5 (23)	5 (25.9)	5 (21)	
	Toplam P	8	9	8	7	8.0
	DP	5 (13)	4 (9)	2 (5)	2 (5)	
200mm/dak	DKP	3 (47.2)	5 (28.9)	5 (26.9)	5 (22.7)	
	Toplam P	8	9	7	7	7.8
	DP	5 (13)	5 (10)	4 (8)	2 (4)	
250mm/dak	DKP	2 (57.8)	4 (31)	5 (27.7)	5 (24.8)	
	Toplam P	7	9	9	7	8.0
	DP	5 (13)	5 (10)	4 (9)	4 (9)	
300mm/dak	DKP	1 (60.9)	3 (40.3)	4 (30.4)	5 (29.4)	
	Toplam P	6	8	8	9	7.8
	Ortalama	7.3	8.8	8.0	7.5	

Şekil 5.18’de sabir devir için ilerleme hızlarının değişimi ile Çizelge 5.9’dan alınan toplam puanların değişimi gözükmemektedir. Garfikte açıkça gözükmemektedir ki 1000 devir/dak dönme hızı ve 150-200 mm/dak ilerleme hızlarında en yüksek puana ulaşılmıştır. Düşük devir ve yüksek ilerleme hızlarında ise puanlar düşük seviyelerdedir. Yüksek dönme hızında düzeltilmiş kuvvet puanları yüksek olmasına rağmen çapak oluşumunun fazla olmasından dolayı düzeltilmiş çapak puanları düşüktür. Bu nedenle yüksek devirde (2000 dev/dak) kesim yapılması önerilmez. Düşük dönme hızında ise kesme kuvvet genlikleri ise kıyasla yüksek dönme hızlarından fazladır fakat çapak oluşumunun az olmasından dolayı bu durumlarda kullanılabilir. Ortalama değerlerine göre en uygun dönme hızı 1000 dev/dak ve en uygun ilerleme hızı 150 mm/dak ve 250 mm/dak’dır.

Şekil 5.18’e bakacak olursak 500 dev/dak için en uygun ilerleme hızı 200 mm/dak’dır. 1000 dev/dak için en yüksek puanı 3 ilerleme hızında elde edilmiştir. Yüksek verimlilik dikkate alındığında en yüksek ilerleme hızını seçmek daha mantıklı olacaktır. 1500 dev/dak için en yüksek puan 250 mm/dak ilerleme hızında; 2000 dev/dak için ise 300 mm/dak ilerleme hızında en yüksek puana ulaşılmıştır.



Şekil 5.18 : Sabit devirde ilerleme hızındaki değişime göre puanların dağılımı

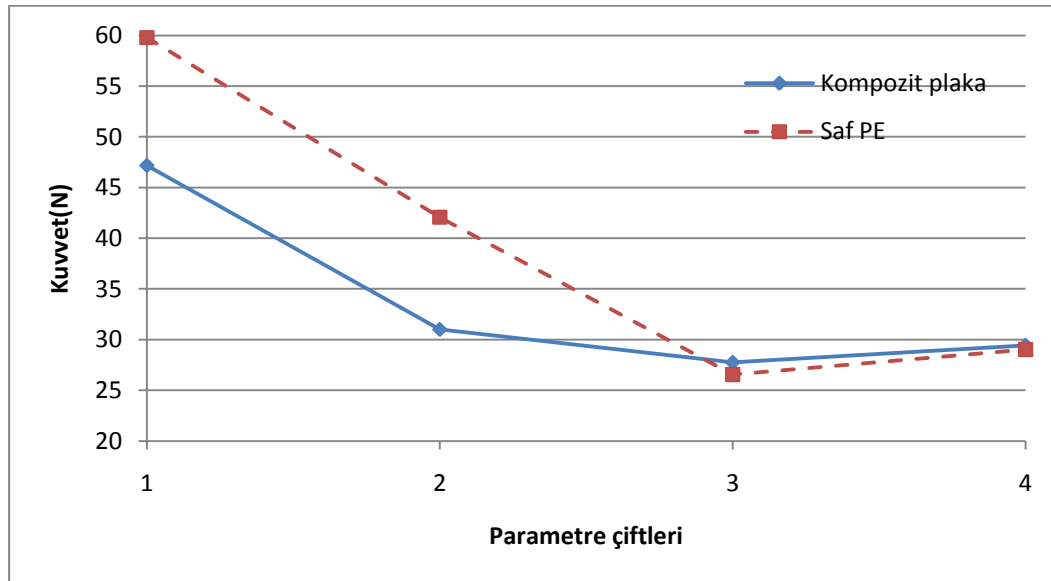
5.3.1 Matris malzemesi ile kompozit plakanın işlenebilirliğinin karşılaştırılması

Bulunan optimum dönme hızı ilerleme hızı çiftleri ile çalışmada kullanılan matris malzemesi düşük yoğunluklu saf polietilen kesilerek kompozit plaka ile işlenebilirlikleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.10’de saf polietilenin ve kompozit plakanın Y yönündeki kuvvet değerleri verilmiştir ve şekil 5.19’da bu sonuçlar grafik halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 : Saf polietilen ve kompozit plakanın Y yönündeki kuvvet değerleri

