

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERCHANT MODELİ'NİN POLİMER MALZEMELERİN
ORTOGONAL KESİMİNE UYGULANMASI

İpek DÖKÜMCÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İMAL USULLERİ PROGRAMI

Danışman

Prof. Dr. Erhan ALTAN

Haziran, 2019

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında, bazı mühendislik plastiklerinin farklı kesme hızlarında talaş kalınlığı oranı, talaş deformasyonu, kayma açısı, normal gerilme ve kayma gerilmesi incelenmiş ve elde edilen sonuçların Merchant modeline uygunluğu tespit edilmiştir.

Teorik olarak hesaplanan değerler ile deneyler sonucu bulunan değerlere göre Merchant modelinin metal malzemelerde olduğu gibi plastik malzemelerde de uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam, yüksek lisans tez danışmanın Sayın Prof. Dr. Erhan ALTAN' a teşekkürü borç bilirim.

DeneySEL çalışmalarda verdiği destek, öneri ve bilgi aktarımları için Sayın Arş. Gör. Uğur EMİROĞLU' na teşekkürlerimi sunarım.

Yıllarca eğitimim ve geleceğim için maddi manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman arkamda olan aileme en içten sevgiler ile teşekkür ederim.

Haziran, 2019

İpek DÖKÜMCÜ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	VII
KISALTMA LİSTESİ.....	VIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	IX
TABLO LİSTESİ.....	XI
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIV
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	10
1.3 Orijinal Katkı.....	10
2 Plastik Malzemeler ve Özellikleri.....	11
2.1 Plastik Malzemeler	11
2.1.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri	11
2.2 Plastik Malzemelerin Sınıflandırılması	13
2.2.1 Termoplastikler	14
2.2.2 Termosetler.....	15
2.2.3 Elastomerler.....	15
2.3 Plastik Malzemelerin Talaşlı İşlenebilirliği.....	16
2.3.1 Poliamid Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi	19
2.3.2 Polietheretherketon (PEEK) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi	19
2.3.3 Polioksimetilen(POM) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi.....	20
2.3.4 Polietilen (PE-1000) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi	20
3 Talaşlı Şekillendirme ve Takım	21
3.1 Talaş Oluşumu ve Talaş Kaldırma Mekanığı	21
3.2 İşleme Parametreleri.....	23
3.2.1 Kesme Hızı	23
3.2.2 İlerleme Hızı.....	23
3.2.3 Kesme Derinliği.....	24
3.3 Takım Geometrisi	24

3.4	Kesme Kuvvetleri	25
3.5	Ortogonal Kesme Mekaniki ve Merchant Teoremi.....	26
4	Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları	29
4.1	İş Parçası Özellikleri	29
4.2	Kesici Takım Özellikleri.....	30
4.3	Tezgâh Özellikleri.....	30
4.4	Numune Hazırlama.....	32
4.4.1	Kalıplama	32
4.4.2	Zımparalama	34
4.4.3	Parlatma.....	35
4.5	Deney Numunelerinin Mikroskop Görüntülerinin İncelenmesi	36
4.6	Deney Sonuçları.....	39
5	Sonuç ve Öneriler	49
	KAYNAKLAR.....	51
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	54

SİMGE LİSTESİ

γ	Talaş açısı
e	Deforme olmamış talaş kalınlığı (kesme derinliği)
t_2	Kesme sonrası talaş kalınlığı
R_c	Talaş kaldırma oranı
Φ	Kayma açısı
Φ_m	Merchant kayma açısı
F_c	Kesme kuvveti
F_t	Dik kuvvet
τ	Kayma gerilmesi
σ	Normak gerilme
c	İş parçası genişliği
ε	Talaş deformasyon miktarı
ρ	Sürtünme açısı
μ	Sürtünme katsayısı
L	Kesici uç kenar uzunluğu
S	Kesici uç bölüm daire çapı
RE	Kesici uç kenar radyüsü
V	Kesme hızı

KISALTMA LİSTESİ

POM	Polioksimetilen
PEEK	Polietheretherketon
PE-1000	Polietilen
HSS	Yüksek Hız Çeliği (High Speed Steel)



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Tornalama hareketi [1].....	2
Şekil 1.2	a) Kesme derinliği-kesme kuvveti b) talaş açısına göre kesme kuvveti değerleri [3].....	3
Şekil 1.3	Farklı ortam sıcaklıklarında talaş açısı ve kesme kuvveti arasındaki ilişki [3]	3
Şekil 1.4	DeneySEL çalışma sonuçları-1 [7]	5
Şekil 1.5	DeneySEL çalışma sonuçları-2 b) PEEK c) PEEK GF30 [7]	6
Şekil 1.6	Talaş kaldırma oranı- kayma açısı [9].....	7
Şekil 1.7	Kesme kuvveti ve dik kuvvetin değişimi [9]	7
Şekil 1.8	Farklı plastik malzemeler için kesme kuvveti değerleri	8
Şekil 1.9	Farklı plastik malzemeler için ilerleme boyunca kesme kuvveti değerleri.....	8
Şekil 1.10	Kesme kuvveti-talaş açısı değişimi	9
Şekil 2.1	Plastiklerin sınıflandırılması	14
Şekil 2.2	Plastik moleküllerin diziliş şekli [13].....	14
Şekil 2.3	Termoplastik malzemelerin ağ yapısı [17].....	15
Şekil 2.4	Termoset malzemelerin ağ yapısı [17]	15
Şekil 2.5	Elastomer malzemelerin ağ yapısı [17].....	16
Şekil 3.1	Ortogonal talaş kaldırma prensibi [26]	22
Şekil 3.2	Ortogonal talaş kaldırma prensibi [7].....	23
Şekil 3.3	Torna kalemi geometrisi [34]	25
Şekil 3.4	Tornalama da kesme kuvvetleri [33]	25
Şekil 3.5	Merchant Çemberi [7].....	26
Şekil 4.1	Deney numuneleri	29
Şekil 4.2	Deneylerde kullanılan kaplamasız karbür kesici uç ve geometrisi [35]	30
Şekil 4.3	Deneylerde kullanılan bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz.....	31
Şekil 4.4	Kesici uç-iş parçası ve takım.....	31
Şekil 4.5	Sıcak kalıplama [30]	33
Şekil 4.6	Kalıplanmış a) PEEK numunesi b) Poliamid numunesi.....	34

Şekil 4.7	Kalıplanmış a) POM numunesi b) PE-1000 numunesi.....	34
Şekil 4.8	Zımparalama aleti.....	35
Şekil 4.9	POM a) V=50 mm/dk b) V=100 mm/dk c) V=150 mm/dk.....	37
Şekil 4.10	PE-1000 a) V=50 mm/dk b)V=100 mm/dk c)V=150 mm/dk.....	37
Şekil 4.11	Poliamid a) V=50 mm/dk b) V=100 mm/dk c) V=150 mm/dk.....	37
Şekil 4.12	PEEK a) V=50 mm/dk b) V=100 mm/dk c) V=150 mm/dk.....	38
Şekil 4.13	AutoCad ile kayma açıları tayini.....	39
Şekil 4.14	Teorik hesaplamalardan ve numunelerden ölçülen kayma açıları	40
Şekil 4.15	Kesme hızı ile a) kesme kuvvetlerinin b) dik kuvvetin değişimi.....	41
Şekil 4.16	a) Teorik hesaplanan kayma açısı ile talaş kaldırma oranının arasındaki ilişki b) deney sonucu numunelerden ölçülen kayma açısı ile talaş kaldırma oranı arasındaki ilişki.....	42
Şekil 4.17	Deneyleerde kullanılan plastik malzemeler için talaş kaldırma oranı ve talaş deformasyonu ilişkisi.....	43
Şekil 4.18	a) Teorik kayma açısı ile hesaplanan normal gerilme değerleri b) numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplanan normal gerilme değerleri.....	44
Şekil 4.19	a) Teorik kayma açısı ile hesaplanan kayma gerilmesi b) numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplanan kayma gerilmesi	45
Şekil 4.20	a) POM için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması	45
Şekil 4.21	a) PEEK için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması	46
Şekil 4.22	a) PE-1000 için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması	46
Şekil 4.23	a) Poliamid için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması.....	47
Şekil 4.24	Malzeme özelinde farklı kesme hızlarındaki sürtünme katsayıları değişimi.....	47

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1	POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri	29
Tablo 4.2	Kesici uç boyutları	30
Tablo 4.3	Kesme Parametreleri.....	32
Tablo 4.4	Zımpara tanecik boyutları.....	35



MERCHANT MODELİ'NİN POLİMER MALZEMELERİN ORTOGONAL KESİMİNE UYGULANMASI

İpek DÖKÜMCÜ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erhan ALTAN

Bazı polimerler sahip oldukları mekanik özellikler sayesinde mühendislik uygulamalarında sıkça kullanılır. Bu çalışmada PEEK(Polietheretherketon), POM(Polioksimetilen), PE-1000 (Polietilen) ve Poliamid malzemelerden kaplamasız karbür uç yardımı ile ani durdurma tezgâhında ortogonal talaş kaldırılmıştır. Bütün malzemeler için her kesme operasyonunda kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Farklı kesme hızlarında talaş kalınlığı oranı, talaş deformasyonu, kayma açısı, normal gerilme ve kayma gerilmesi, PEEK, POM, PE-1000 ve Poliamid malzemelerde bulunmuş ve Merchant modeli esas alınarak modele uygunluğu incelenmiştir.

Ayrıca plastik malzemelerin farklı kesme hızlarında ani durdurma tezgahında talaş kaldırıldıktan sonra deformasyon bölgeleri incelenmiştir. Deformasyon bölgesindeki kayma açıları ile teorik hesaplanan kayma açıları değerleri karşılaştırılmıştır. Deneysel bulunan kayma açıları ile hesaplanan normal gerilme, kayma gerilmesi, talaş kaldırma oranı ve Merchant kayma açısı değerleri teorik sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak, deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların Merchant modeliyle uyumlu olduğu ve Merchant modelinin plastik malzemelerde de geçerli olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ortogonal Kesme, Merchant Kesme Modeli, POM, PEEK, PE-1000, Poliamid



MERCHANT MODEL APPLIED TO ORTHOGONAL CUTTING OF POLYMER MATERIALS

İpek DÖKÜMCÜ

Department of Mechanical Engineering

Advisor: Prof. Dr. Erhan ALTAN

Some polymers are widely used in engineering applications due to their properties. In this study, engineering polymers such as PEEK(Polietheretherketon), POM(Polioksimetilen), PE-1000 (Polietilen) and Poliamide were orthogonally cut by using quick stop mechanism with uncoated carbide tool. Cutting forces were measured for each cutting operation. Chip thickness ratio, chip deformation, shear angle, normal stress and shear stress were investigated at different cutting speed on each engineering polymer by considering Merchant model.

In addition, after chip removed from plastic materials in quick-stop lathe, deformation zone was examined. Shear angle and theoretical shear angle are compared in deformation zone. Normal stress, shear stress, chip removal ratio and Merchant shear angle were compared with theoretical results.

Finally, it has been seen that the obtained results from the experimental study were compatible with that of Merchant model and it was concluded that the Merchant model may also apply to plastic materials.

Keywords: Orthogonal Cutting, Merchant Cutting Model, POM, PEEK, PE-1000, Poliamid



1

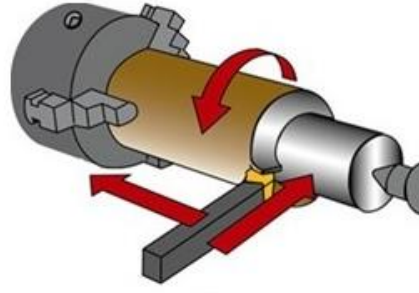
Giriş

Talaşlı imalat genellikle temel şekillendirme yöntemlerinden biri olup, parçalarda boyutsal değişim ile istenilen şekil ve yüzeyleri kazandırabilmek adına uygulanan bir prosestir. İşlem sırasında uygulanan kuvvetler ile ısı oluşumu gözlemlenir. Oluşan bu ısı takımında çeşitli deformasyonlar oluşturabilir ve bu deformasyonlar yüzey kalitesini olumsuz olarak etkiler.

Talaşlı imalat birçok mühendislik malzemesinde uygulanan bir imalat şeklidir. Plastikler makro-molekül olarak adlandırılan çok uzun molekül zincirlerinden oluşurlar. Bu makro-moleküller genellikle çok sayıda yapısal elemandan meydana gelir. Polimerleri oluşturan monomerler genellikle basit organik molekulldir. Plastiklerin makro-molekülleri bu basit maddelerden elde edilir. "Makro-molekül" terimi bu molekülün çok büyük boyutlarını temsil için kullanılmaktadır. Bu büyük molekül binlerce monomer molekülünün birleşmesinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Polimer esaslı malzemelere çeşitli özelliklerini geliştirmek veya değiştirmek amacı ile katkılar uygulandığı takdirde elde edilen bu son ürüne "plastik" adı verilir. Günümüzde mühendislik plastikleri talaşlı uygulama alanlarında çeşitli avantajlarından dolayı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Talaşlı imalatta kullanılan kesici takımın sertliği her zaman işlenecek malzemenin sertliğinden yüksek olmalıdır. Talaşlı imalatta genellikle takım ya da iş parçasından biri hareketli diğeri sabittir. Hareket etmeyen eleman sağlam şekilde tutucular ile sabitlenmelidir. Hareketler freze ve torna tezgâhlarında olduğu gibi ileri-geri ya da döner hareket şeklindedir.

Tornalama işlemi, iş parçasının dönmesi ve takımın ilerleme hareketi ile malzeme üzerinden talaş kaldırma işlemidir. (Şekil1.1) Tornalama işlemi, talaşlı imalatta en yaygın işlemdir.



Şekil 1.1 Tornalama operasyonu [1]

Tornalama sırasında takım ile iş parçası teması nedeni ile oluşan ısının deformasyon bölgesinden uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler uygulanır. Bunlardan biri soğutucu akışkanların kullanılmasıdır. Bu akışkanlar hem sıcaklık oluşumunu engeller hem de takım-talaş ara yüzünde yağlama etkisi oluştururlar. Fakat bu sıvılar çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyebileceğinden son zamanlarda kullanımı azalmaktadır.

1.1 Literatür Özeti

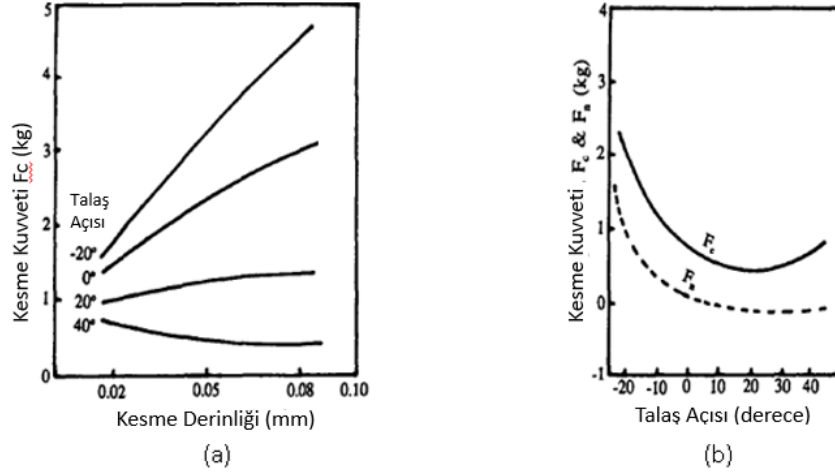
Talaşlı işleme, malzemede hacimsel olarak değişim ile elde edilen bir üretim yöntemi olup çeşitli malzemelerde uygulanabilir. Kesme işlemi takım ve iş parçası konumlarına göre farklı modellerde incelenmektedir. Ortogonal kesme modeli bu yaklaşımlardan biri olup takım ve talaşın birbirine dik olarak konumlandırılması ile oluşur. Ortogonal kesmede, kesici kenar kesme yönüne dik olarak konumlandırılmıştır.

Ortogonal talaş kaldırma ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır.

Merchant, 1945'te kesme işleminin matematiksel modelinin temelini oluşturmuştur. Bu model birincil deformasyon bölgesine uygulanan kuvvetlerin ve gerilimlerin öngörülmesini sağlamaktadır. [2]

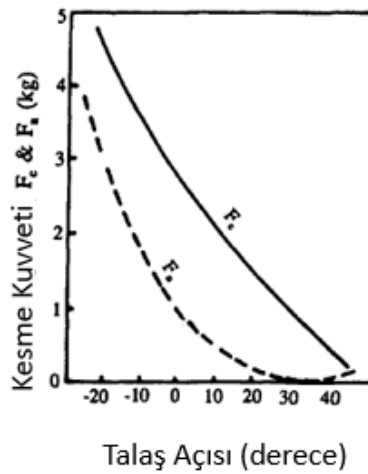
Alauddin, Choudhury, Baradie ve Hashmi [3], 1994 yılında plastikler ve plastik malzemelerin işlenmesi ile ilgili çalışmaları gerçekleştirdiler. Çalışmalarında uygun kesme şartlarındaki talaş ve malzeme durumunu, termoset ve termoplastiklerin tornalanması sırasında oluşan kesme kuvvetlerini ve talaş

açısını farklı kesme şartları altında incelediler. Kesme kuvvetleri, talaş açısı, kesme derinliği, kesme hızı ve çalışma sıcaklığına göre değişim göstermektedir. Kesme kuvvetleri düşük kesme hızlarında kesme derinliği ile orantılıdır. (Şekil 1.2-a) Sıfır ya da negatif talaş açısında sürekli talaş oluşumu gözlemlendiği sonucuna vardılar.



Şekil 1.2 a) Kesme derinliği-kesme kuvveti b) $V= 7,15$ m/dk kesme hızında talaş açısına göre kesme kuvveti değerleri [3]

Şekil 1.2- b'de, kesme kuvvetinin talaş açısının negatiften pozitifte dönmesi ile önce azaldığı daha sonra arttığı görülmüştür. Şekil 1.3' teki daha düşük kesme hızında ise kesme kuvveti değerinin talaş açısı ile birlikte sürekli azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.



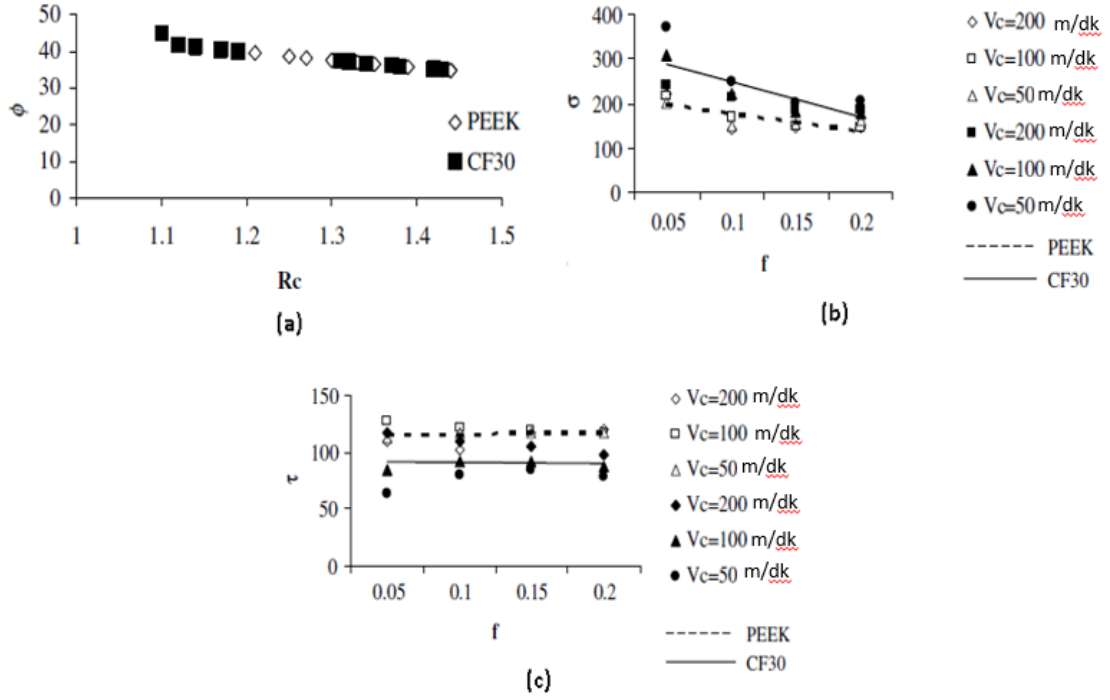
Şekil 1.3 $V= 0,2$ m/dk talaş açısı ve kesme kuvveti arasındaki ilişki [3]

Thoo, Rahman ve Ramakrishna [4], 1998 yılında Karbon/PEEK kompozitinin işlenebilirliği ile ilgili bir çalışma yaptılar. Çalışmalarında takım aşınmasını ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. İş parçasının yüzey kalitesinin konvansiyonel olarak işlenen metal yüzeylerden çok daha iyi olduğunu gözlemlediler. Yüzey kalitesinin, belirli bir kritik kesme hızının aşılması koşuluyla işleme parametrelerinden bağımsız olduğu sonucuna vardılar.

Reis ve Davim [5], 2004 yılında Polyetheretherketone (PEEK) malzemenin PCD ve K20 takımları ile işlenebilirliğine yönelik bir araştırma yaptılar. Her iki takım için de kesme hızının en önemli parametre olduğunu ve PEEK malzemenin işlenmesinde PCD takımı ile K20 'e göre daha iyi bir yüzey elde edildiğini tespit ettiler.

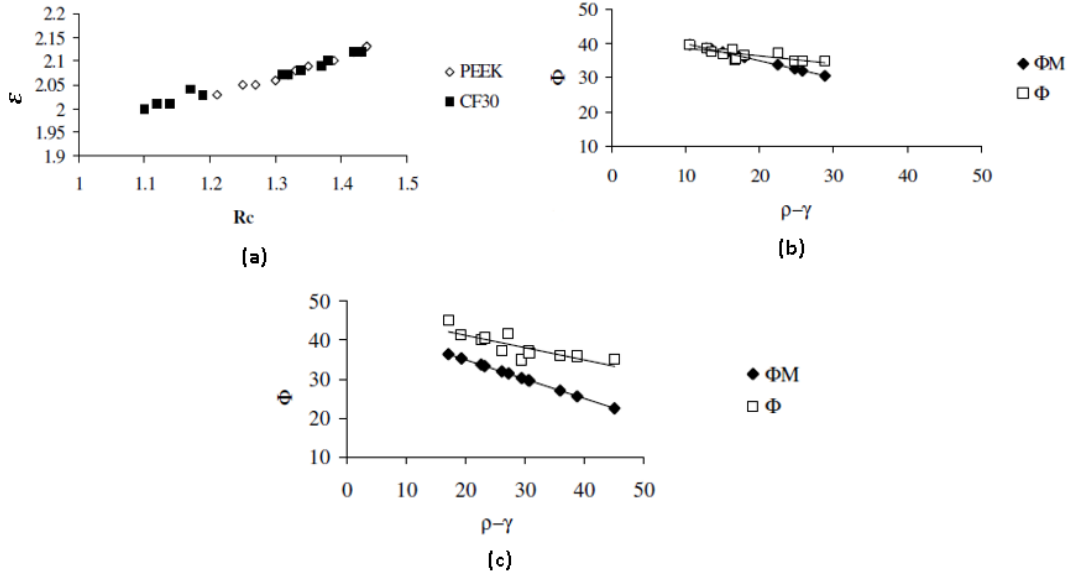
Davim [6], 20% SiCp ile güçlendirilmiş alüminyum alaşımlarının K20 takımı ile tornalanmasını inceleyerek Merchant modeline katkı sağlamıştır. Sonuçlar kayma açısının talaş kaldırma oranı ile azaldığını göstermiştir. Diğer yandan gerinim talaş kaldırma oranı ile hafifçe artmıştır. Ek olarak kayma gerilmesi kesme hızı ile birlikte artış göstermiştir. Son olarak olarak, normal gerilmenin her zaman kayma gerilmesinden daha yüksek olduğu ve her ikisinin de ilerleme oranının artması ile azaldığı bulunmuştur.

Davim ve Mata [7], polietereterketon (PEEK) ve PEEK CF30 malzemelerinden ortogonal talaş kaldırmanın fiziksel modeli üzerine bir çalışma sundular. Çalışmalarında talaş kalınlığı oranı, talaş deformasyonu, sürtünme açısı, kayma açısı, kayma gerilmesi ve normal gerilme değerlerini incelediler. 3 farklı kesme hızı ve 4 farklı ilerleme hızında deneylerini gerçekleştirdiler. Şekil 1.4 ve Şekil 1.5 deneysel çalışmaların sonuçlarını göstermektedir. Model tarafından verilen sonuçlar, Merchant denklemi tarafından hesaplananlar ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Merchant modelinin bu polimerik malzemelerin ortogonal kesilmesinde uygulanabileceği hipotezini doğrulamıştır.



Şekil 1.4 Deneysel çalışma sonuçları-1 [7]

Bu sonuçlara göre her iki malzeme için de kayma açısının talaş kaldırma oranı ile düzenli olarak azaldığı görülmüştür (Şekil 1.4- a). Normal gerilme değeri ilerleme ile birlikte azalmıştır (Şekil 1.4- b). Bununla birlikte kayma gerilmesi ilerleme oranından etkilenmemiştir ve her zaman normal gerilme değerinden daha küçüktür. (Şekil 1.4- c)



Şekil 1.5 Deneysel çalışma sonuçları-2 b) PEEK c) PEEK GF30 [7]

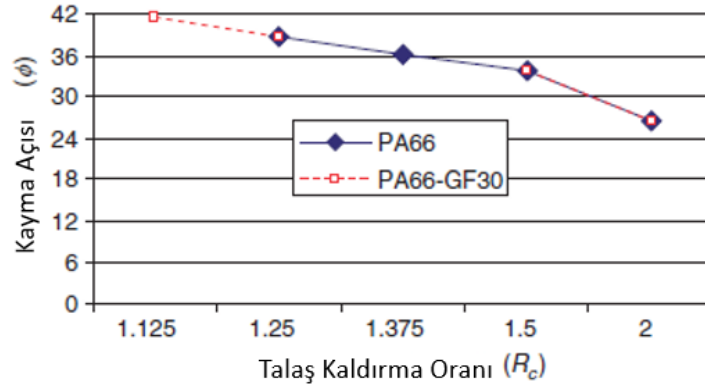
Talaş deformasyonunun talaş kaldırma oranı ile birlikte düzenli olarak arttığı iki malzeme için de gözlenmiştir. (Şekil 1.5-a) Deneysel olarak elde edilen kayma açısı ve Merchant kayma açıları PEEK polimerinin Merchant eşitlikleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. (Şekil 1.5-b-c)

Ahmad [8], 2009 yılında, polimerlerin işlenmesi ile ilgili araştırmalar yapmış ve ortogonal kesme için bazı kabul kriterlerini göz önünde bulundurmuştur. Bu kabuller;

- Kayma yüzeyi, kesme kenarından yukarı doğru uzanan bir düzlemdir.
- Kesme kenarı hareket yönüne dik uzanan bir çizgidir ve proses gerçekleşirken düzlem yüzeyi oluşturması gerekmektedir.
- Kesme derinliği sabittir.
- Takım genişliğinin iş parçası genişliğinden daha büyük olması gerekmektedir.
- Sürekli talaş oluşumu esas alınmıştır.

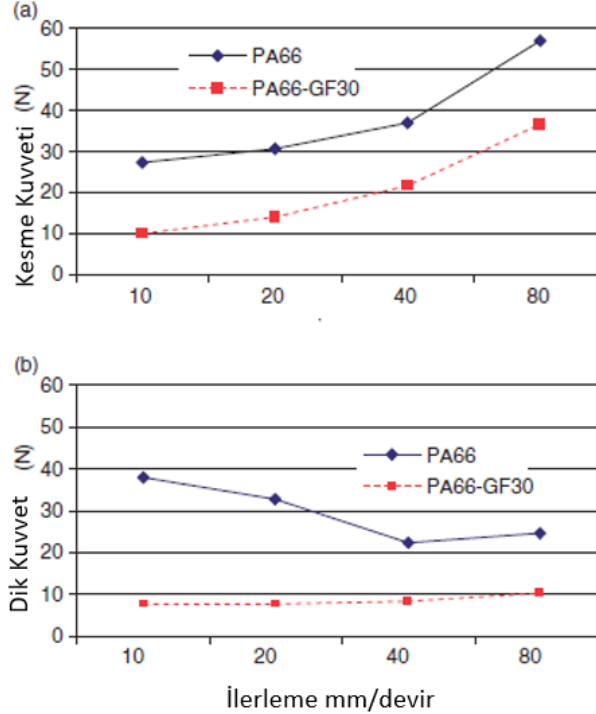
Silva, Davim ve Faria [9], 2009 yılında Pa66 ve Pa66 GF 30 malzemelerinin çeşitli kesme parametrelerinde ortogonal talaş kaldırmasında göstermiş oldukları davranışları incelediler. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre her iki malzeme

için de kayma açısının talaş kaldırma oranı ile birlikte azaldığı sonucunu elde ettiler. (Şekil 1.6)



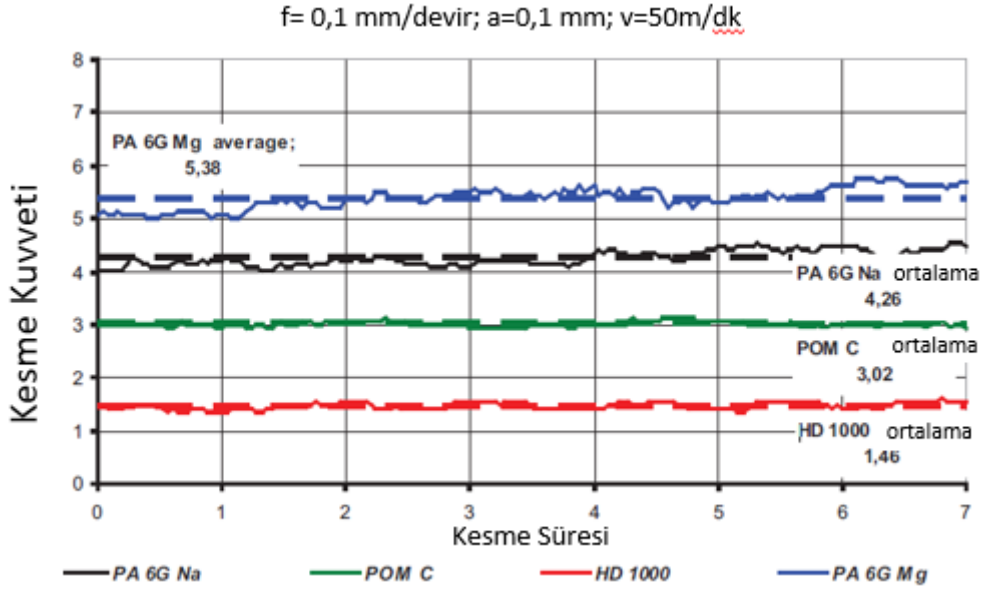
Şekil 1.6 Talaş kaldırma oranı- kayma açısı [9]

Pa66 ve Pa66 GF30 malzemesi için kesme kuvvetinin ilerleme ile birlikte lineer olarak arttığı gözlenmiştir (Şekil 1.7-a). Dik kuvvetler, 40-80 mm/devir aralığı hariç ilerleme ile birlikte azalmaktadır. (Şekil 1.7-b)

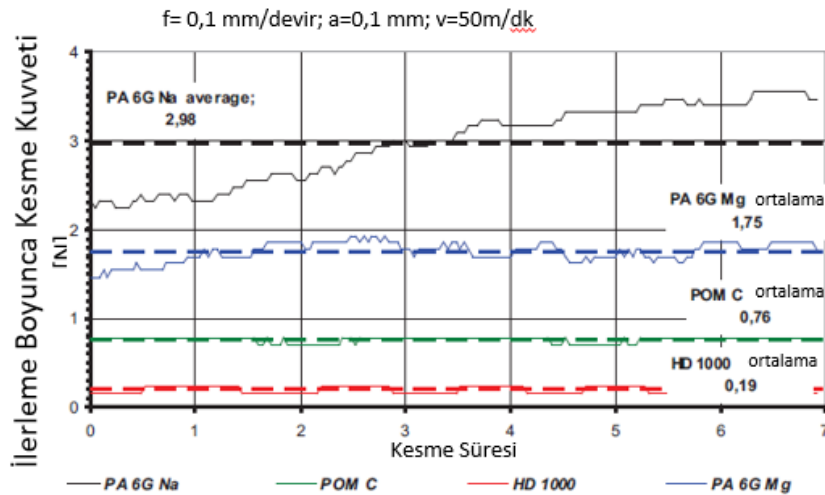


Şekil 1.7 Kesme kuvveti ve dik kuvvetin değişimi [9]

Keresztes [10], PA6 (Mg), PA6 (Na), POM C (Polioksietilen), HD 1000 (UHMWPE) gibi polimerlerin işlenebilirliğini incelediler. Testler sırasında kesme kuvveti ve dik kuvvetlerin ölçümlerini yaptılar. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızına göre malzemeleri grupladılar. Şekil 1.8 ve Şekil 1.9 aynı kesme parametrelerinde 4 farklı malzeme üzerinde oluşan kesme kuvvetlerini ve dik kuvvetlerin ortalama değerler (kesikli çizgiler) ile karşılaştırmalı olarak göstermektedir.



Şekil 1.8 Farklı plastik malzemeler için kesme kuvveti değerleri [10]

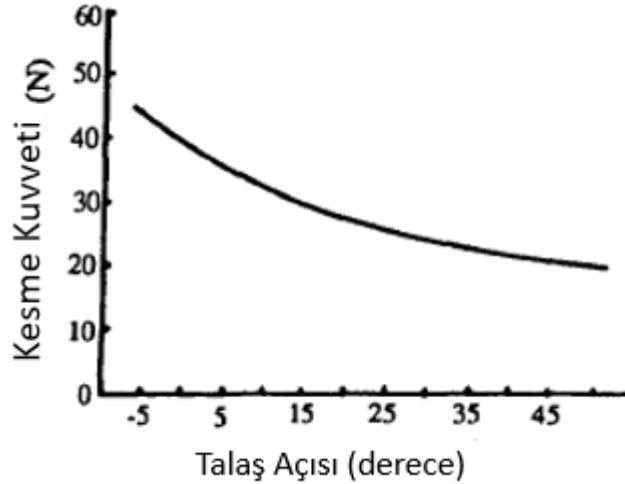


Şekil 1.9 Farklı plastik malzemeler için ilerleme boyunca kesme kuvveti değerleri [10]

PA 6(Mg) malzemesinin kesme kuvveti değerlerine göre en sert malzeme olduğu belirlenmiştir. Kesme kuvvetinin, kesme derinliği ve ilerleme hızı arttıkça azaldığı gözlenmiştir. İlerleme olarak 0.025 mm/devir değeri önerilmiştir.

PA 6(Na) polimerinin daha az tokluk gösterdiği görülmüştür. Kesme kuvvetinin değeri PA 6(Mg) polimerinde olduğu gibi ilerleme ve kesme derinliğinin artması ile azalma göstermez. POM polimeri PA6 polimerlerine göre daha az kesme direncine sahiptir. Deneyler sırasında en verimli talaş oluşumu POM malzemesinde görülmüştür. HD 1000 polimeri en küçük kesme kuvvetine sahip olduğu belirlenmiştir. HD 1000 polimeri için kesme kuvveti, ilerleme hızı ve kesme derinliği ile birlikte en az azalma gösteren polimer olarak belirlenmiştir.

Vickerstaff ve Gindy [32], 3.55 mm kalınlığındaki polikarbonat malzemesinden HSS takım yardımı ile ortogonal talaş kaldırılması üzerine çalıştılar. Deney sonucunda elde edilen verileri piezo-elektrik dinamometre ile ölçtüler. -5° , 0° , 5° , 10° , 25° , 30° , 40° derece talaş açıları, 9,15, 23, 30, 36 m/dk kesme hızı ve 0.13, 0.20, 0.25, 0.30, 0.38. mm kesme derinliklerinde deneyleri yaptılar. Şekil 1.10 15 m/dk hızdaki kesme kuvveti ve talaş açısındaki durumu göstermektedir.



Şekil 1.10 Kesme kuvveti-talaş açısı değişimi [32]

Bu grafiğe göre kesme kuvveti talaş açısının negatiften pozitifte doğru artması ile azalma göstermektedir. Kesme kuvveti bileşenlerinin yönü talaş açısının negatiften pozitifte değişmesi ile aşağıdan yukarıya doğru eğilim gösterir.

Literatürler incelendiğinde yapılan çalışmalarda sınırlı sayıda plastik malzeme üzerinde durulmuş ve bu malzemelerin Merchant Modeli' ne uygunluğu araştırılmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Ortogonal kesme işlemi sırasında farklı kesme şartlarında oluşan kesme kuvvetleri, kayma açıları, sürtünme açıları farklılık gösterir. Bu çalışmada, talaş kalınlığı oranı, talaş deformasyonu, kayma açısı, normal gerilme ve kayma gerilmesinin, yarı kristalin termoplastik malzemeler için Merchant modeline uygunluğu incelenmiştir.

Daha önce de plastik ve kompozit malzemelerde kesme kuvvetlerinin hesaplanmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. PEEK, POM, Poliamid ve PE-1000 plastiklerinin özellikleri, kesme kuvvetlerinin hesaplanması ve karşılaştırılması ile birlikte deformasyon bölgesinde meydana gelen kayma açılarının incelenmesi bu çalışmanın temel konusudur.

1.3 Orijinal Katkı

Literatürde yapılmış çalışmalar daha çok plastik ve bu plastiklerin takviyelendirilmiş halleri ile kıyaslama şeklindedir. Geçmişte yapılan çalışmalarda incelenen malzeme türlerinin sınırlı kaldığı görülmüş ve katkı olarak yalın plastiklerin de Merchant modeline uyum olup olmadığı incelenmiştir.

Ayrıca yalın plastiklerin kendi aralarında kıyaslamalı olarak farklı kesme hızlarındaki davranışlarını incelemeye de fırsat sağlar nitelikte bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

2.1 Plastik Malzemeler

Plastik malzeme karbon ile oksijen, hidrojen, azot ve diğer organik-inorganik elementlerin bileşimidir.

Genel formu itibari ile katı halde bulunurlar. Plastiklerin genel şekillendirmesinde sıcaklık ve basınç kullanılır. Polimer yapıdan oluşan plastikler bu polimerlerin kimyasal yapılarından dolayı farklı özellik gösterirler.

Plastik parçalar günümüzde metal, cam ağaç gibi malzemelerin alternatifi olarak kullanım alanı bulmaktadırlar. Plastik sektörü %90 oranında girdilerini petrokimya sanayinden temin etmektedir. Plastiğin en önemli tüketicileri ambalaj ve inşaat sektörleri olup, bunların yanı sıra otomotiv, elektrik, beyaz eşya ve ayakkabı gibi birçok alanlarda da yoğun olarak kullanılmaktadır. Plastikten mamul ürünler çok basit kullanımlarının yanında yüksek teknoloji gerektiren sektörlerde de tüketilmektedir. Üretim sürecinde plastik malzemelerin ölçülebilmesi donanımlı laboratuvar çalışmaları gerektirmektedir. [11]

2.1.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri

Özgül ağırlıkları 0,8 – 2,2 g/cm³ aralığındadır. Mekanik özellikleri metallere göre düşük olmakla beraber, yeni geliştirilen yöntemlerle bu özellikleri iyileştirilebilir. Plastik malzemeler yüksek esneklik, tokluk ve darbe mukavemetine sahiptir. Çalışma sıcaklıkları 150-350°C arasındadır. Enerji gereksinimleri düşüktür. Cam veya karbon-fiber katılarak mekanik özelliklerin kontrolü, masterbatch katılarak renk kontrolü, yumuşatıcılar katılarak sertlik kontrolü, alev geciktiriciler katılarak yanıcılık kontrolü sağlanabilir. Plastik malzemelerin metallere nazaran ısı iletkenliği 300 kat düşüktür. Elektrik, ısı ve ses yalıtımında yaygın olarak kullanılırlar. Korozif/kimyasal ortamlara ve atmosferik koşullara karşı dirençleri yüksektir. Gıda ve kozmetik alanında ambalaj malzemesi olarak kullanılırlar. Gözlük camı, mercek, kompakt disk, gıda saklama kabı gibi alanlarda

kullanılabilmektedir. Üretimleri için harcanan enerji düşüktür. Geri dönüşüm özellikleri ile yeniden kalıplanarak kullanılabilirler. [12]

2.1.1.1 Plastik Malzemelerin Görünüşü

Polimer malzemeler genel olarak mat görünüme sahiptirler. Bu yüzden istenilen rengi elde etmek için çeşitli kimyasallar ile renklendirilirler. Parlak renk, ışıltı, berraklık ve çok fazla parlatılmış yüzey plastik maddelerin dış görünüşünü tanımlayan özelliklerdendir. Plastiklerin görünüşleri iklim şartlarından etkilenirler. Renklerinin solması veya bozulması plastiğin dış etkenlere karşı kullanımını sınırlamaktadır. Bu durum bazı antioksidan ve stabilizatörlerin katkısıyla giderilmektedir. [13]

2.1.1.2 Plastik Malzemelerin Yüzey Sertliği

Plastik malzemelerin bir dezavantajı, yüzeylerinin yumuşaklığı ve çizilmeye karşı dirençlerinin az olmasıdır. Plastikler cam, seramik ve metallere göre daha az serttir. Sertlik genellikle termoplastiklerde sıcaklığın artması ile azalır. Termosetlerde ise durum farklıdır. Sıcaklığın artması ile sertlikte de artış meydana gelir. [14]

2.1.1.3 Plastiklerin Mekanik Özellikleri

Mekanik özelliklerin açıklamaları aşağıdaki verilmiştir.

- Kopma yükü: malzeme kopma dayanımının oranını gösterir. Küçük bir değer farkı bile önemli malzeme farklılıklarını ortaya çıkarır. Kopma yükü özel cihazlar yardımı ile ölçülür. Bu ölçümden çıkan sonuçlar ile gerilme-gerinim grafiği çıkarılabilir.
- Baskıya karşı dayanıklılık: çeşitli yapıdaki polimerlere birim zamanda kuvvetin arttırılarak uygulanmasıdır.
- Bükülmeye karşı dayanıklılık, çeşitli yapıdaki polimerlerin standartlara uygun olarak bükülme testi uygulaması ile tespit edilir.
- Darbe ve çizilmeye karşı dayanıklılığın tespiti için sertlik ölçmedeki bazı metotlar kullanılabilir. Darbeye karşı olan dayanıklılığını ise standart cihazlarda standart ağırlık darbesi uygulanarak tespit edilir. Numunede meydana gelen deformasyona göre incelenir.

- Yorulmaya karşı dayanıklılık, elastomer yapıdaki polimerler için önemli bir özelliktir. Özellikle kauçuktan yapılmış otomobil lastikleri, ayakkabı tabanları bu testlere (belirli etkiler altında belirli sürelerde hareket testi) tabi tutularak oluşabilecek patlama, yırtılma v.b. değişimler cihazlarla izlenir. [15]

2.1.1.4 Plastiklerin Termal Özellikleri

Plastiklerin genleşme katsayısı, ısı iletkenliği, özgül ısı, ısıyla bozulma sıcaklığı, ısı direnci ve yanıcılığı en önemli termal özellikleridir. Plastiklerin düşük ısı iletkenlikleri bazı alanlarda plastiklere üstünlük sağlar. Bazı plastiklerin ısıya karşı olan direnci çok düşüktür. Bu tip plastikler oda sıcaklığında bile deforme olurlar. Mühendislik plastiği olarak bilinen PEEK, POM gibi plastiklerin ısı dayanımları oldukça iyidir. [14]

2.1.1.5 Plastiklerin Elektriksel Özellikleri

Plastiklerin tamamı izolasyon olarak yüksek performans özelliğine sahiptirler. Plastiğin özelliğine göre çeşitli voltaj değerlerinde izolasyon görevini üstlenirler. Bu özelliklerinden dolayı önemli bir kullanım alanına sahiptirler. Esneklik gösteren plastikler ve elastomerler iletken tellerin kaplanmasında, sert plastikler ise bobin ve sigorta gibi yerlerde tercih edilirler. [13]

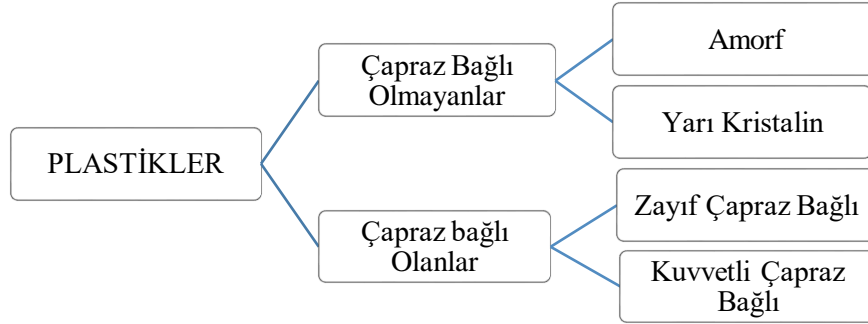
2.1.1.6 Plastiklerin Kimyasal Özellikleri

Bazı polimerler (teflon gibi) birçok aşındırıcı kimyasallara ve güçlü çözücülere karşı dayanıklıdır. Plastikler metal malzemelere göre kimyasal etkilere daha fazla dayanıklıdır. Genellikle termoplastikler zayıf asit, alkali ve tuzlu çözeltilerden etkilenmezler. Örneğin PE ve PP asit depolama kabı imalinde kullanılmaktadır. Böyle polimerler çeşitli kimyasal etkenlerin bulunduğu ortamda son derece geniş kullanım alanına sahiptirler. Diğer taraftan bazı tip polimerler ise su veya çok kuvvetli olmayan çözücülerden bile etkilenirler. [14]

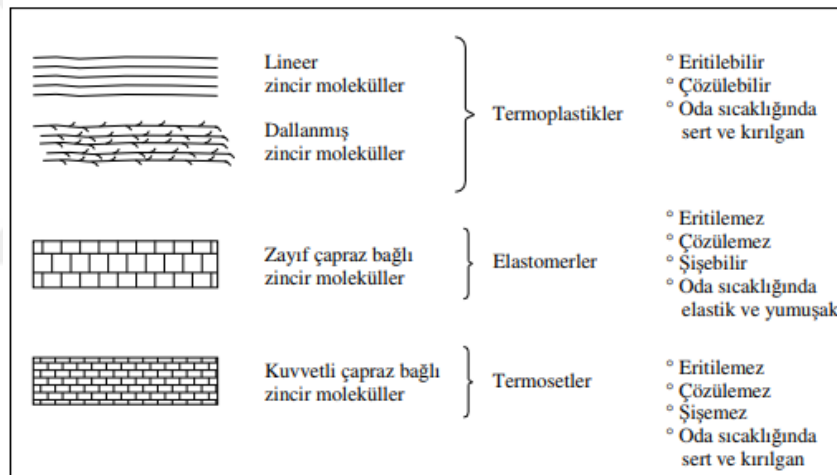
2.2 Plastik Malzemelerin Sınıflandırılması

Plastikler çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Genelde; kimyasal yapılarına göre kabaca “çapraz bağlı” ve “çapraz bağlı olmayan” plastikler diye bir sınıflandırma yapılır. (Şekil 2.1) Termoplastikler çapraz bağlı olmayan,

termosetler ve elastomerler ise çapraz bağlı plastiklerdir. Plastikler lineer veya dallanmış dev moleküllerden oluşurlar. Şekil 2.2' de moleküllerin bağ yapıları gösterilmiştir. [16]



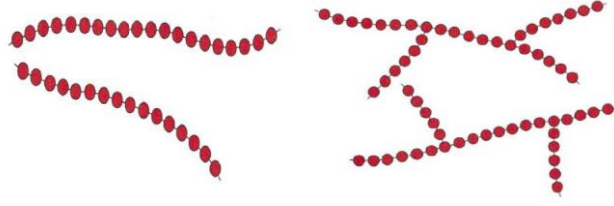
Şekil 2.1 Plastiklerin sınıflandırılması



Şekil 2.2 Plastik moleküllerin diziliş şekli [13]

2.2.1 Termoplastikler

Termoplastikler yüksek sıcaklıklarda kolayca sıvılaşır, düşük sıcaklığa geçince de katılaşmaya başlarlar. Bu olay termoplastikler için tekrar edilebilir bir özelliktir. Sıcak- soğuk geçişi sırasında hiçbir kimyasal değişime uğramazlar. Genel de polimerizasyon adı verilen kimyasal işlemle elde edilirler. Yüksek sıcaklıklarda zincirler arası bağlar zayıflar. Pek çok termoplastik yapıdaki polimerler lineer polimer şeklindedir. Ve bir miktar da dallı yapıdadırlar. [17]

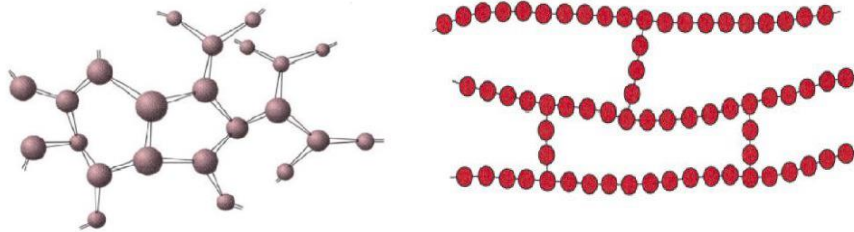


Şekil 2.3 Termoplastik malzemelerin ağ yapısı [17]

Poliethilen (PE), polistiren polypropylene (PP), polivinil klorür (PVC), naylon (poliamide) ve teflon bazı termoplastik malzemelere örnektir. [18]

2.2.2 Termosetler

Isıtıldıkları zaman sürekli bir katılaşma meydana gelir. Bir daha asla tekrar, tekrar ısıtılıp sertleştirilemezler. Genelde polikondenzasyon yöntemi ile üretilirler. Isıtma esnasında kovalent çapraz bağlanma oluşmuştur. Bu tip bağlanma eğme ve dönme hareketlerini engeller. Daha sert ve aynı zamanda gevreklerirler. [17] Epoksi (EP), Fenol (PF), Poliüretan (PUR), polyester bazı termoset malzemelere örnek olarak verilebilir. Termosetlerin çapraz bağlı ağ yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir.



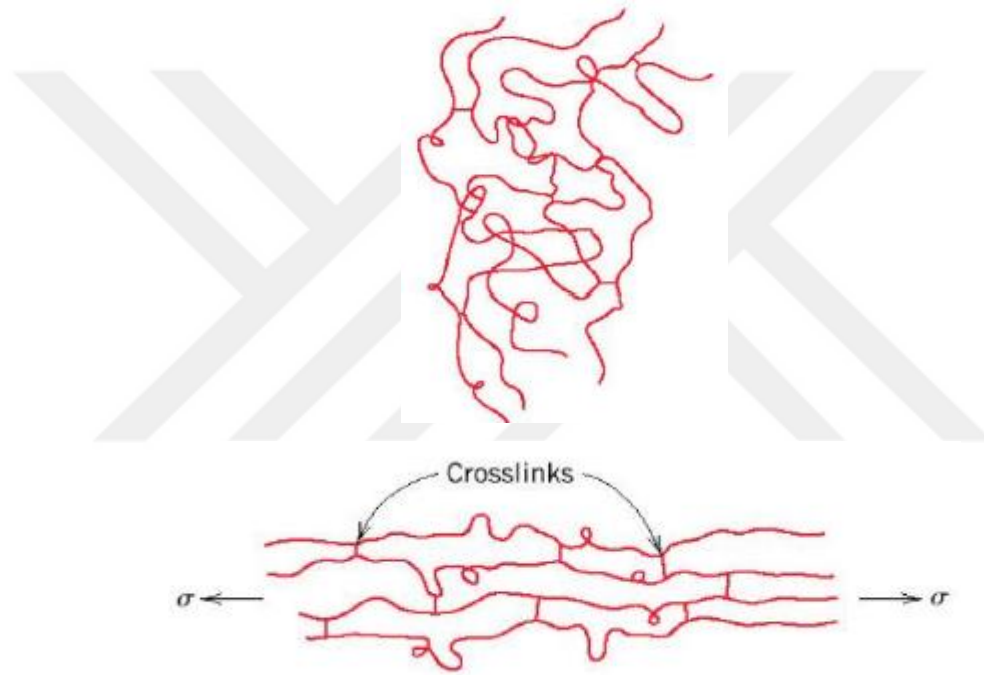
Şekil 2.4 Termoset malzemelerin ağ yapısı [17]

2.2.3 Elastomerler

Kauçuk özelliği gösteren maddelerdir. Farklı kuvvetler altında uzayıp genişleyebilirler. Moleküler kuvvet tatbikinde birbirlerinin üzerinde kayarlar

(deformasyon). Karşıt bağlanma tamamen akışı önler ve gerilme tatbiki ortadan kalkınca tekrar eski haline dönebilirler. Karşıt bağlanmanın olması demek elastomerlerin ergimesinin mümkün olmaması demektir. [16]

Elastomerler uzayıp sonra elastik olarak yay gibi gerilerek orijinal uzunluklarına geri dönerler. Bu davranış lastikte çok bariz bir şekilde vardır. Bir polimerin elastomer yapı olması için bazı kriterlerin olması gerekir. Elastomerler kristalleşmeye karşı dirençli amorf yapı gösterirler. Üzerlerinde gerilme olmayan elastomerler sarılı, kıvrılı vaziyette iken, üzerlerine gerilme uygulanmış elastomerler deformasyon esnasında uzamış vaziyettedirler (Şekil 2.5). [17]



Şekil 2.5 Elastomer malzemelerin ağ yapısı [17]

2.3 Plastik Malzemelerin Talaşlı İşlenebilirliği

Polimerler, mükemmel şekillendirilebilirlik ve kalıplanabilirliğe sahip organik malzemelerdir. Genel olarak plastik ürünler enjeksiyon ile kalıplama, sıkıştırma gibi kalıplama işlemleri ile üretilmektedir. Plastikler uzun zincirli karbon moleküllerine sahip organik malzemelerdir. Plastiklerin termal genişmesi, metallerin on katıdır, dolayısıyla bu durum dikkate alınması gereken

kısıtlamalardan biridir. Ağır stres altında plastik malzemelerde de plastik deformasyon ortaya çıkar.

Yaygın olarak kullanılan işleme yöntemleri tornalama, frezeleme ve delik delme gibi işlemlerdir. Dişliler, kamalar, burçlar bu yöntemler ile işlenebilir. Hassas işleme gereken durumlarda geleneksel olmayan imalat yöntemleri kullanılabilir. Tornalama işleminde kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğünde etkisi fazladır. Bazı polimerlerin mekanik özellikleri (tokluk, sertlik, aşınma direnci ve ısı direnci gibi) metaller gibidir. Böylece bu tip polimerler metallerin yerini alabilir. Ayrıca plastik ürünlerin fiyatı ve ağırlığı metalik ürünlere kıyasla daha azdır. [18]

Tornalama işlemi plastiklerin işlenmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerdendir. Plastiklerin daha iyi yüzey kalitesi ile işlenebilmesi için karbür veya elmas kesici uçlar tercih edilir. Yüzey kalitesi kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinden etkilenir. Örneğin yüzey kalitesi ile ilgili yapılan araştırmalarda, polimetil metakrilat malzemesi için yüzey pürüzlülüğünün ilerleme oranının azalması ile azaldığı görülmüştür. [18]

Tornalama işlemi sonrasında birçok problem ile karşılaşılabilir. Bunlardan biri sürekli talaş oluşumuna bağlı olarak meydana gelebilecek kazalar ve kesici ucun kırılmasıdır. Bu problemleri yaşamamak adına kesme parametrelerinin uygun seçilmesi kritiktir. Kesme işlemi sırasında kesme kuvvenin miktarını ölçebilmek önemlidir. Uygun kesme parametreleri ile işlenen parçanın içinde meydana gelen gerilmeler minimum seviyede tutulabilir. [9] Plastiklerin talaşlı işlenmesinin;

Avantajları;

- Kalıp maliyeti gerekmez.
- Teslim süreleri daha kısa olan parçalar üretilebilir.
- Daha ekonomiktir.
- Plastikleri işlemek için gerekli kuvvetler düşüktür.
- Oluşan talaşların geri dönüşümü mümkündür.

Dezavantajları;

- Daha sert plastik malzemeler için işleme yeteneği sınırlıdır.

- Yüksek hurda maliyeti oluşabilir.
- Plastik malzemeler, işleme prosesinde oluşan ısıyı ortadan kaldırmaz.
- Toz üreten kompozit plastikler etkili bir toz toplama sistemi gerektirir.

Polimer malzemelerin talaşlı işlenmesi proses parametrelerinden etkilenmektedir. Örneğin, takım malzemesi, talaş açısı, kesme kenarı yarıçapı, kesme derinliği, kesme hızı bu parametrelerdendir. Talaş açısını arttırmak ve kesme derinliğini azaltmak malzemedeki deformasyon oranını azaltır. Kesme hızındaki artış birbirine zıt iki farklı etki yaratır. Bunlardan birincisi malzemenin yüksek bir gerilme oranına maruz kalarak kırılma eğilimi sergilemesi, ikincisi de hız artışına bağlı olarak deformasyon bölgesindeki ısı oluşumunun artması ile sünekliğin artmasıdır. Polimerin moleküler ağırlığı ve cam geçiş sıcaklığı, bu etkilerden hangisinin baskın olacağı konusunda belirleyici faktör olacaktır. Kesme parametrelerine göre oluşan talaşın durumu da farklılık göstermektedir. Örneğin kırılma malzemelerde büyük talaş açıları ile talaş kaldırıldığında süreksiz tip talaş elde edilir.

Plastik malzemelerin daha yumuşak olması nedeni ile tutma mastarları ve fikstürleri plastiği tutan alt çene ile birlikte tasarlanmalıdır. [19] Bazı termoset türleri ise cam ya da seramik gibi kırılma eğilimi olan bir yapıya sahiptirler. Kırılma yapıdaki bu malzemelerden problemsiz olarak talaş kaldırılabilmesi için kesme şartlarının iyi tayin edilmesi gerekir. [3]

Kesme işlemi sırasında sıcaklığı azaltmak ve plastik parçanın deformasyonunu önlemek için sürekli talaş oluşumu tercih edilmektedir. Bunu elde edebilmek için kritik talaş açısına ya da daha büyük talaş açısına sahip kesici uçlar kullanılmaktadır. Malzemedeki oluşan ısıyı minimize etmek için uygun kesme derinlikleri ve ilerlemeyi belirlemek gerekmektedir. [3] Termoplastik malzemelerde elde edilen talaşın sürekli olmasını sağlayan bir hava püskürtmesi ile soğutulabilir. Termoset plastikler, bir sıvı soğutma sıvısı kullanılarak soğutulabilir, ancak işlenmiş boyutların değişmediğinden emin olmak için suda şişmeye eğilimli plastikler açısından dikkatli olunmalıdır. [19]

2.3.1 Poliamid Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi

Poliamid yüksek dayanım, sertlik ve boyutsal kararlılık özellikleri ile geleneksel olarak kullanılan metalik malzemelerin bir çoğunun yerini alabilen termoplastik bir polimerdir. Poliamid ince ve düzenli tabakalara sahip olması nedeni ile üstün aşınma direncine sahiptir. Uçaklar, otomobiller ve robotlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Poliamid, özellikle enjeksiyonlu kalıplama parçaları olan dişliler, kamlar ve güçlü rulman uygulamalarında kullanılır. Üretim maliyetleri düşük olduğu için ticari olarak da fayda sağlamaktadır. Poliamidler normal olarak net şekillere yakın üretilir, ancak boyutsal gereklilikleri ve montaj gereksinimlerini karşılamak için işleme son üretim aşamasında gerçekleştirilmelidir. Yapılarının homojen olmaması, belirgin anizotropiklik ve malzeme süreksizliği nedeniyle, poliamidler işleme sırasında büyük zorluklar doğurur. Talaşlı işlenebilme özelliği malzeme karakterine göre değerlendirilmelidir. Talaşlı işlenebilme özelliği kesme kuvveti, takım ömrü, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ile ölçülebilir. Ayrıca işlenebilirlik malzeme özelliklerine ek olarak kesme parametrelerine, takım geometrisine de bağlıdır. [20]

2.3.2 Polietheretherketon (PEEK) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi

Polieteretherketon (PEEK), mükemmel fiziksel özelliklere sahip olan nispeten yeni bir termoplastik malzemedir. Bu özelliklerden dolayı mühendislik uygulamalarında yüksek performansta kullanılır. PEEK malzeme yapısı daha iyi çözünürlüğe, daha yüksek moleküler ağırlığa sahiptir. PEEK, 335°C erime noktasına, 143°C'de bir cam geçişine sahiptir ve kalıcı olarak herhangi bir mekanik özellik kaybı olmadan 250 ° C'ye kadar sürekli olarak kullanılabilir. PEEK, havacılık ve biyomekanik gibi uygulama alanlarında yüksek sıcaklıklarda üstün performansı nedeniyle alüminyum yerine uygulanır. [5]

PEEK malzeme işlenmesinde yüzey kalitesi, metallerin talaşlı işlenmesi ile karşılaştırıldığında çok daha iyidir. [4] Aşınma direnci ve mekanik dayanımı yüksek olduğundan rulman, keçe, dişli uygulamaları gibi alanlarda kullanılır.

2.3.3 Polioksümetilen(POM) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi

Polioksümetilen (POM), termoplastik kristalin polimer bir malzemedir. Kısaca POM “süper çelik” olarak adlandırılır. POM diğer mühendislik plastiklerine göre daha düşük maliyetlidir. POM elektronik, mekanik uygulamalarda, otomobil uygulamalarında, inşaat malzemelerinde yaygın olarak kullanılır. Yaygın olarak kullanılan sıcaklık aralığı - 40 °C ~ 120 °C dir. Ek olarak aşığadaki özelliklere sahiptir.

- Yüksek mekanik dayanım ve sağlamlık;
- Yüksek yorulma dayanımı;
- Çevresel direnç ve organik çözülebilirlik
- Yüksek elektriksel özellikler ve izolasyon
- Boyutsal kararlılık

POM çok esnek elastik bir malzemedir. İşleme sırasında, kesici uca maruz kalan parçalar, malzemenin elastikiyeti ile deforme olur. [21]. POM mükemmel talaşlı işleme özelliğine sahip bir malzeme olduğu için daha çok mekanik parça yapımlarında kullanılmaktadır.

2.3.4 Polietilen (PE-1000) Malzeme Özelliği ve Talaşlı İşlenmesi

Poliethilen (PE-1000) amorf ve kristalin bölgelerden oluşan yarı kristalin bir polimerdir. PE-1000'in yapısı moleküler zincirlerin dizilişine bağlıdır. Büyüklüğü ve moleköl tipi yoğunluk, çekme gerilmesi, esneklik, sertlik, kırılğanlık, uzama miktarı, erime sıcaklığı gibi fiziksel özelliklerini tarifler. Yarı kristalin yapıda olduğu için yapısında kristalin ve amorf dizilimler gözlenir. Camsı geçiş sıcaklığı oldukça düşüktür. Düşük camsı geçiş sıcaklığı ile malzeme yüksek tokluktur. Darbe sönümlene özelliği ve uzama özelliği iyidir. [23]

Sünek bir malzeme olduğu için yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça talaşlı işleme sırasında malzemenin kesi uca yapışma ihtimali yüksektir. Diğer polimer malzemelere göre daha az kesme kuvveti uygulanarak malzemenin talaş kaldırmak mümkündür. Opak, hafif saydam renge yakın bir görüntüye sahiptir. Farklı boyalar ile çeşitli renklerde kullanıma uygun hale getirilebilir.

Talaşlı işleme, malzemede hacimsel olarak değişim ile elde edilen bir üretim yöntemi olup farklı malzemelerde uygulanabilir. Kesici uçlar yardımı ile iş parçasından uzaklaştırılan malzemeye talaş denir. Kesme işlemi takım ve iş parçası konumlarına göre farklı modellerde incelenmektedir. Ortogonal kesme modeli bu yaklaşımlardan biri olup takım ve talaşın birbirine dik olarak konumlandırılması ile oluşur. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun ve ağzının aşınması gibi olayların meydana geldiği bir prosestir. [24]

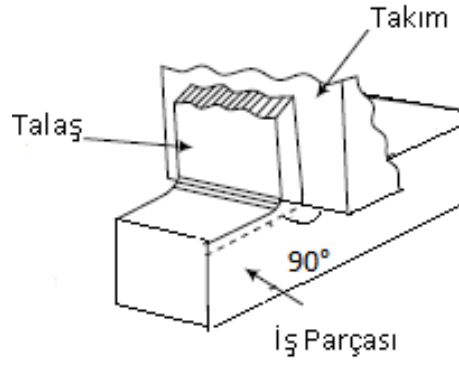
3.1 Talaş Oluşumu ve Talaş Kaldırma Mekanığı

Talaş kaldırma işlemi iş parçasından kesici uç yardımı ile malzeme kaldırma işlemidir. Talaş oluşumunun gerçekleşmesi için üç temel gereksinim vardır.

Bunlar:

- Kesici olarak kullanılan takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması gerekir.
- İş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan aparatın kesici uç geometrisine sahip olması gerekir.
- İş parçası malzemesinin direncini yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya izafi hareketin oluşması gerekir. [25]

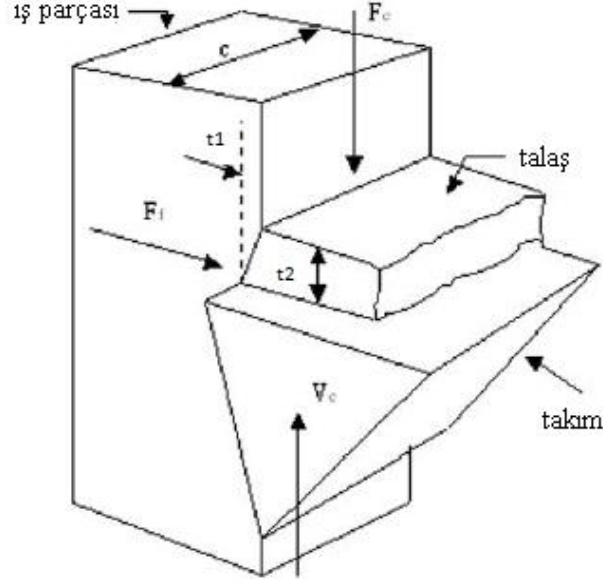
Talaş kaldırma işlemi takım-iş parçası konumuna göre 2 farklı şekilde incelenir. Bunlar ortogonal kesme ve oblig kesmedir. Ortogonal kesmede, kesici kenar kesme yönüne dik olarak konumlandırılmıştır. Kesme modeli Şekil 3.1' de ki gibidir.



Şekil 3.1 Ortogonal talaş kaldırma prensibi [26]

Oblig kesme ise pratikte üç boyutlu talaş kaldırma işlemidir. Oblig kesmede kesici ağız ve kesme hızı vektörü birbirine dik değildir ve aralarında belirli bir açı vardır. Oblig kesme gerçeğe yakın olmasına rağmen, talaş kaldırmayı bu şekilde düşünmek işlemin analizini ve modellenmesini teorik açıdan zorlaştırdığı için talaş kaldırma mekaniğinin tanımlanmasında ortogonal kesme modeli kullanılır. Bu modele göre, iş parçasının kesici takımı zorlaması ve kayma düzleminde kayma gerilmesinin aşılmasıyla talaş oluşumu meydana gelir. [26]

Ortogonal kesme işleminde takımın iki önemli özelliği vardır. Bunlar talaş açısı ve boşluk açısıdır. Talaş açısı (γ) talaşın iş parçasından aktığı yönü belirler. Boşluk açısı takım yüzeyi ile iş parçası yüzeyi arasında küçük boşluk olmasını sağlar. Ortogonal talaş kaldırmada takım-talaş konumu, kesme derinliği, oluşan kuvvetlerin yönü Şekil 3.2' de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Ortogonal talaş kaldırma prensibi [7]

3.2 İşleme Parametreleri

3.2.1 Kesme Hızı

Bir torna Tezgâhında iş parçası devir/dakika cinsinden belirli bir fener mili hızıyla (n) dönmektedir. Bu dönme hızı iş parçasının işlendiği noktada, işlenen çapa bağlı olarak, bir kesme hızının (V_c) tanımlanabilmesine sebep olur. Bu hız talaş kaldırılan çapta kesici kenardan geçen iş parçası çevresinin hızıdır. Gerçek kesme hızının hesaplanması için, işlenen çaptaki iş parçasının çevresi ile fener mili devrinin çarpılması gerekir. Kesme hızı sadece fener mili devri ve/veya işlenen çap değişmediği müddetçe sabittir. [27]

3.2.2 İlerleme Hızı

İlerleme hızı, kesici takımın çeşitli yönlere dakikadaki ilerleme miktarıdır. İlerleme, işlenen iş parçasının yüzey kalitesinin belirlenmesinde ve uygun talaş oluşumunun sağlanmasında önemli bir parametredir. Aynı zamanda talaş kırma işleminin kalitesi üzerinde de etkisi vardır. İlerlemeyi talaş derinliği, iş parçası malzemesinin cinsi, kesme hızı, torna Tezgâhının gücü ve kapasitesi öncelikle etkilemektedir. [27]

3.2.3 Kesme Derinliği

Kesme derinliği, kesici takımın iş parçasına dalma mesafesidir. İş parçasında ilk çap ile son işlenilmiş parça çapı arasındaki farkın yarısıdır. Kesme derinliği her zaman kesici kenara göre değil, takımın ilerleme yönüne dik açı yapacak şekilde ölçülür. [27]

3.3 Takım Geometrisi

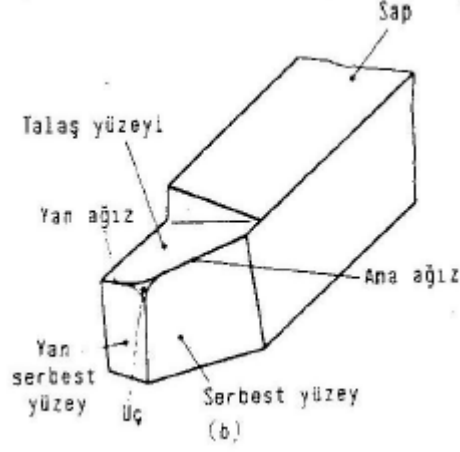
Tornalama işleminde kullanılan kesici takımlar genellikle tek kesen ağızlı takımlardır. Bu takımlara kalem de denilmektedir. Tornalama takımları sap ve kesici kısımlardan oluşmaktadır. Takımın kesici kısmı; serbest yüzeyler, talaş yüzeyi, ana ağız, yan ağız ve uç'tan meydana gelmektedir. [34]

Talaş yüzeyi: iş parçasından kaldırılan talaşın aktığı yüzeydir. Bazı durumlarda talaş yüzeyinin ağıza paralel olan tarafı kırılır. Kırılan yüzeye talaş yüzeyinin eğik kenarı denir. [34]

Serbest yüzeyler: Takımın işlenen yüzeye doğru bakan yüzeyleridir. Bu yüzeylere ana serbest yüzeyi ve yan(yardımcı) serbest yüzeyi denir. Kesici takımın ana ağızı, talaş kaldıran kesme kenarıdır. Bu kenar, ana serbest ve talaş yüzeylerinin kesişmesinden meydana gelir. [34]

Yan ağız: Yan serbest yüzey ile talaş yüzeyinin kesişmesinden oluşan ağızdır. [34]

Uç: Ana ve yan ağızın birleştiği yerdir. Uç belirli bir yarıçapa göre yuvarlatılır [34]. Torna kalemi geometrisi Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

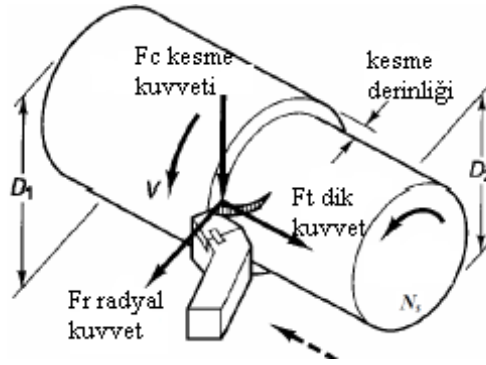


Şekil 3.3 Torna kalemı geometrisi [34]

3.4 Kesme Kuvvetleri

Kesme kuvvetleri talaş kaldırma işlemini gerçekleştirmek için takıma uygulanan hareketler ile, kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı oluşan kuvvetlerdir. Talaş kaldırma anında meydana gelen kesme kuvvetleri, takım ömrünü, ısı oluşumunu, yüzey kalitesini etkilemektedir.

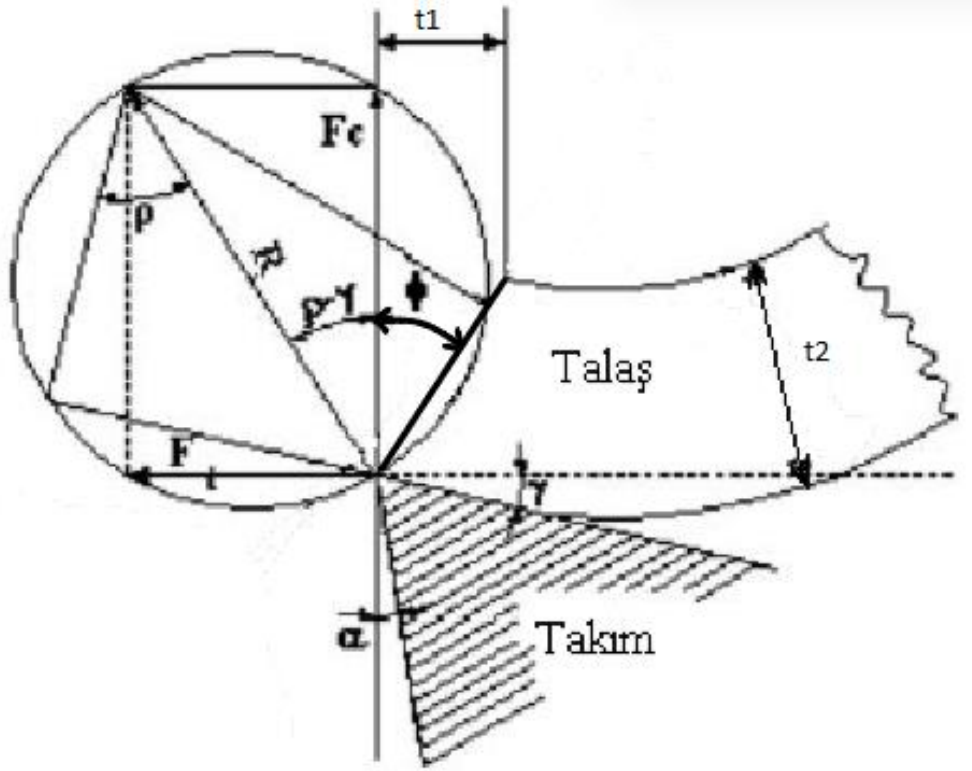
Tornalama da talaş kaldırma sırasında oluşan bileşke talaş kaldırma kuvveti F ; kesme kuvveti F_c , dik kuvvet F_t ve radyal kuvvet F_r olmak üzere üç bileşene ayrılır. Şekil 3.4 tornalamada meydana gelen kuvvetleri göstermektedir.



Şekil 3.4 Tornalama da kesme kuvvetleri [33]

3.5 Ortogonal Kesme Mekaniki ve Merchant Teoremi

Ortogonal kesmenin temelini Merchant denklemleri oluşturmuştur. Ortogonal kesmede, Merchant modeli kesme işlemi sırasında kayma açısını minimize edilmesini temel alır. Merchant Çemberi Şekil 3.5' te görüldüğü gibidir. Bu diyagram ortogonal kesme sırasında kesme kuvvetlerinin analiz edilmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.5 Merchant Çemberi [7]

Talaş kaldırma sırasında takımın kesici kenarı iş parçasına belirli bir dalma derinliğinde konumlandırılmıştır. Bu konumlandırmadan (t_1) deforme olmamış talaş kalınlığı (kesme derinliği) ile talaş kalınlığı (t_2) arasında bir oran meydana gelir. Bu oran talaş kaldırma oranı olarak adlandırılır (R_c). [2, 26]

$$R_c = \frac{t_2}{t_1} \quad (3.1)$$

Bu oran 1'den küçük olmalıdır çünkü kesme sonrası talaş kalınlığı deforme olmamış talaş kalınlığından büyüktür. [30]

Kayma açısı (Φ), talaş kaldırma oranından şöyle bulunur [2, 26, 28, 29]:

$$\Phi = \arctg \frac{\cos \gamma}{R_c - \sin \gamma} \quad (3.2)$$

Kesme kuvveti ve dik kuvvet ile birlikte kayma açısından normal ve kayma gerilmeleri (N/mm^2) elde edilir. c kullanılan malzemelerin et kalınlığıdır. [2, 26, 28, 29]:

$$\tau = \frac{F_c \cos \Phi - F_t \sin \Phi}{c \cdot t_1} \cdot \sin \Phi \quad (3.3)$$

$$\sigma = \frac{F_c \sin \Phi + F_t \cos \Phi}{c \cdot t_1} \cdot \sin \Phi \quad (3.4)$$

Talaş deformasyonu (ϵ) da talaş kaldırma oranından hesaplanır [2, 26, 28, 29]:

$$\epsilon = \frac{1 + R_c^2 - 2R_c \sin \gamma}{R_c \cos \gamma} \quad (3.5)$$

Kayma açısı (Φ), kayma gerilmesinin malzemenin kayma dayanımına eşit olduğu ve deformasyonun meydana geldiği açıdır. [2]

Merchant kayma açısının hesabında sisteme gelen toplam enerjinin deformasyonlarda harcadığı kabul edilmiştir. Bu kabulden;

$$\frac{dw}{dt} = F_c \cdot V_c = a_1 \cdot b_1 \cdot k \cdot \frac{\cos(\rho - \gamma)}{\sin \Phi \cdot \cos(\Phi + \rho - \gamma)} \cdot V_c \quad (3.6)$$

Minimum enerji harcama prensibine göre $\frac{dF_c}{d\Phi} = 0$ olduğu durumda enerji minimuma gitmektedir. Bu durumda; kesme kuvveti formülünün kayma açısına göre türevi alındığında Merchant kayma açısı denklemi Denklem 3.7' deki gibi elde edilir.

Merchant kayma açısı (Φ_m) [2]:

$$\Phi_m = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}(\rho - \gamma) \quad (3.7)$$

Denklem 3.8 talaş açısı (γ) ve sürtünme açısı (ρ) ile kayma açısı arasındaki bağıntıyı açıklamaktadır.

Sürtünme katsayısı ve sürtünme açısı, kesme kuvvetlerinden ve talaş açısından hesaplanabilir [2, 7, 29];

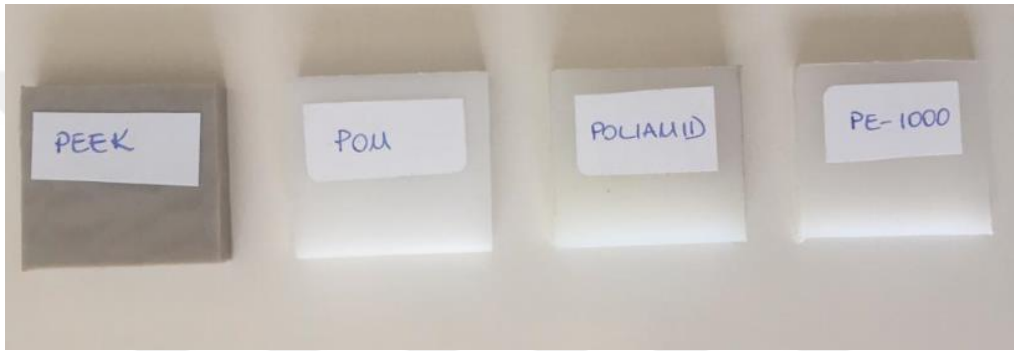
$$\mu = \operatorname{tg} \rho = \frac{F_c \sin \gamma + F_t \cos \gamma}{F_c \cos \gamma - F_t \sin \gamma} \quad (3.8)$$



Deneyel Çalışmalar ve Sonuçları

4.1 İş Parçası Özellikleri

Deneyel çalışmalarda 30x32x4 boyutlarında PEEK, Poliamid, PE-1000 ve POM iş parçası malzemeleri kullanılmıştır. Deneyel çalışmalarda kullanılan plastik malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri Tablo 4.1' de belirtilmiştir.



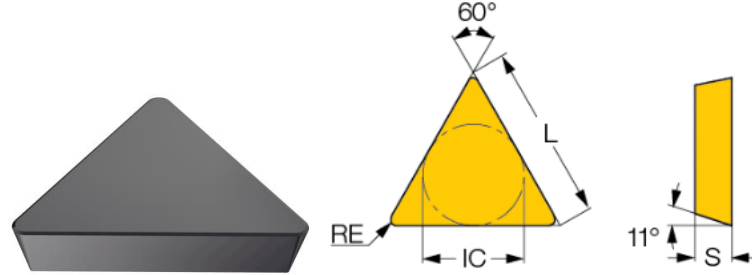
şekil 4.1 Deney numuneleri

Tablo 4.1 POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri [36]

Mekanik ve Fiziksel Özellikler	POM	PEEK	PE-1000	Poliamid	Birim
Elastisite Modülü	2600	4400	680	3500	Mpa
Sertlik	M84	M105	63	M88	Rockwell M
Erime sıcaklığı	165	340	136	220	°C
Yoğunluk	1,41	1,32	0,93	1,15	gr/cm3
Akma Gerilmesi	63	110	20	85	Mpa
Darbe Dayanımı	>150	15	N	N	kJ/m2

4.2 Kesici Takım Özellikleri

Plastik numunelerin işlenmesi için kaplamasız karbür kesici uç kullanılmıştır (TPGN 160308 BS610 HB10). Şekil 4. 2' de kullanılan kaplamasız karbür uca ait geometrik ölçüler verilmiştir.



Şekil 0.2 Deneylerde kullanılan kaplamasız karbür kesici uç ve geometrisi [35]

Tablo 4.2 Kesici uç boyutları

L (mm)	IC (mm)	S (mm)	RE (mm)
16.5	9.52	3.18	0.8

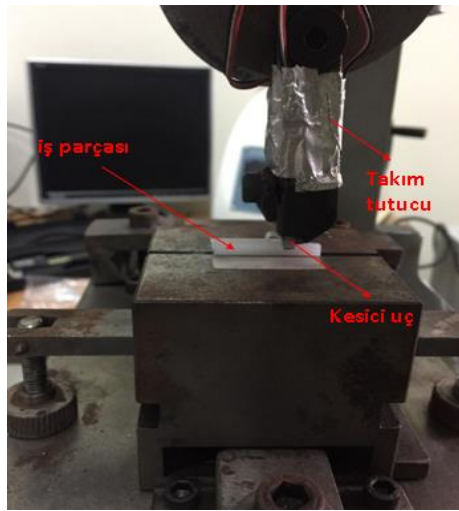
4.3 Tezgâh Özellikleri

Talaş kaldırma deneylerinde Şekil 4.3' te görülen planyalama esaslı bilgisayar kontrollü bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz ani duruşlu ortogonal talaş kaldırma sağlamaktadır. Genel anlamda ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihazlar, talaşın oluşmaya başladığı an ile iş parçasından koptuğu an arasındaki kısa zaman aralığında talaş kaldırma işlemini durdurarak talaş oluşum numunelerinin elde edilmesini sağlayan mekanizmalardır. Kullanılan ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazı ile kuvvet ölçümü yapabilmekte, ani duruş için gerekli tabla hareket mesafesi ve kesme hızı bilgisayar kontrolüyle gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.3 Deneylerde kullanılan bilgisayar kontrollü ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz

Talaş kaldırılacak parçalar tezgâha sabitlenmiş mengene çeneleri arasına sıkıştırıldıktan sonra ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran test cihazında istenilen kesme derinliğini verebilmek için Mitutoyo 543-450 B dijital komperatör ve manyetik ayağı kullanılmıştır. Şekil 4.4'te iş parçasının sabitlenmesi ve kesici takım ile konumu gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Kesici uç-iş parçası ve takım

Talaş kaldırma işlemlerinde kuvvet ölçümlerinin yapılabilmesi için, çeyrek Wheatsone köprüsüne bağlantılı, katerin dört tarafına yapıştırılmış tek eksenli 4 adet gerinim ölçer ve indikatör olarak 4 kanal girişli eDAQ-lite kullanılmıştır. İndikatörden verileri almak, kanal ayarlarını yapmak ve gerinim ölçerleri tanımlamak için CE eDAQ V3.86a programı kullanılmıştır. Ayrıca *.sif formatındaki dosyaları okuyabilen InField 1.6.2 programı da kullanılmıştır.

Deneyler sabit kesme derinliğinde farklı kesme hızlarında yapılmıştır. Kesme parametreleri Tablo 4. 3'te belirtilmiştir.

Tablo 4.3 Kesme Parametreleri

Test	V (mm/dk)	t ₁ (mm)
1	50	0,5
2	100	0,5
3	150	0,5

4.4 Numune Hazırlama

Metalografi malzemelerin içyapısını inceleyen bilim dalı ya da malzemenin içyapısını inceleme yollarını gösterme, değerlendirme ve daha ileri neler yapılabileceğini söyleme bilimi olarak tariflenmektedir.

Deneyde kullanılan plastik malzemelerin kesme bölgesinde oluşan iç yapılarını incelemek için numunelerin kesme bölgelerini kapsayacak şekilde parçalar alınıp kalıplama tekniği ile inceleme yapılacak hale getirilmiştir.

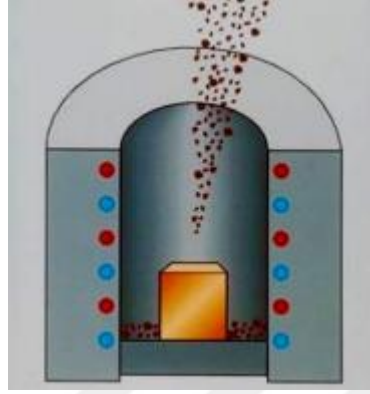
Testere yardımı ile plastik numuneler küçültülerek kalıplanmak için hazırlanmıştır.

4.4.1 Kalıplama

İki şekilde numune kalıplanabilir;

1. Sıcak ve basınç altında kalıplama (bakalite alma)
2. Soğuk kalıplama

Sıcak ve basınç altında kalıplamada toz halinde polimerik esaslı malzeme kullanılır. Numune yüzeyi Şekil 4.5’de görüldüğü gibi kalıp yüzeyi ile temas edecek şekilde yerleştirilir ve üzerine polimerik toz dökülür. Kalıbın ağzı kapatılır ve basınç uygulanarak (17-28 MPa) 150-160°C’de pişirilir. [30]



Şekil 4.5 Sıcak kalıplama [30]

Kalıplama parametreleri olan sıcaklık, basınç ve süre seçilen polimerik malzemeye göre değişir. Soğuk kalıplamaya göre elde edilen kalıbın sertliği ve kalitesi daha iyidir. Soğuk kalıplama; basınç altında ve sıcak kalıplama sıcaklıklarında özellikleri değişebilen malzemelere uygulanan ve seri numune hazırlanmasına imkan veren bir yöntemdir. Her şekilde kalıp hazırlanabilir ve bir defada çok sayıda numune hazırlamak mümkündür. Ancak kullanılan reçineler sıcak kalıplamadakilerden daha pahalıdır. Soğuk kalıplamada iki sıvı ya da bir sıvı ve bir tozdan oluşan karışım kullanılır. Bunlardan bir tanesi reçine diğeri ise sertleştiricidir. Reçine ve sertleştirici uygun oranlarda karıştırılmalıdır. Aksi takdirde kalıp sertleşmez. Kullanılan reçineler: epoxy, polyester ve acrylic’dir. Katılaşma süresi dakikalardan saatlere kadar ulaşabilir. Acrylicte katılaşma süresi 10 dakika iken epoksidede 4-6 saattir. [30]

Deneylerde polyester reçine kullanılmıştır. Reçineye %2 oranında sertleştirici ilave edilerek karışım yapılmıştır.

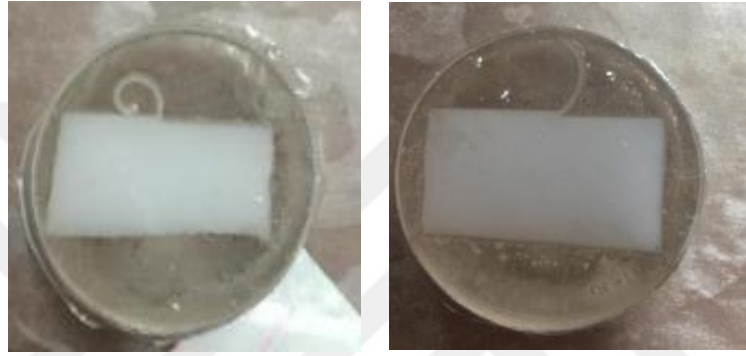
Deneylerde PEEK, POM, PE-1000 ve Poliamid malzemelerin kalıplanmış halleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’deki gibidir.



(a)

(b)

Şekil 4.6 Kalıplanmış a) PEEK numunesi b) Poliamid numunesi



(a)

(b)

Şekil 4.7 Kalıplanmış a) POM numunesi b) PE-1000 numunesi

4.4.2 Zımparalama

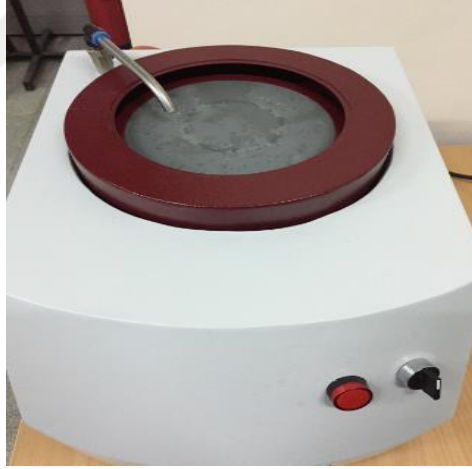
Numune alınan parçanın yüzeyinde kesici aletin izleri bulunabilir. Ayrıca kesme esnasında numunenin yüzeyi bir miktar deforme olur. Numune parçadan kesici aletin yüzeyde bıraktığı deforme olmuş tabakayı kaldırmak gerekir. Bu nedenle numuneler kesildikten ve kalıba alındıktan sonra, mikroskopik inceleme için zımparalama ve parlatma işlemine tabi tutulur. Zımparalama ve parlatma işleminin temel amacı, yüzey pürüzlülüğünü azaltmak suretiyle, ışığı iyi yansıtan bir yüzey elde etmektir. [30]

Zımpara kağıtlarının numaralandırılma şekli birim alandaki aşındırıcı partikül sayısıdır. Partikül boyutu küçüldükçe birim alandaki partikül sayısı artar ve zımpara numarası yükselir. Tablo 4.4' te tanecik boyutuna göre zımpara numaraları verilmiştir.

Tablo 4.4 Zımpara tanecik boyutları [30]

Zımpara tane numarası	Mikron olarak tane boyutu
80	210-177
150	105-88
180	88-74
240	53-45
320	37-31
400	31-27
600	22-18
800	15-11
1200	6,5-2,5

150 numaralı zımparalamaya kadar yapılan işlem kaba zımparalama, daha ince zımparalarla yapılan işlemler ince zımparalama adını alır. Zımparalama işlemine testere ile kesimden sonra 80, aşındırıcı disk ile 180, tel erozyon ve düşük hızda elmas ile 320 ya da 400 gritten başlanabilir. Numuneler için Şekil 4.8' deki zımparalama aleti kullanılmıştır. Kaba zımparalamadan inceye doğru işlem yapılmıştır. Zımparalama işlemi sırası ile 180-800-1200'lük zımparalar ile yapılmıştır.



Şekil 4.8 Zımparalama aleti

4.4.3 Parlatma

Zımparalama işleminden sonra zımpara çizgilerini yok ederek düz, mümkün olduğu kadar çizik bulunmayan, iyi yansıtıcı olan bir yüzey elde etmek amacı ile yapılır. Parlatma, zımparalanmış yüzeyin bir döner disk üzerindeki kumaş üzerine uygulanan aşındırıcı partiküller vasıtası ile aşındırılarak yapılır. Sürtünmeyi

azaltmak için yağlayıcı da kullanılır. Aşındırıcı partikül boyutuna göre iki gruba ayrılır;

- Kaba parlatma; aşındırıcı partikül boyutu 15-3 mikron ve
- İnce parlatma; aşındırıcı partikül boyutu 1 mikron ve aşağısı

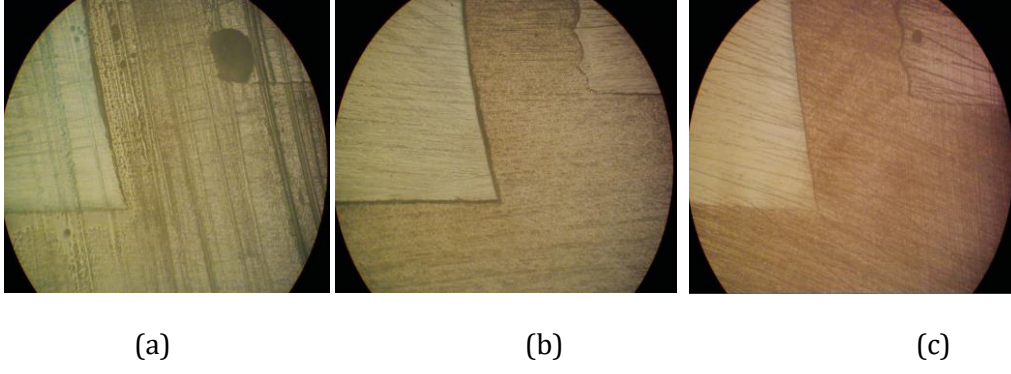
Kullanılan aşındırıcılar; alümina (Al_2O_3) ve elmas, daha az olarak krom oksit (Cr_2O_3), magnezyum oksit (MgO), demir oksit (Fe_2O_3), seryum oksit (CeO) ile yumuşak malzemelerin son parlatma kademesine koloidal silika (SiO_2) önemli yer tutar.

Aşındırıcılar, genellikle kadife kumaş ya da özel parlatma kumaş üzerine tatbik edilir. Parlatma sırasında numune ile aşındırıcı (kumaş) arasında sürtünmeden ileri gelebilecek ısınmayı engellemek için su, yağ gibi yağlayıcılar kullanılır. Kaba parlatma kademesinde yüksek kesme hızı, maksimum aşındırıcı teması ve düşük rölyef için çadır bezi, naylon ve ipek gibi tüysüz ya da kısa tüylü kumaşlar tercih edilir. İnce parlatma kademesinde keçe, kadife gibi tüylü kumaşlar tercih edilir (kısa, orta ya da uzun olabilir, farklı sertlikte fazlar içeriyor ise kısa tüylü kumaşlar tercih edilir). Parlatma işleminde numune, tavsiye edilen kumaşlarla kaplı parlatma diske tutulur ve zaman zaman alümina solüsyonu veya diğerleri parlatma kumaşına tatbik edilir. [30]

Numune diskin dönme yönüne ters yönde hareket edecek şekilde konumlandırılmalı ve diskin merkezinden dışa doğru ileri-geri gezdirilmelidir. Çalışmadaki parlatma işleminde kadife çuhaya elmas tozu eklenmiştir.

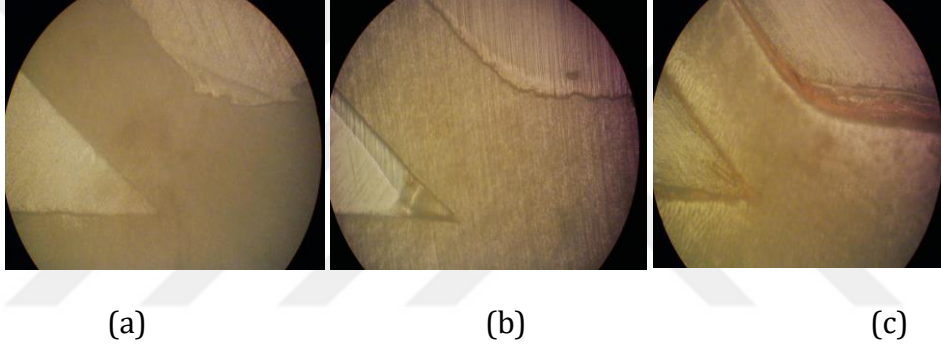
4.5 Deney Numunelerinin Mikroskop Görüntülerinin İncelenmesi

Ani durdurmalı tezgâhta yapılan talaş kaldırma prosesinden sonra yüzey hazırlıkları yapılan parçaların mikroskop görüntüleri Şekil 4.9-10-11-12' de verilmiştir. POM numunelerinin farklı kesme hızlarında deformasyon bölgeleri Şekil 4.9' daki gibidir.



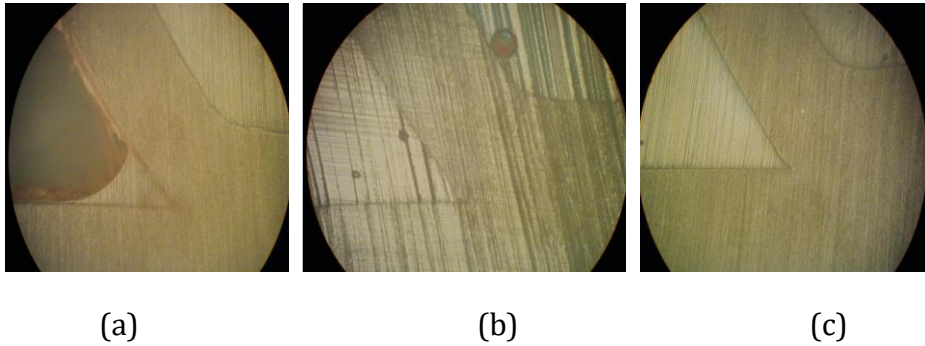
Şekil 4.9 POM a) $V=50$ mm/dk b) $V=100$ mm/dk c) $V=150$ mm/dk

PE-1000 numunelerinin farklı kesme hızlarında deformasyon bölgeleri Şekil 4.10'deki gibidir.



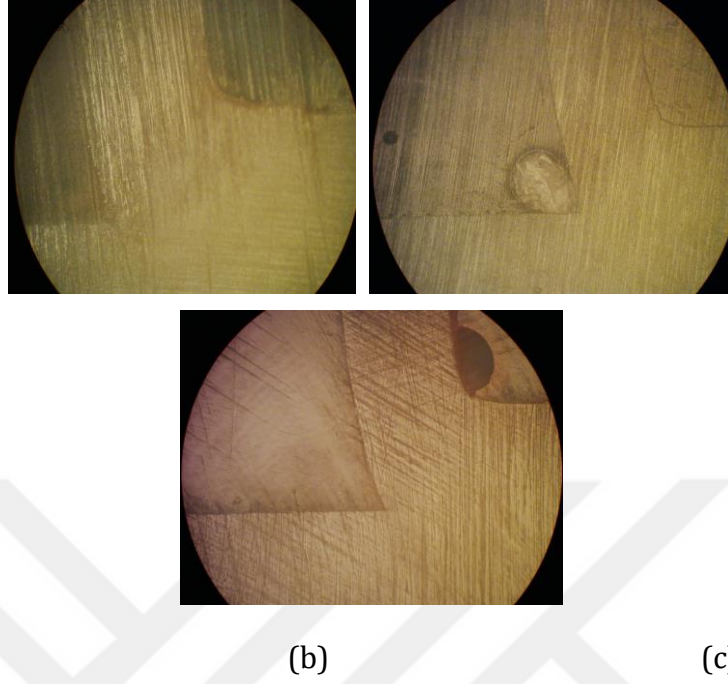
Şekil 4.10 PE-1000 a) $V=50$ mm/dk b) $V=100$ mm/dk c) $V=150$ mm/dk

Poliamid numunelerinin farklı kesme hızlarında deformasyon bölgeleri Şekil 4.11'deki gibidir.



Şekil 4.11 Poliamid a) $V=50$ mm/dk b) $V=100$ mm/dk c) $V=150$ mm/dk

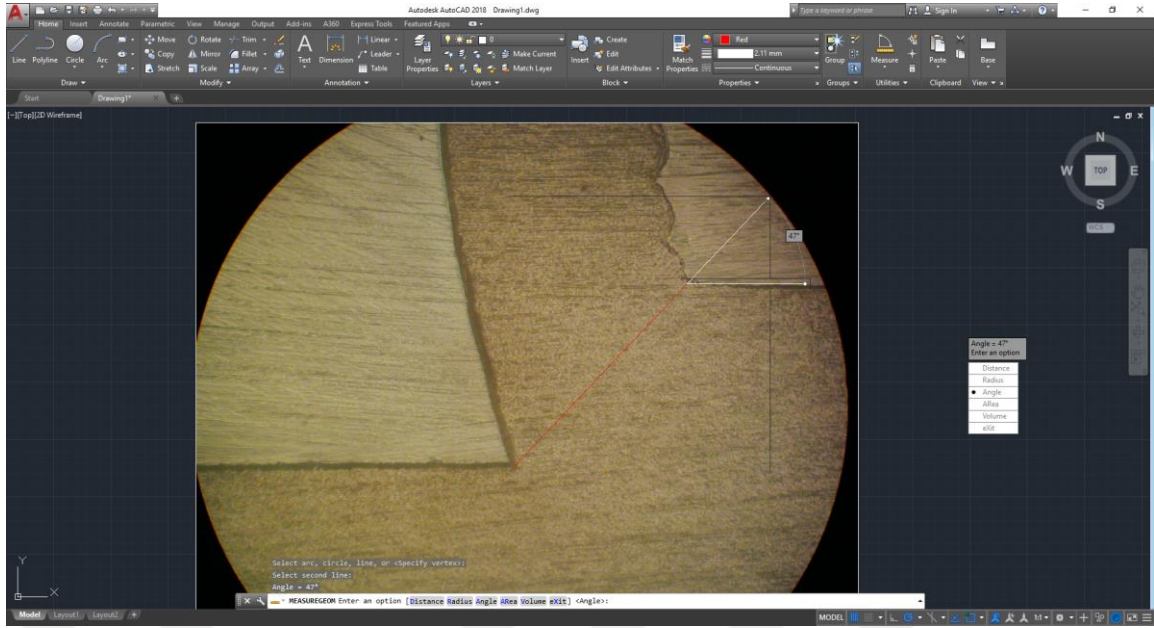
PEEK numunelerinin farklı kesme hızlarında deformasyon bölgeleri Şekil 4.12'deki gibidir.



Şekil 4.12 PEEK a) $V=50$ mm/dk b) $V=100$ mm/dk c) $V=150$ mm/dk

Elde edilen numunelerinin deformasyon bölgelerinde oluşan kayma açıları değerleri ölçülmüştür.

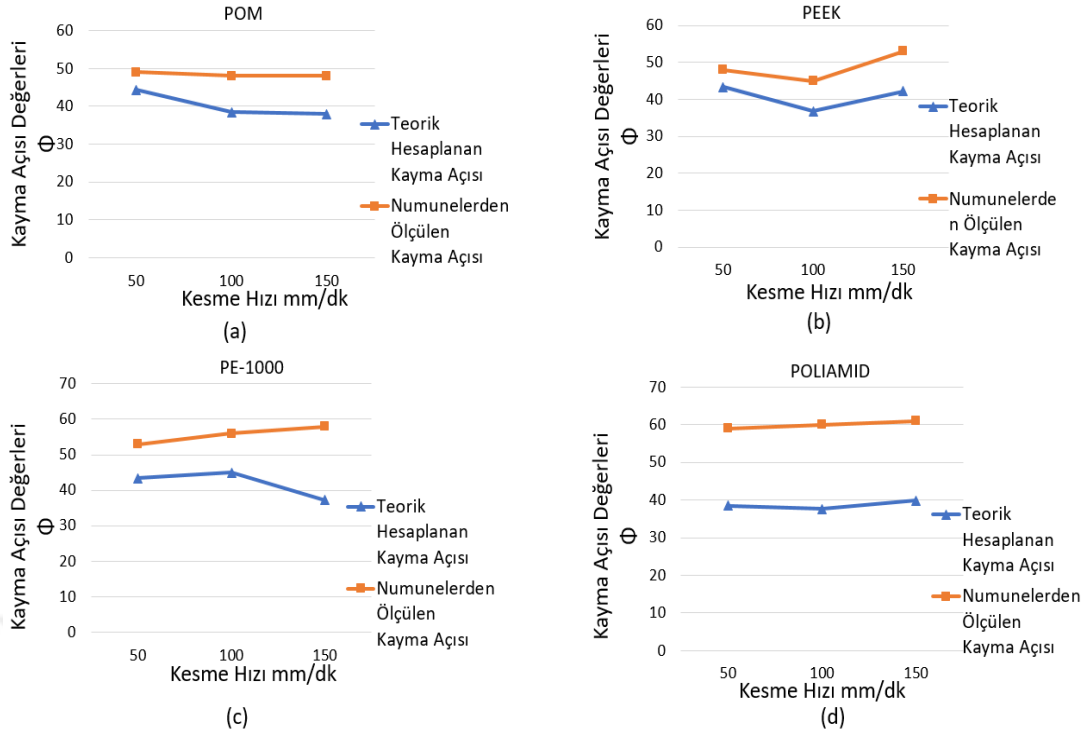
Numuneler üzerindeki kayma açıları mikroskop görüntülerinden alınan fotoğraflar ile AutCad 2018 programı kullanılarak ölçülmüştür. Temsili olarak Şekil 4.13' de bir numuneye ait görüntü verilmiştir.



Şekil 4.13 AutoCad ile kayma açıları tayini

4.6 Deney Sonuçları

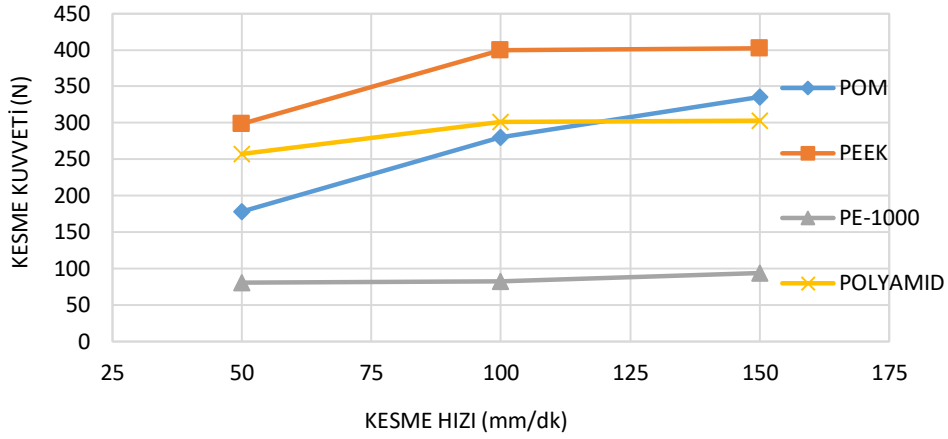
Deney sonuçlarında formüllerden elde edilen kayma açıları ile numunelerden deneysel olarak ölçülen kayma açılarının etkilerini karşılaştırmalı olarak incelenecektir. Teorik hesaplamalardan ve numunelerden elde edilen kayma açılarının karşılaştırması Şekil 4.14' deki gibidir.



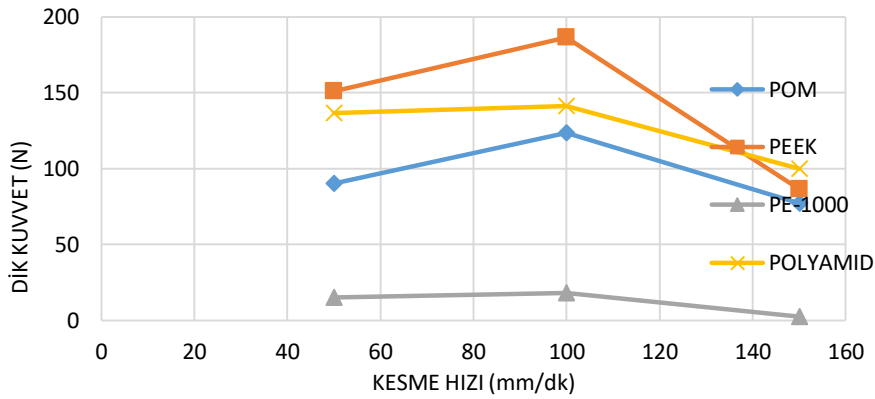
Şekil 4.14 Teorik hesaplamalardan ve numunelerden ölçülen kayma açıları

POM, PEEK, Poliamid numunelerin kayma açıları deneysel ve teorik olarak benzer eğilmeler göstermektedir. PE-1000 numuneleri 150 mm/dk hızda teorik hesaplamalardan farklı olarak azalma eğilimi göstermiştir.

İlk olarak kesme kuvveti F_c ve dik kuvvet F_t ölçülmüştür. Kesme kuvvetinin en fazla PEEK malzemeden talaş kaldırılırken olduğu görülmüştür. Dik kuvvetler kıyaslandığında yine en yüksek değer PEEK malzemesinin talaş kaldırılmasındadır. Şekil 4.15' de kesme kuvveti ve dik kuvvetinin farklı kademelerdeki hızlarda gerçekleşen değerlerinin değişimlerini göstermektedir.



a

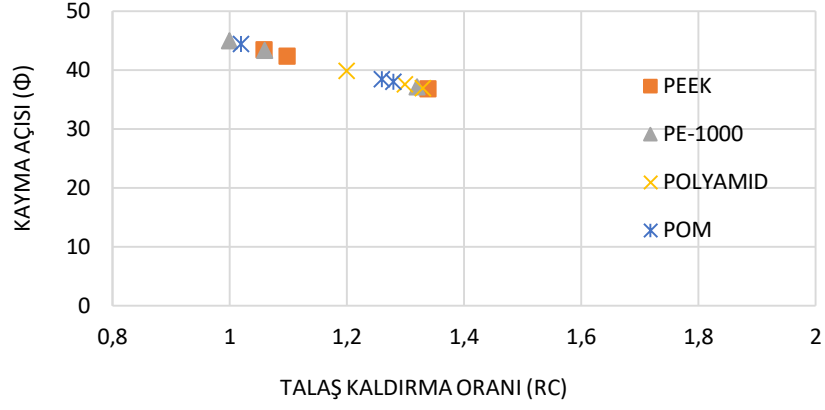


b

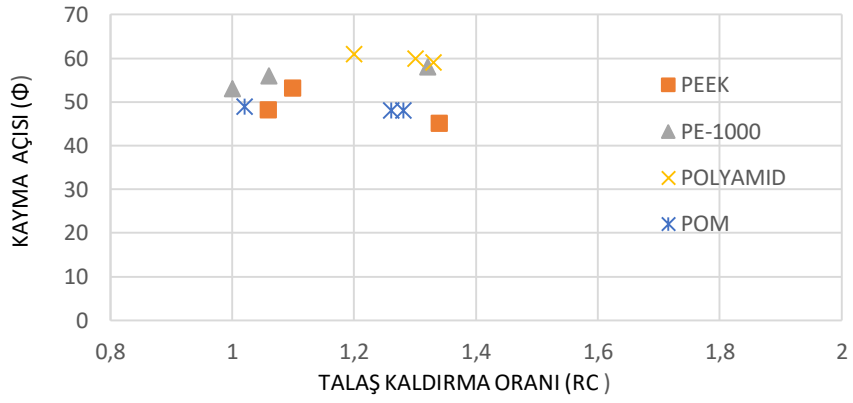
Şekil 4.15 Kesme hızı ile a) kesme kuvvetlerinin b) dik kuvvetin değişimi

POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid malzemeler için kesme kuvvetleri, kesme hızı artışı ile birlikte artış göstermektedir. Dik kuvvetler incelendiğinde 100 mm/dk'lık hızdan sonra kuvvetlerde azalma meydana gelmiştir.

Kesme derinliği e ve kesme işleminden sonraki talaş kalınlığı e' değerlerinden Denklem 3.1 ile talaş kaldırma oranı R_c hesaplanmıştır. Şekil 4.16-a'da, teorik hesaplanan kayma açısı ile talaş kaldırma oranının arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekil 4.16-b' de deney sonucu numunelerden ölçülen kayma açısı ile talaş kaldırma oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



(a)



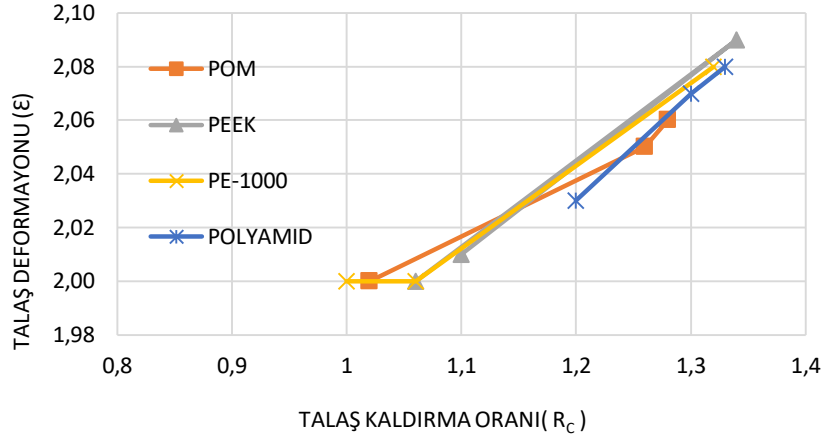
(b)

Şekil 4.16 a) Teorik hesaplanan kayma açısı ile talaş kaldırma oranının arasındaki ilişki b) deney sonucu numunelerden ölçülen kayma açısı ile talaş kaldırma oranı arasındaki ilişki

Şekil 4.16-a' da teorik kayma açısı, talaş kaldırma oranının artması ile azalır. Şekil 4.16-b 'de teorik sonuçlarda olduğu gibi lineer bir azalma olmayıp belirli bir değerden sonra kayma açısının talaş kaldırma oranı ile azaldığı görülmektedir. Talaş kaldırma oranı ve kayma açısı kayma bölgesindeki deformasyonun bir göstergesidir. Küçük kayma açısında birinci deformasyon bölgesi büyümektedir.

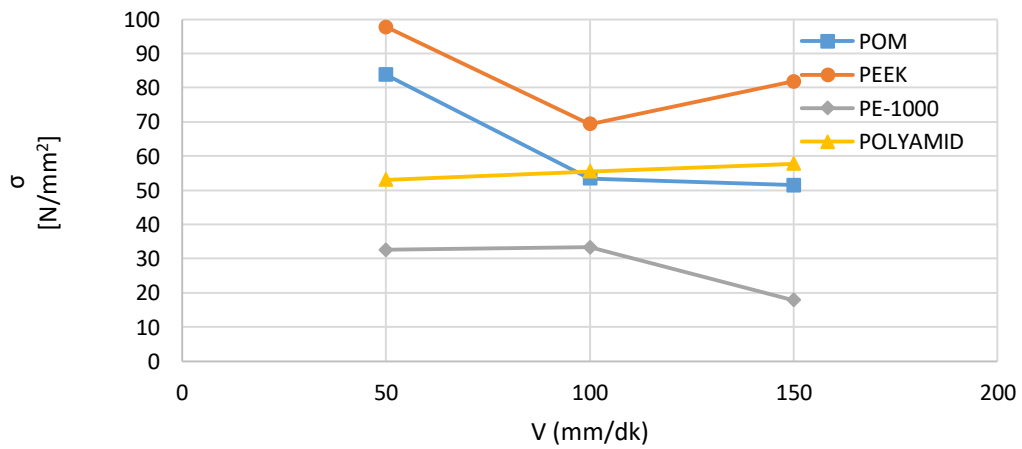
Şekil 4.17, talaş kaldırma oranı R_c ' nin talaş deformasyonu ϵ üzerindeki etkisini göstermektedir. Burada talaş deformasyonu ve talaş kaldırma oranı kayma

açısının fonksiyonu olmadığı için tek sonuç elde edilmiştir. Deneyleerde kullanılan her plastik malzeme için R_c değeri artarken talaş deformasyonunun da arttığı görülmektedir.

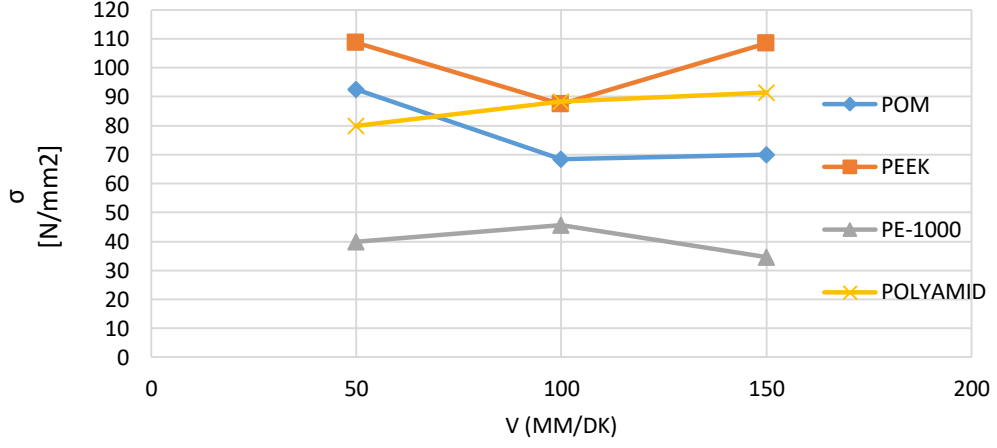


Şekil 4.17 Deneyleerde kullanılan plastik malzemeler için talaş kaldırma oranı ve talaş deformasyonu ilişkisi

Şekil 4.18-a-b, deneyleerde kullanılan plastik malzemelerin farklı kesme hızlarındaki normal gerilme değerlerini göstermektedir. Normal gerilme, teorik kayma açısı ve deney numunelerinden ölçülen kayma açısının değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil 4.18-a teorik kayma açısı ile hesaplanan normal gerilme değerlerini göstermektedir. Şekil 4.18-b numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplanan normal gerilme değerlerini göstermektedir.



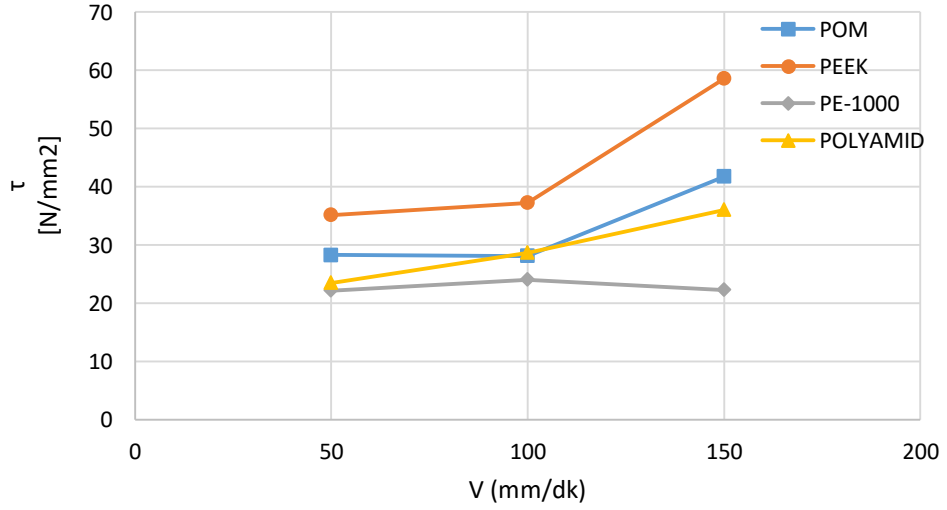
(a)



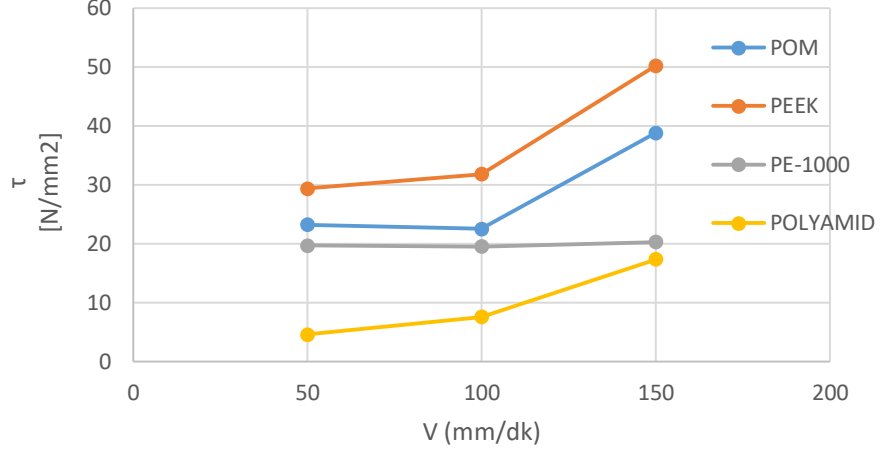
(b)

Şekil 4.18 a) Teorik kayma açısı ile hesaplanan normal gerilme değerleri b) numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplanan normal gerilme değerleri

Şekil 4.19-a-b kayma gerilmesinin teorik ve numunelerden elde edilen kayma açıları ile hesaplanan değerleri göstermektedir.



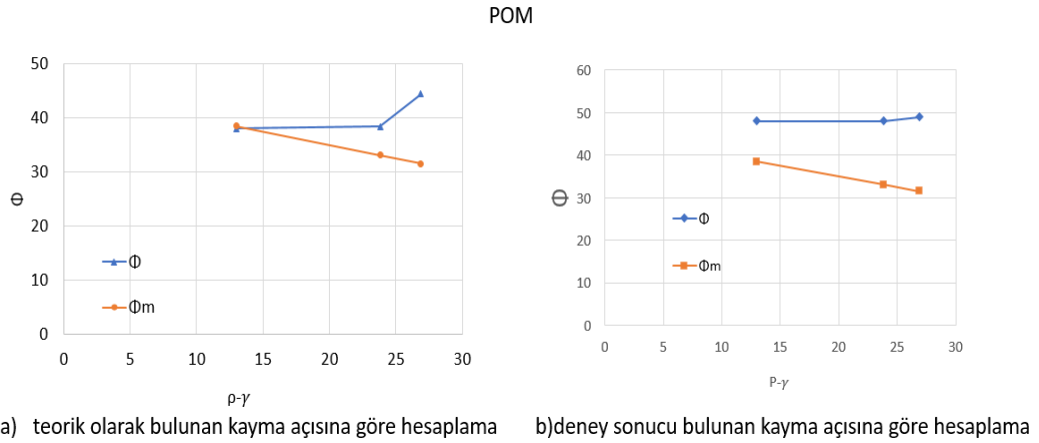
(a)



(b)

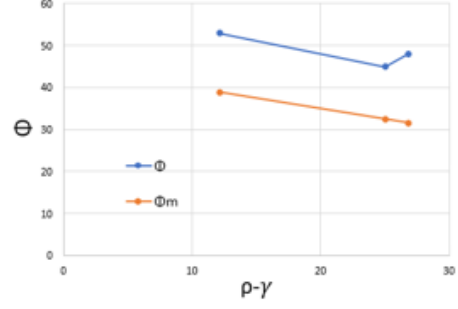
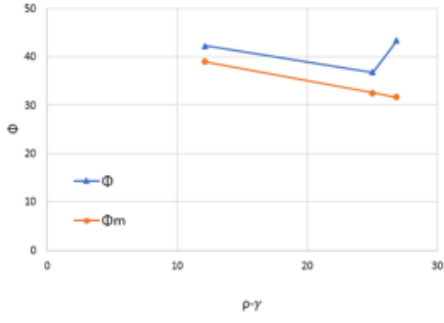
Şekil 4.19 a) Teorik kayma açısı ile hesaplanan kayma gerilmesi b) numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplanan kayma gerilmesi

Genel olarak bakıldığında normal gerilme (σ) değerlerinin kayma gerilmesi (τ) değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Teorik ve numunelerden ölçülen kayma açısına göre hesaplan normal ve kayma gerilmelerinin benzer eğilimler gösterdiği görülmüştür. Şekil 4.20-21-22-23' de, POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid malzemeleri için teorik hesaplanan ve numunelerden ölçülen kayma açılarının Merchant kayma açıları ile karşılaştırması verilmiştir.



Şekil 4.20 a) POM için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması

PEEK

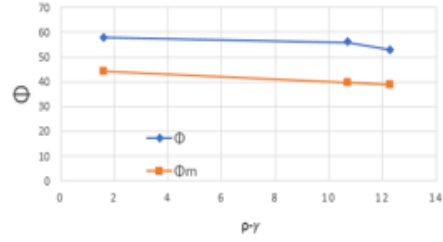
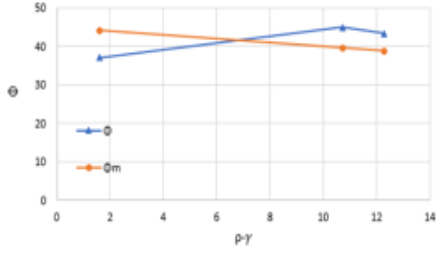


a) teorik olarak bulunan kayma açısına göre hesaplama

b) deney sonucu bulunan kayma açısına göre hesaplama

Şekil 4.21 a) PEEK için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması

PE-1000

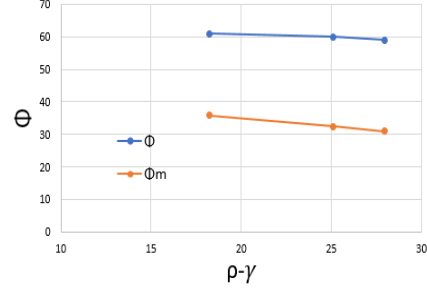
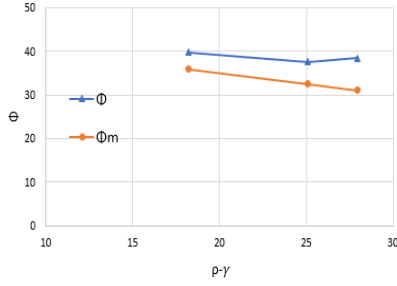


a) teorik olarak bulunan kayma açısına göre hesaplama

b) deney sonucu bulunan kayma açısına göre hesaplama

Şekil 4.22 a) PE-1000 için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması

POLIAMID



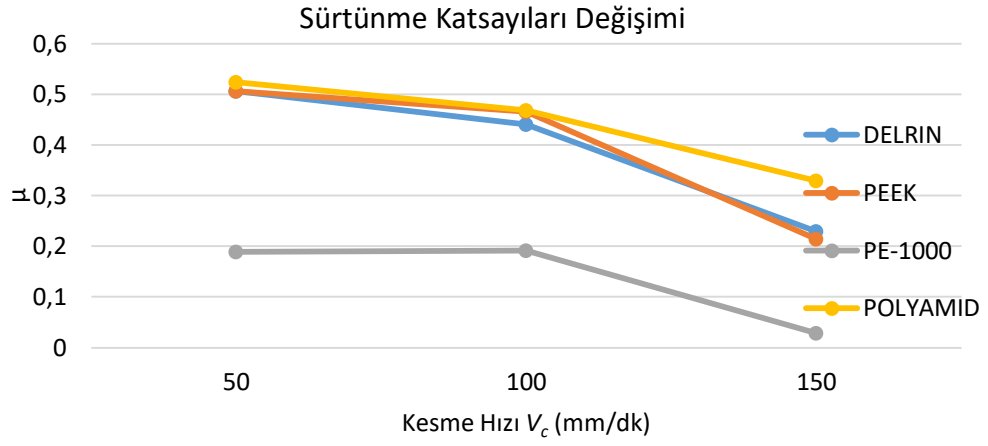
a) teorik olarak bulunan kayma açısına göre hesaplama

b) deney sonucu bulunan kayma açısına göre hesaplama

Şekil 4.23 a) Poliamid için teorik kayma açısı (Φ) ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması b) numunelerden ölçülen kayma açısı ve Merchant eşitliğinden bulunan kayma açıları kıyaslaması

Şekil 4.20-21-22-23' de görüldüğü gibi hem teorik hem de deney numunelerinden ölçülen kayma açısı değerleri Merchant kayma açıları ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar yakın değerler vermektedir. POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid yarı kristalin esaslı termoplastik malzemelerin talaş kaldırılmasında, metal malzemelerin talaş kaldırılması için oluşturulan Merchant modelinin geçerli olabileceği ve termoplastik malzemelerin talaş kaldırılmasında bu modelin kullanılabilmesi görülmektedir.

Sürtünme katsayılarının farklı kesme hızlarındaki karşılaştırılması Şekil 4.24'teki gibidir.



Şekil 4.24 Malzeme özelinde farklı kesme hızlarındaki sürtünme katsayıları değişimi

Kesme hızı ile birlikte sürtünme katsayılarında azalma meydana gelmektedir.

Bu çalışma POM, PEEK, PE-1000 ve POLIAMID malzemelerin ani duruşlu ortogonal talaş kaldıran cihaz kullanarak talaş kaldırılmasında kesme kuvvetleri, kayma açıları, talaş kaldırma oranları, talaş deformasyonları, talaş kaldırmanın birinci deformasyon bölgesindeki normal ve kayma gerilmeleri farklı kesme hızlarında deneysel olarak incelenmiştir. Kayma açısının etki ettiği noktalarda teorik hesaplanan kayma açısı değerleri ile numunelerden ölçülen kayma açısı değerlerinin sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

- POM, PEEK, PE-1000 ve Poliamid yarı kristalin esaslı termoplastik malzemelerden talaş kaldırılmasında, metal malzemelerin talaş kaldırılması için oluşturulan Merchant modelinin geçerli olabileceği görülmüştür.
- Teorik olarak hesaplanan kayma açısı ile talaş kaldırma oranı arasında lineer bir ilişki ortaya çıkmıştır. Talaş kaldırma oranının azalması ile kayma açısı düzenli olarak azalmaktadır. Fakat numuneler üzerinden ölçülen kayma açısı değerleri ile talaş kaldırma oranı incelendiğinde, talaş kaldırma oranının artması ile kayma açısı lineer bir özellik göstermemektedir.
- Yarı kristalin esaslı termoplastik malzemeler talaş kaldırıldığında, kesme hızı ve kesme kuvveti arasında metal malzemelerinkinden farklı bir durum söz konusudur. Deney Sonuçları incelendiğinde kesme kuvveti kesme hızının artması ile birlikte artış gösterdiği görülmüştür.
- Ortogonal talaş kaldırma esnasında polimer malzemelerde de metallerde olduğu gibi normal gerilme değeri kayma gerilmesi değerinden daha büyüktür.
- POM, PEEK, Poliamid numunelerinin kayma açısı değerleri teorik olarak hesaplanan ve numunelerden ölçülen değerler olarak karşılaştırıldıklarında benzer eğilim göstermektedirler. Sadece PE-1000 numunelerinden ölçülen kayma açısı 150 mm/dk hızda teorik hesaplanan kayma açısından farklı olarak azalma eğilimi göstermiştir.

- Sürtünme katsayıları tüm plastiklerde karşılaştırılmıştır. Sürtünme katsayısı azalırken kesme kuvveti de azalmaktadır.



- [1] Hamit Arslan, "Torna Tezgâhı" (www.hamitarslan.com/torna-Tezgâhi.html), 18/05/2019.
- [2] Merchant ME. "Mechanics Of Metal Cutting Process. I. Orthogonal Cutting And Type 2 Chip." J Appl Phys 1945, 16:267-75.
- [3] Alauddin M., Choudhury I.A., Baradie M.A. & Hashmi M.S.J., "Plastics And Their Machining A Review", pp. 40-46, 1995.
- [4] Rahman M., Ramakrishna S. & Thoo H. C., "Machinability Study Of Carbon/Peek Composites, Machining Science And Technology", pp. 49-59, 1999.
- [5] Davim J. P., Reis P., "Machinability Study On Composite (Polyetheretherketone Reinforced With 30% Glass Fibre-PEEK GF 30) Using Polycrystalline Diamond (PCD) And Cemented Carbide (K20) Tools", pp. 412-418, 2004.
- [6] Davim, J.P. (2007). Application of Merchant Theory in Machining Particulate Metal Matrix Composites, Materials & Design, 28: 2684_2687.
- [7] Davim J.P., Mata F., "Physical Cutting Model Of Polyethereketone Comppsitesi"; 2005; Materials and Design 27 (2006) 847-852.
- [8] Jamal Y., Sheikh-Ahmad, "Machining of Plymer Composites, 2009.
- [9] Silva L.R., Davim J.P., Faria P.E. & Ambrao A.M. "Merchant Model Applied To Precision Orthogonal Cutting Of Pa66 Poliamide with and without Glass Fiber Reinforcing", Journal of COMPOSITE MATERIALS, Vol. 43, No. 23/2009; 2728.
- [10] Keresztes R., Kalácska G., Zsidai L. & Dobrocsi Z., "MACHINABILITY OF ENGINEERING POLYMERS", Institute for Mechanical Engineering Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Szent Istvan University, Hungary pp. 106-114, 2011.
- [11] Taşdemir M., "Plastik Malzemelerin Test Teknikleri", Seçkin Yayınevi, Mart 2018.
- [12] Kaptı A. O., "Plastik Malzemeler Ders Notu", Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, 2015.

- [13] Buldu L., “Enjeksiyon Parametrelerinin Bazı Mühendislik Plastiklerinin Akış Uzunluğuna Etkisinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi, 2007..
- [14] Akkurt, S., “Plastik Malzeme Bilgisi”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 35-55 (1991).
- [15] Kaya, F., “Plastik Katkı Maddeleri ve İşleme Metodları”, **Zafer Matbaası**, İstanbul, pp.33-47, 1983.
- [16] Akyüz, Ö. F., “Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş” Pagev Yayınları, İstanbul, 45-89 (1999).
- [17] Ay İ., “Plastik Malzemeler- Termoplastik ve Termoset Plastikler”, pp. 38-56.
- [18] Tushar Mr. Jagtap U. & Dr. Mandave H. A., “Machining of Plastics: A Review”, Department of Mechanical Engineering, Karmaveer Bhaurao Patil College of Engineering & Polytechnic, Satara, 2015.
- [19] BPF, https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/Machining_of_Plastics.aspx, 13/04/2019.
- [20] Gaitonde V. N., Karnik S. R., Silva L. R., Abrão A. M. & Davim J. P., “Machinability Study in MicroTurning of PA66 GF30 Poliamide with a PCD Tool, pp. 1290-1296, 2009.
- [21] POM Material CNC Machining Parts, (www.creatingway.com/pom-material-cnc-machining-parts)..
- [22] Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Polimer Malzemeler-POM.
- [23] Rubio J. C. C., Panzera T. H & Scarpa F., “Machining Behaviour Of Three High-Performance Engineering Plastics”, pp. 28-37, 2014.
- [24] Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları”, Birsen Yayınevi Ltd. Şti., İstanbul, (2004).
- [25] Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2000.
- [26] Groover, M.P., “Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes and Systems”, Fourth Edition, Thomson Dijital, United States Of America, 2010.
- [27] Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri”, İkinci Baskı, Dora Yayın Dağıtım Ltd.Şti, Bursa, 2010.

- [28] Boothroy G., Knight W., “Fundamentals Of Machining And Machine Tools”, New York: Marcel Dekker; 1989. pp. 61–91.
- [29] Shaw MC. “Metal Cutting Principles”, New York: Oxford Science Publications; 1984. pp. 18–46.
- [30] Zeytin, A., Akıncı, A. & İpek, M., “Metalografik İnceleme-1”.
- [31] Şekercioğlu, T., Kaner, S., “Plastiklerin Yapıştırılmasında Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin İncelenmesi”, Pamukkale Üniversitesi, cilt 55, sayı 648, s. 37-43, 2013.
- [32] Vickerstaff T.J., Gindy N.Z., “Orthogonal Machining of Polymers”, Proc. 21st Int. MTDR Conf., Swansea, 1980.
- [33] DeGarmo, “Materials and Processes in Manufacturing”, Eleventh Edition, 2011, page: 610.
- [34] <http://akademik.duzce.edu.tr/Content/Dokumanlar/mendereskam/DersNotlari/246b4dd0-2fb2-436c-a1c3-10c2206405e5.pdf>, 26/04/2019.
- [35] iscar, <http://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=5794883&fnum=1185&mapp=IS&app=0&GFSTYP=M>, 05/03/2019.
- [36] Kahvecioğlu Plastik, <https://www.kahvecioglu.com/Assets/docs/kahvecioglu-plastik-katalog.pdf> 26/04/2019.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: ipek.dokumcu@hotmail.com

Konferans Bildirileri

1. Dökümcü İ, Altan E, Emiroğlu U, "Merchant Modeli' nin Bazı Polimer Malzemelerin Ortogonal Kesiminde Uygulanması", Zeugma II Uluslararası Multidisiplinler Çalışması Kongresi, 18-20 Ocak 2019, Gaziantep.