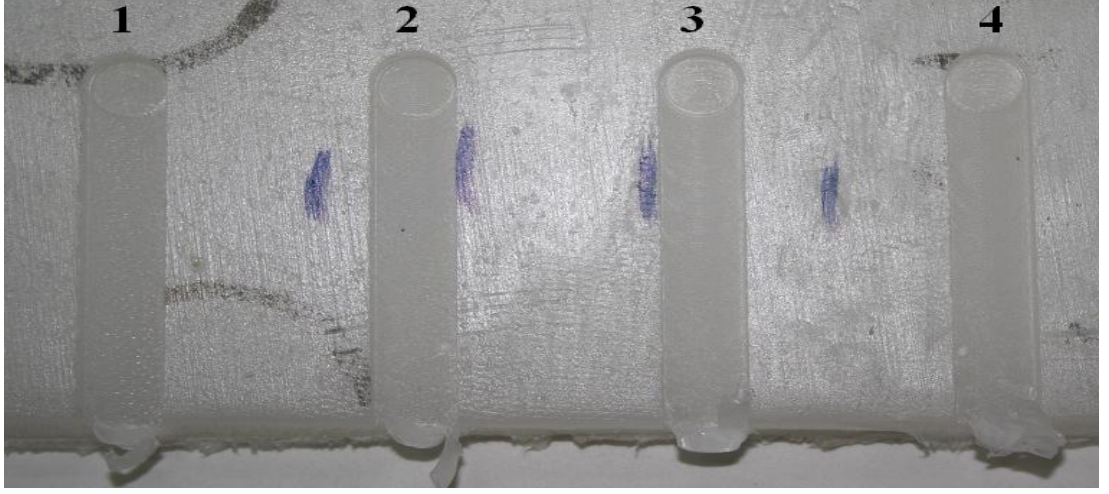
111SHG08	Kuvvet (N)	500dev/dak 200mm/dak	1000dev/dak 250mm/dak	1500dev/dak 250mm/dak	2000dev/dak 300mm/dak
		(1)	(2)	(3)	(4)
Kompozit plaka	Fmax	37.0	26.3	26.1	31.1
	Fmin	-57.4	-35.7	-29.4	-27.7
	Fort	-6.7	-5.4	-3.5	-3.4
	Genlik	47.2	31.0	27.7	29.4
Saf Polietilen	Fmax	54.4	50.5	29.3	36.4
	Fmin	-65.2	-33.6	-23.8	-21.6
	Fort	-9.2	-0.8	-2.9	-1.8
	Genlik	59.8	42.1	26.6	29.0

Kesme kuvvetlerindeki davranış kompozit malzemeninkine benzemesine rağmen kuvvet genlikleri kompozit malzemenin değerlerinden daha fazladır. Dönme hızı arttıkça kuvvet genlikleri arasındaki farkta azalmaktadır, bunun sebebinin matris malzemesindeki yumuşamaya bağlı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.19 : Y yönündeki kuvvet genliklerinin parametre çiftlerine göre değişimi

Şekil 5.20’de saf polietilenin optimum kesme parametre çiftleri ile kesildikleri durum görünmektedir. Çapak oluşumunun sadece giriş çapağı şeklinde oluştuğu ve kanal duvarlarında çapak oluşmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.20 : Saf polietilenin talaşlı işlemeden sonraki resmi

KAYNAKLAR

- [1] **Ulcay Y., Akyol M., Gemci R.,** , 2002 “Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi” Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Cilt 7, Sayı 1
- [2] **Teti, R.,** 2002, Machining of Composite Materials, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 51, Issue 2, p. 611-634
- [3] **Bodur S.,** 2010, Geri Dönüşüm İşleminin Tekstil Atığı Takviyeli Polimer Matrisli Karma Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi YL
- [4] **A. Bourmaud, C. Baley,** 2007, Investigations on the recycling of hemp and sisal fibre reinforced polypropylene composites. Polymer Degradation and Stability 92, p.1034-1045
- [5] **Aran A.,** 2008, Malzeme Bilimi Ders Notları,
- [6] **Akkurt M.,** 2004, Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi
- [7] **Jamal Y. S.,** 2008, Machining Of Polymer Composites, Springer
- [8] **Shih A. J., Lewis A.M., Strenkowski J. S.,** 2004, End Milling of Elastomers-Fixture Design and Tool Effectiveness for Material Removal, Journal of Manufacturing Science and Engineering, FEBRUARY 2004, Vol. 126
- [9] ASM Handbook Volume 21: Composites ’’, ASM International,USA,2001
- [10] **Donald R.,** 2004 ,Dominick R.“ Reinforced Plastics Handbook ’’ Elsevier Science & Technology Boks
- [12] **Davim J.P. , Reis P., C. Antonio C.,** 2004, A study on milling of glass fiber reinforced plastics manufactured by hand-lay up using statistical analysis (ANOVA) , Composite Structures 64,493–500
- [13] **Davim J.P. , Reis P.,** 2005, ‘Damage and dimensional precision on milling carbon fiber-reinforced plastics using design experiments’ Journal of Materials Processing Technology 160 ,160–167,2005

- [14] **Altintas Y.**, 2000, Manufacturing Automation, Cambridge University Press, Cambridge
- [15] **Stephenson D. A., Agapiou, J. S.**, 2007, Metal Cutting Theory and Practice, CRC Press, New York
- [16] **Sağlam H.**, 2001, frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi, Selçuk-Teknik Online Dergisi, ISSN 1302- 6178, Volume 1, Number: 3-2001
- [17] **Kolcke F., König W., Rummenhöller S., Würtz C.**, 1999, Milling of Advanced Composites, in Maching of Ceamics and Composites, Jahanmir S., Ramulu M., Koshy P., Marcel Dekker Inc. 249-265
- [18] **Armarego E.J. A., Brown R.H.**, 1969, The Machining of Metals, Prentice Hall

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ali Taner KUZU

Doğum Yeri ve Tarihi: Çorlu / 20.05.1985

Adres:

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi