

**TORNALAMADA TALAŞ KIRICI GEOMETRİSİNİN TAKIM
GERİLMELERİNE ETKİSİ**

Hüseyin GÜRBÜZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2006
ANKARA**

Hüseyin GÜRBÜZ tarafından hazırlanan TORNALAMADA TALAŞ KIRICI GEOMETRİSİNİN TAKIM GERİLMELERİNE ETKİSİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Üye : _____

Tarih :/...../.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hüseyin GÜRBÜZ

**TORNALAMADA TALAŞ KIRICI GEOMETRİSİNİN TAKIM
GERİLMELERİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Hüseyin GÜRBÜZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Aralık 2006

ÖZET

Bu çalışmada, tornalama işlemlerinde kullanılan farklı talaş kırıcı geometrilerinin, talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri ve takım gerilmeleri üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 1050 karbon çeliği ve kesici takım olarak ISO 3685'e uygun 75° yanaşma açısına sahip SNMG120408R formunda sementit karbür kesici takımlar ile buna uygun PSBNR252512 formunda takım tutucu kullanılmıştır. Talaş kırıcı formu ve kesici takım kalitesi için Mitsubishi takım firmasının kaplamalı takımlar için MA, SA, MS, GH ve standart (STD) talaş kırıcı formları ve kaplamasız takımlar için MS ve STD talaş kırıcı geometrileri ile iş parçası malzemesine uygun üretici firmanın UC6010 ve UTI20T kaliteleri seçilmiştir. Talaş kaldırma deneylerinde kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için Kistler 9275B tipi dinamometre kullanılmıştır. Talaş kırıcı formunun değişik parametrelere bağlı olarak kesme kuvvetlerine etkisi deneysel olarak ölçülmüş ve kesme kuvvetlerindeki değişimin, kesici takım gerilmeleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. En yüksek kesme kuvvetlerine genellikle SA talaş kırıcı formunda erişilmiştir. Talaş kırıcı geometrisinin kesici takım üzerindeki etkisi, bir sonlu eleman paket programı olan ANSYS yardımıyla incelenmiştir. Kaplamalı kesici takımların kaplamasız kesici takımlara göre daha yüksek gerilmelere maruz kaldığı gözlenirken, özellikle çok ağır işleme şartlarında kaplamasız kesici takımlardaki gerilmeler, kaplamalı kesici takımlara göre

yüksek çıkmıştır. Genel olarak en büyük asal gerilme (S_1) , en küçük asal gerilme (S_3) ve von Mises (S_{EQV}) gerilmelerindeki en yüksek değerlere kaplamalı SA, MA ve en düşük değerlere ise kaplamasız STD talaş kırıcı formu sebep olmuştur.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Tornalama, talaş kırıcı, kesme kuvvetleri, kesici takım gerilmeleri, ANSYS, AISI 1050
Sayfa Adedi : 103
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

THE EFFECT ON THE CUTTING TOOL STRESSES OF THE DIFFERENT CHIP BREAKER FORM IN TURNING

(M.Sc. Thesis)

Hüseyin GÜRBÜZ

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

December 2006

ABSTRACT

In this study, the effect of the different chip breaker forms used in the turning processes on the cutting forces and the tool stresses was investigated experimentally. AISI 1050 carbon steel and the cemented carbide with an ISO designation SNMG 120408R has the inclination angle 75 degree was used as workpiece material and the cutting tool, respectively, in the cutting tests. The inserts were mounted on a tool holder with an ISO designation PSBNR 2525. The coated MA, SA, MS, GH, and Standard (STD) and the uncoated MS, and STD forms was selected as the chip breakers according to the workpiece material. They are manufactured by Mitsubishi and has UC6010 and UTI20T grade. The cutting forces occurred during metal cutting were measured by 9257B Kistler dynamometer. The effect of the chip breaker form on the cutting forces was experimentally determined according to various cutting parameters. The effect of the cutting forces exchange according to the chip breaker form was analysed by ANSYS based on the finite element method. The highest cutting force values were measured on the chip breaker form SA. The coated inserts exposure to the higher stress in comparison to the uncoated, but especially in the heavy machining conditions, this is adverse. In the analyses, the maximum and minimum principal stresses (S_1 and S_3 , respectively) and von Mises stresses (S_{EQV}) were investigated on the cutting tool. In general, the chip breaker forms

the coated SA, and MA and the uncoated STD bring about the maximum and the minimum values of the stresses, respectively.

Science Code : 708.3.028
Key Word : Turning, chip breaker, cutting forces, cutting tool stress,
ANSYS, AISI 1050
Page Number : 103
Adviser : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Sayın Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e ANSYS ve gerilme analizleri safhasında değerli görüşlerinden yararlandığım Sayın Dr. Abdullah KURT' a, laboratuarda kesme kuvvetleri ölçülmesindeki katkılarından dolayı Sayın Arş. Gör. Mustafa GÜNAY'a ayrıca bu tez çalışmam sırasında desteğini ve yardımını esirgemeyen Erdem ÇİLTEPE ve Mustafa TURGUT arkadaşlarıma, bu günlere gelmemde maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli ve kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Literatür Araştırmasına Giriş	3
2.2. Yapılan Araştırmalar	3
2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi	8
3. KESME MEKANİĞİ ve TALAŞ KIRICILAR	10
3.1. Kesme.....	10
3.2. Kesme Kuvvetleri.....	14
3.3. Talaş Kırma ve Talaş Kırıcılar	15
4. SONLU ELEMENLAR METODU ve ANALİZİ.....	19
4.1. Sonlu Elemanlar Metodu.....	19
4.1.1. SEM’de kullanılan elemanlar.....	20
4.1.2. İzoparametrik tanımlama ve yer değiştirme interpolasyonu.....	22
4.1.3. Şekil fonksiyonları	22
4.2. Sonlu Elemanlar Analizi	23

Sayfa

5. MATERYAL ve METOT	25
5.1. Deneysel Çalışmalar.....	25
5.1.1. İş parçası malzemeleri.....	25
5.1.2. Kesici takım ve takım tutucu	25
5.1.3. Takım tezgâhı.....	26
5.1.4. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi.....	26
5.1.5. Kesme parametreleri ve deneylerin yapılışı.....	29
5.2. Analiz Çalışmaları.....	31
5.2.1. Kesici takımların modellenmesi.....	31
5.2.2. Kesici takımlara ait malzeme modelleri ve özellikleri.....	34
5.2.3. Elemanlara ayırma (meshing)	35
5.2.4. Temas çiftleri	36
5.2.5. Yükleme durumu ve sınır şartları.....	36
6. DENEY ve ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	41
6.1. Değerlendirme Esasları	41
6.2. Talaş Kırıcı Geometrilerin Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi.....	41
6.3. Tornalama Esnasında Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Takım Gerilmeleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi	54
7.SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	83
EK – 1 Analizlerde Kullanılan Kütük Dosyalarına Ait Bir Örnek	88
EK – 2 Kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değerleri.....	89

Sayfa

Ek – 3 Kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri.....	96
ÖZGEÇMİŞ	103

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Deney numunelerinin kimyasal bileşimi	25
Çizelge 5.2. Deneylerde kullanılan kaplamalı, kaplamasız takımların özellikleri.....	26
Çizelge 5.3. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri	27
Çizelge 5.4. Deneylerde kullanılan parametreler	30
Çizelge 5.5. Analizlerde kullanılan talaş kırıcı formlarının talaş-takım temas boyları	33
Çizelge 5.6. Kesici formlardaki talaş-takım temas alanlarındaki düğüm sayıları.....	34
Çizelge 5.7. Talaş kırıcı geometrileri ve karşılık gelen takım malzemesi kaliteleri ..	34
Çizelge 5.8. Kesici takımların malzeme özellikleri	35

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. SGT ve AGT Talaş kırıcılar	5
Şekil 2.2. Yana ve yukarı kıvrırmaya sağlayan talaş kırıcıların sistematik diyagramı	6
Şekil 3.1. Dik ve Eğik kesme yöntemleri a) Dik (ortogonal) b) Eğik (oblique) kesme	11
Şekil 3.2. Talaş oluşma düzlemi	12
Şekil 3.3. Talaş-takım temas boyu	13
Şekil 3.4. Tornada oluşan kesme kuvvetleri	15
Şekil 3.5. Normal şartlarda talaş kırılmasının üç farklı mekanizması	16
Şekil 3.6. 1960'lı yıllarda kullanılan üç adımlı talaş kırıcılı kesici takımlar ve uygulamaları	18
Şekil 3.7. Dalgalı biçime sahip kesici takımla talaş kaldırma	18
Şekil 4.1. Sonlu eleman analizlerinde kullanılan bazı elemanlar	20
Şekil 4.2. Üç standard katı eleman geometrisi	21
Şekil 4.3. Dört yüzlü, kama ve altı yüzlü elemanlar kullanarak düzenli 3B ağların yapılması	21
Şekil 4.4. Standard elemanlarda ilave düğümlerin kullanımı	21
Şekil 4.5. On düğümlü dört yüzlü eleman	22
Şekil 5.1. Deneylerde kullanılan kesici takımlar	26
Şekil 5.2. Kistler 9257B tipi dinamometre ve takım tutucu	27
Şekil 5.3. Kistler 9257B tipi dinamometre ile zaman bağlı ölçülen kesme kuvvetleri	28
Şekil 5.4. Kesme deneyleri için hazırlanan deney düzeneği.....	28
Şekil 5.5. Kesme şartlarının sınırları	29

Şekil	Sayfa
Şekil 5.6. Talaş takım temas alanı.....	31
Şekil 5.7. CATIA V5R15 ile oluşturulan kesici takım modellerinin ANSYS'te model olarak çağrılmış haldeki katı modelleri; PSBNR 2525 M12 takım tutucu ile a)STD talaş kırıcı kesici takım b)MS talaş kırıcı kesici takım c)GH talaş kırıcı kesici takım d)MA talaş kırıcı kesici takım e)SA talaş kırıcı kesici takım formları	32
Şekil 5.8. PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD kaplamalı kesici ucuna ait katı model ve talaş takım temas alanı.....	33
Şekil 5.9. Analizlerde kullanılan ağ yapısı (PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD talaş kırıcı kesici takım).....	36
Şekil 5.10. Sıkma kuvvetinin yüzey yükü olarak uygulanması	37
Şekil 5.11. Fc kuvveti için basınç ve eğimin hesaplanması.....	38
Şekil 6.1. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	43
Şekil 6.2. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	43
Şekil 6.3. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	44
Şekil 6.4. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	44
Şekil 6.5. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	45
Şekil 6.6. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ mm ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim	45
Şekil 6.7. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim	47
Şekil 6.8. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim	47
Şekil 6.9. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim	48

Şekil	Sayfa
Şekil 6.10. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim.....	48
Şekil 6.11. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim.....	49
Şekil 6.12. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim.....	49
Şekil 6.13. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	51
Şekil 6.14. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	51
Şekil 6.15. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	52
Şekil 6.16. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	52
Şekil 6.17. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	53
Şekil 6.18. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim	53
Şekil 6.19. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	56
Şekil 6.20. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	56
Şekil 6.21. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	57
Şekil 6.22. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	57
Şekil 6.23. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	58
Şekil 6.24. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi.....	58

Şekil	Sayfa
Şekil 6.25. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi	59
Şekil 6.26. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi	59
Şekil 6.27. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi	60
Şekil 6.28. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350$ m/min olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi	60
Şekil 6.29. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	62
Şekil 6.30. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	62
Şekil 6.31. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	63
Şekil 6.32. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	63
Şekil 6.33. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	64
Şekil 6.34. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	64
Şekil 6.35. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	65
Şekil 6.36. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	65
Şekil 6.37. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	66
Şekil 6.38. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350$ m/min olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi	66
Şekil 6.39. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	68

Şekil	Sayfa
Şekil 6.40. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	68
Şekil 6.41. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	69
Şekil 6.42. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	69
Şekil 6.43. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	70
Şekil 6.44. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	70
Şekil 6.45. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	71
Şekil 6.46. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	71
Şekil 6.47. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	72
Şekil 6.48. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350$ m/min olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi.....	72
Şekil 6.49. STD kaplamalı talaş kırıcı formu $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	74
Şekil 6.50. STD kaplamalı talaş kırıcı formu $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	74
Şekil 6.51. STD kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	75
Şekil 6.52. STD kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	75
Şekil 6.53. MS kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları.....	76
Şekil 6.54. MS kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	76

Şekil	Sayfa
Şekil 6.55. MS kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 1,6 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	77
Şekil 6.56. MS kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 1,6 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	77
Şekil 6.57. GH kaplamalı talaş kırıcı $V=150$ m/min $f=0,35$ mm/rev a= 1,6 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları.....	78
Şekil 6.58. GH kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 2,5 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	78
Şekil 6.59. SA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 1,6 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	79
Şekil 6.60. SA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 2,5 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları	79
Şekil 6.61. MA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 1,6 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları.....	80
Şekil 6.62. MA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev a = 2,5 mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları.....	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
ϕ	Kayma düzlemi açısı (°)
γ	Talaş açısı (°)
a	Talaş derinliği (mm)
a'	Çıkan talaş kalınlığı (mm)
V	Kesme hızı (m/min)
f	İlerleme (mm/rev)
F_c	Asıl kesme kuvveti (N)
F_a	İlerleme kuvveti (N)
F_p	Pasif kuvveti (N)
λ	Yığılma faktörü
l_c	Talaş-takım temas boyu (mm)
α	Serbest kenar boşluk açısı (°)
β	Kama açısı (°)
E	Elastisite modülü (Gpa)
ν	Poisson oranı
S_1	En büyük asal gerilme (MPa)
S_3	En küçük asal gerilme (MPa)
S_{EQV}	Von Mises gerilme (MPa)
Kısaltmalar	Açıklama
FEM	Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Metodu)
AISI	American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir Çelik Enstitüsü)

Kısaltmalar	Açıklama
ISO	International Organisation for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı)
BSD	Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC)

1. GİRİŞ

Günlük hayatta kullanılan pek çok parça, farklı imal usullerinden biri kullanılarak imal edilir. Takım tezgâhlarında, talaş kaldırmak suretiyle parçaların şekillendirilmesindeki temel esas; iş parçasının nihai şeklinin, ilgili malzemenin işlenmesi ile elde edilmesidir. Ham parça, takım tezgâhına bağlanmış kesici takım ile “talaş kaldırılarak” alınır. Malzemeden talaş kaldırılması, takım kesici ucunun/kenarının iş parçası yüzeyine temas etmesi ve bu etki bölgesinde, talaş kaldırma enerjisi talaşın kaldırıldığı tezgâhtan iş parçasına iletilmesi ile sağlanır. Bu sebeple “Takım Tezgâhı-Kesici (Takım)-İş Parçası Malzemesi” arasındaki ilişki çok iyi kurulmalı ve “kesme parametreleri” dediğimiz bu ilişkiyi şekillendiren değişkenler iyi değerlendirilmelidir [1].

Metal işleme esnasında, malzemeden fazla parçalar kesici takım sayesinde talaş şeklinde ayrılır. Bu talaşlar kesme şartlarına bağlı olarak değişik şekillerde oluşurlar. Aynı zamanda, çeşitli formlardaki talaş oluşumu iş parçası ve takım malzemelerine ve kesici takım geometrisine de bağlıdır. Talaş kırıcılar, talaş formunun kontrol edilmesinde en etkili yöntemdir. Değişik kesme parametrelerinde talaş oluşumunun kontrol altında tutulması, yeni talaş kırıcı geometrilerinin geliştirilmesi ile sağlanmaktadır. Talaşlar iki ana kategoride sınıflandırılır. Kabul edilebilir talaşlar (kısa kopuk talaşlar), kabul edilemez talaşlar (sürekli uzun talaşlar) dır. Kabul edilemez talaşların (sürekli uzun talaşlar) kırılması için yeterli miktarda yüksek gerilmenin oluşturulması gerekir, bu gerilme talaş kırıcı tarafından talaş üzerinde bir eğilme momenti oluşturularak kolaylıkla üretilebilir. Metaller ve metal alaşımlarının işlenmesinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince keskin olmasına rağmen, talaş kaldırma sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça zorlanırlar. Bu sebeple takımın dayanabileceği optimum kesit ve kesmeyi kolaylaştıracak ideal açıları (ideal takım geometrisi) bulmak için pek çok araştırma yapılmıştır. Son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisinin talaşlı imalata transferiyle birlikte, talaş kaldırma sürecindeki problemler minimum düzeylere indirilmiştir. Özellikle, kesme kuvvetleri ve gerilme değerlerinin önceden tahmin edilmesine yardımcı olan

bilgisayar paket programları (ANSYS, FRANC2D) sayesinde, talaş kaldırma mekaniğinde çok büyük iyileştirmeler sağlanmıştır [2].

Bu çalışmada, tornalamada talaş kırıcı geometrisinin takım gerilmelerine etkisi araştırılmıştır. Deneylerde, iş parçası malzemesi olarak günümüz imalat sanayisinde geniş bir kullanım alanı olan AISI 1050 (DIN 1.1210) karbon çeliği kullanılmıştır. İş parçası malzemeleri üzerinde kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, takım tutucu, kesici takımlar ve talaş kırıcı formu gibi değişik kesme parametrelerine bağlı olarak çeşitli kesme deneyleri yapılmıştır. Kistler 9257B dinamometre yardımı ile tornalama sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin deneysel olarak ölçülmesi ve kesme parametrelerindeki değişime göre, bu kuvvetlerin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Kesici takımdaki gerilmelerin ANSYS sonlu elemanlar paket programı yardımıyla incelenebilmesi için, kesme deneylerinde kullanılan kesici takımların (takım tutucu ve kesici takımlar) katı modelleri CATIA V5R15 çizim programında çizilmiş ve malzeme modelinin çıkartılması gibi programla ilgili diğer hazırlıklar yapılmıştır. İş parçası malzemeleri ve talaş kırıcı formları için deneysel olarak ölçülen kesme kuvvetlerinin kesici takımda meydana getirdiği gerilmelerin ANSYS yardımıyla analizi ve talaş kırıcı formunun gerilmeler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Literatür Araştırmasına Giriş

Gerek talaşın kırılmasının ve gerekse de talaş kıvrılmasının kontrolü demek, talaş formunun kontrolü demektir. Karbür takımların kullanılmasından beri talaş oluşumunu kontrol altında tutmak için birçok teknik geliştirilmiştir. En yaygın yöntem talaş kırıcı ve talaş kıvrıcılar'ın kullanılmasıyla başarılan metottur. Takımın dayanabileceği optimum kesit ve kesmeyi kolaylaştıracak ideal açıları (ideal takım geometrisi) bulmak için pek çok araştırma yapılmıştır. Metaller ve metal alaşımlarının işlenmesinde kullanılan takımların kesici kenarları yeterince keskin olmasına rağmen, talaş kaldırma sırasında oluşan gerilmeler karşısında oldukça zorlanırlar. Talaşın kırılması için yeterli miktarda yüksek gerilmenin oluşturulması gerekir. Bu gerilme sayesinde talaş üzerinde bir eğilme momenti oluşturularak kolaylıkla talaş kırıcı tarafından üretilebilir [1-5].

Bu bölümde, yapılacak olan çalışmaya yön verecek olan literatür sunulmuş ve bir değerlendirme yapılmıştır.

2.2. Yapılan Araştırmalar

Mıstıkoğlu [6] “ Torna tezgahlarında kesici kaleme gelen kuvvet ve gerilmelerin bilgisayar desteğiyle ölçülerek denetimi, simülasyonu ve HSS kalemlerin optimum profilinin belirlenmesi” isimli çalışmasında, HSS kaba talaş kalemlerinin en iyi uç profilinin ve kesici kuvvetlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Kesici kalemlere gelen kuvvetlerin hassas olarak ölçülmesi için analog dinamometre kullanmıştır. Bu kuvvetler bilgisayar ortamına aktarılarak HSS kaba talaş kalemleriyle imalat çeliğinin işlenmesinde optimum uç açılarından talaş açısı 8° , uç açısı 85° ve kama açısı 74° olarak saptanmıştır.

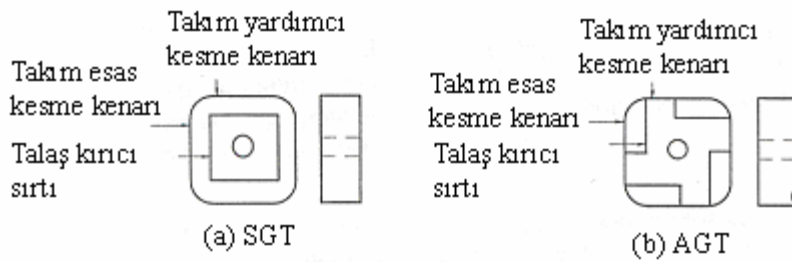
Karahasan [7] “ Kesici takımlarda takım geometrisi ve talaş kırıcı formunun takım performansına etkisi ” isimli çalışmasında, talaş kırılma mekanizmasının kesme etkisini değerlendirmek maksadıyla talaş derinliği (a) ve ilerleme (f) diyagramı üzerindeki değişik kesme bölgeleri için ayrı ayrı deneyler yapmıştır. Talaş kırıcı tipleri ve teknolojik gelişmeleri inceleyerek kabul edilebilir karakterde talaş geometrisine ulaşmayı sağlayacak en uygun talaş kırıcı formunun geometrik özelliklerini ortaya koymuştur.

Anar [8] “ Talaş kaldırma esnasında kesici takımlarda oluşan gerilme dağılımının analizi” isimli çalışmasında, sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, ilerlemenin artmasıyla normal gerilme ve kayma gerilmelerinde artış olduğunu gözlemlemiştir. Aşınma bölgesinin oluşmasıyla birlikte normal ve kayma gerilmelerinin de arttığını bulmuş, takımlarda ortaya çıkan en fazla gerilme değerlerinin takımın emniyetli mukavemet değerini aşmadığını tespit etmiştir.

Değiştirilebilir kesici takımların talaş yüzeyleri üzerinde oluşturulan oyuklar, talaşları kırmak amacıyla kullanılan etkili yöntemlerinden biridir. Talaş kırıcının geometrik parametrelerinin (açı, uzunluk v.b) değiştirebilir kesici ucun talaş kırma performansı üzerindeki etkileri, geçmişte birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır [9-15].

Mesquita, Barata [16] “Talaş kırıcı geometrisinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi” isimli çalışmalarında, kesme kuvvetlerinin önceden tahmin edilebilmesi için bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde paralel kanal formundaki talaş kırıcılarda, çentikleme veya dalma etkilerini dikkate almışlardır. Bu teknik talaş kırıcı geometrisinin şekillendirilmesi ve etkili yanak boşluk açısının hesaplanmasına dayanmaktadır. Çentikleme etkisi, dinamik bölge etkisi ve kesme kuvvetleri deneysel çalışmalarla belirlenmiştir. Önerdikleri model, martensitik paslanmaz çeliklerin kaplanmış karbür kesicilerle işlenmesinde uygulanmıştır. Sonuçta, deneysel olarak ölçülen kesme kuvvetleri, teorik tahmini değerlerle karşılaştırılmıştır.

Fang [17] “Yeni tip talaş kırıcı kullanılarak talaş kırma performansı üzerine talaş kırıcının geometrik parametrelerinin etkisi” isimli çalışmasında, asimetric kanal tipi (AGT) talaş kırıcının talaş kırma performansı, simetrik kanal tipi (SGT) talaş kırıcı ile karşılaştırılmış. Şekil 2.1’de deneylerde kullanılan SGT ve AGT talaş kırıcılar verilmiştir. Çoklu lineer regresyon yöntemiyle yeni tip talaş kırıcıları için talaş kırma bilirliliğini tahmin etmek için 2 matematiksel model kurulmuştur. Talaş derinliği, ilerleme ve talaş kırma performansları karşılaştırıldığında deneysel çalışma sonuçları, işleme esnasında (AGT) talaş kırıcıyı (SGT)’yle değiştirmenin pratik olduğunu göstermiştir. Teorik tahminler verilen kesme şartları altındaki deneysel sonuçlara bağlı olarak elde edilmiştir.

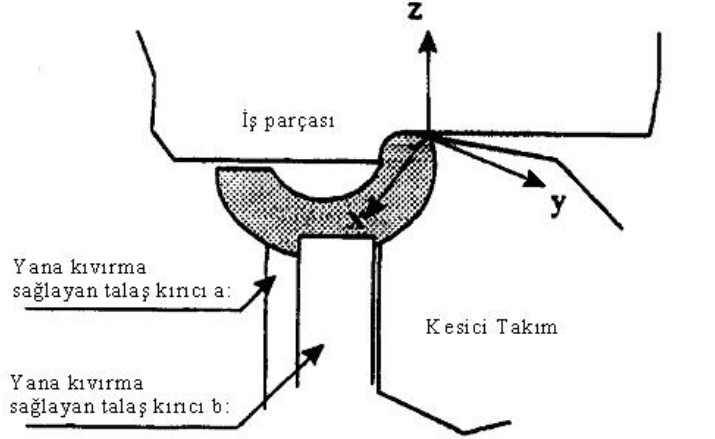


Şekil 2.1. SGT ve AGT Talaş kırıcılar [17]

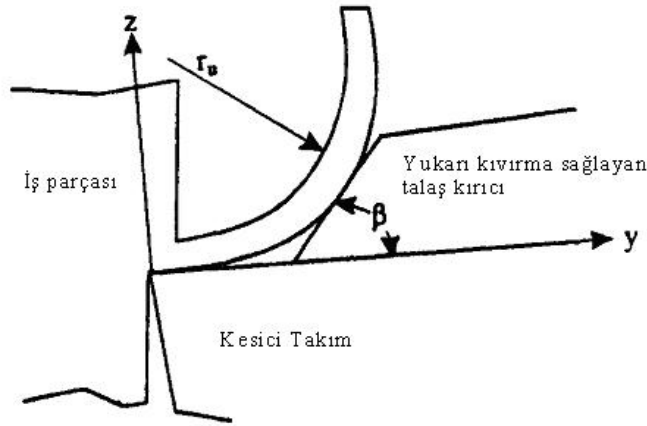
Kim and Kweun [18] “Orta karbonlu çeliklerin tornalanmasında bir talaş kırma sistemi” isimli çalışmalarında, farklı kesici takım geometrilerini kullanarak talaş akışı oluşumunun modellenmesi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada talaş kırıcı tasarımı üzerinde ve orta karbonlu çeliklerin talaş kırıcı ile işlenmesi üzerinde durulmuştur. Deneylerde, kullanılan talaş kırıcıların sistematik diyagramları Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Yana doğru kıvrılma talaş kırıcı tipinin, iş parçası yüzeyine akan talaşın çalışma parçası ile talaş arasındaki ara yüzey altında kalan bölgeye (negatif z doğrultusunda) düşmesini engellediğini ve 240 m/min de yana doğru kıvrılma talaş kırıcı tipi ile talaşı bir kopuk talaşa dönüştürdüğünü tespit etmişlerdir.

Xie ve arkadaşları [19] “ Talaş kaldırmada kayma bölgesinde talaş oluşumunun sonlu elemanlarla metoduyla (FEM) modellenmesi ve simülasyonu ” isimli çalışmalarında kayma açısı boyunca dar bir alanda etkili plastik şekil değiştirmenin olduğu ve

maksimum kayma gerilmesinin birinci ve ikinci deformasyon bölgesi ile uyum sağladığını göstermiştir. Tahmini ve deneysel ölçümlerinin karşılaştırılması, kesme kuvvetlerin sonlu elamanlarla hesaplanabileceğini göstermektedir.



(a) Yana kıvrma sağlayan talaş kırıcı



(b) Yukarı kıvrma sağlayan talaş kırıcı

Şekil 2.2. Yana ve yukarı kıvrmaya sağlayan talaş kırıcıların sistematik diyagramı [19]

Chang ve arkadaşları [20] “ Yeni talaş kırıcı indeksini kullanarak talaş kırıcı karakteristiklerinin değerlendirilmesi” isimli çalışmalarında tornalama sırasında talaş kırıcı karakteristikleri ile ilgili analitik ve deneysel araştırmalar yapmışlardır. Yeni bir parametre olarak adlandırılan talaş kırıcı indeksinin (C_B) yi talaş kırıcı karakteristiklerini belirleyerek geliştirmişlerdir. Talaş kırıcı indeksini, çıkan talaşın kalınlığı ve uzunluğuna dayanarak belirlemişlerdir. Kırılan talaşın biçimini, talaşın

kırılma çevrim zamanını ve özgül kesme direncini, efektif talaş kırma için optimum kesme şartlarını belirlemek amacıyla kullanmışlar. C_B 'nin kritik değerinin 0,2 olduğu sonucuna varmışlardır.

Maity ve Das [21] “ Kademeli tip talaş kırıcıyla bir kesici takım kullanarak talaş kaldırmadaki kayma çizgisinin bulunması” isimli çalışmalarında, dik kesme takımı kullanarak yapılan bir işlemin teorik analizini yapmışlardır. Yapılan çalışmada, kesme kuvvetleri, temas uzunluğu ve talaş-takım ara yüzeyindeki gerilim dağılımı hesaplanmıştır.

Seah ve arkadaşlarının [22] “Eğik kesme için talaş akışı, talaş kaldırma ve talaş kıvrımının üç boyutlu bir modeli” isimli çalışmalarında, işleme parametreleri ve onların uygun denklik parametreleri teorik ve deneysel olarak geliştirilmiştir. Çeşitli işleme parametreleri tartışılmış ve en önemli sonuç olarak, talaş kaldırma üzerindeki parametrelerin birbirinden bağımsız olmadığını tespit etmişlerdir.

Strenkowski , Shih ve Lin'nin [23] “ Üç boyutlu takım kuvvetleri ve talaş akışı için bir analitik sonlu eleman modeli” isimli çalışmalarında, takım üzerindeki kuvvetler ve talaş akışının tahmini için üç boyutlu bir kesme modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada ‘USUI modeli’ kullanılmıştır. Usui modelinde kesme kuvvetlerinin ve talaş akış açısının belirlenmesi için dik kesme deney verileri gerekir. Bu yaklaşımın avantajları gerçek kesme testlerine gerek kalmadan üç boyutlu takım kuvvetlerinin ve talaş açısının tahmin edilebilmesidir.

Sutter [24] “ Dik kesme şartları için yüksek hızla işleme esnasında talaş geometrileri” isimli çalışmada, geniş bir kesme aralığında kesme şartlarının talaş oluşumunun fotoğraflanması ile ilgili çalışmıştır. Araştırma, değişik kesme hızlarında (17 - 60 m/sn) de ve orta karbonlu bir çelik üzerinde yapılmıştır. Kayma düzlemini daha belirgin hale getirmek amacıyla, sürekli talaş oluşumu için çalışma malzemesi olarak orta karbonlu çelik seçilmiştir. Kök talaş geometrisinin bir sayısal yüksek hız kamerası ile çekilen resimlerinden elde edilen deneysel ölçümleri, takım-

talaş mesafesinin, kayma açısından daha karmaşık olduğunu göstermiştir. Talaşların geometrik karakteristiği değişken kesme hızlarında çalışılmıştır. Kesici takım talaş açısı -5° , 0 , $+5^\circ$ olarak seçilmiş ve farklı talaş derinlikleri (0,65 mm kadar ulaşan) kullanılmıştır.

Moufki , Molinari [25]'nin “ Tornalama işlemleri için kesme uygulamalarının yeni bir termomekanik model ” isimli çalışmalarında, kesme kenar geometrisinin talaş oluşum işlemlerinde talaş yüzeyinde yüzey teması, sıcaklık gibi bölgesel etkiler, talaş akış doğrultusu kesme kuvvetleri gibi genel parametreler karşılaştırılmıştır. Şekil değiştirme hassasiyeti, deformasyon sertleşmesi ve ısı yumuşaklık ve termomekanik eşleşme modellemeye dikkate alınmıştır. Bu basitleştirilmiş model kesme kuvvetlerini tahmin etmek amacıyla kullanılabilecek özelliktedir.

2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatür araştırmasında, yapılacak olan çalışmanın konusu ve yöntemi esas alınarak, talaş kırıcılarla ilgili çalışmalar ve sonlu elemanlarla kesme kuvveti analizi ile ilgili çalışmalar şeklinde gruplandırma yapılacak olursak, aşağıda belirtilen hususların ön plana çıktığı görülmektedir:

- Talaş kırıcılarla ilgili çalışmalarda; farklı malzemeler kullanarak talaş kırıcı mekanizmasının, talaş derinliği, ilerleme, talaş açısı gibi kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerine etkileri araştırılmış, en uygun talaş kırıcı formunun geometrik özellikleri ve kesici ucun talaş kırma performansı üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.
- Sonlu elemanlarla kesme kuvveti analizi ile ilgili çalışmalarda; ANSYS sonlu elemanlar paket programını kullanarak kesici takımlarda oluşan gerilme dağılımının analizi, kesme kuvvetlerinin hesaplanması ve kesme kuvvetleri etkileri incelenerek sonuçlar yorumlanmıştır.

Yapılan değerlendirmeye göre, literatürde talaş kaldırma işleminde, talaş kırıcılarla, kesme kuvvetleri ve kesici takım üzerinde oluşan gerilmeler hakkında çok değişik

Çalışmaların yapıldığı ve halen devam eden çalışmaların olduğu gözlenmiştir. Bu amaçla, tornalamada, talaş kırıcı geometrisinin takım gerilmelerine olan etkisinin deneysel olarak incelendiğı ve elde edilen değerklerin sonlu elemanlar yöntemiyle analizinin yapıldığı bu yüksek lisans tez çalışması, literatürdeki bir boşluğu dolduracak niteliktedir.

3. KESME MEKANİĞİ ve TALAŞ KIRICILAR

3.1. Kesme

“Kesme”; kesici takım ile malzemenin bir bıçak gibi ayrılmasıdır. Takım kesici kenarı, iki yüzeyin belirli bir açı altında kesişmesiyle oluşur. Bilinerek oluşturulmuş kesici kenar, ekmek kesmede olduğu gibi, malzeme gövdesi içerisinde simetrik olarak zorlanır ve aynı zamanda gövde içinde kesici kenara paralel hareket ettirilir. Kesilen malzeme gövdesi, kesici takım yüzeyleri tarafından iki parçaya ayrılmaya zorlanır. Bilinmiş kesici kenar, gövdenin çok az bir kuvvetle ve parçaların daha az pürüzlü kesilmesini sağlayacaktır.

Kesme teknolojisinde görülen temel noktalar aşağıda belirtilmiştir [1]:

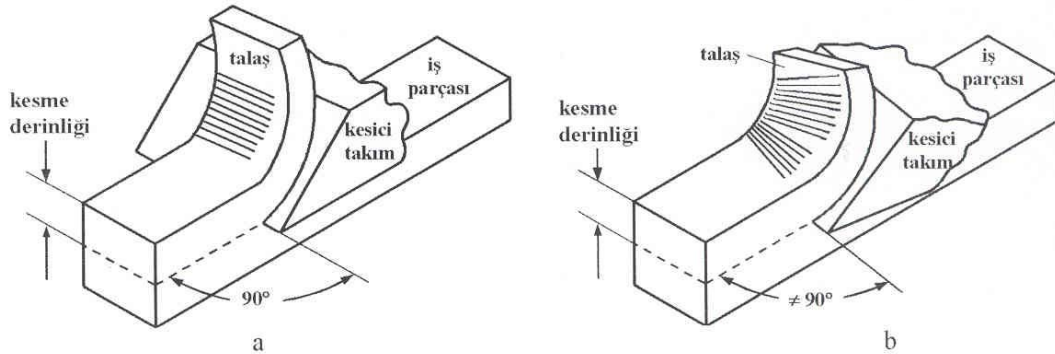
1. Kesici kenarı oluşturan her iki yüzey, yeni ortaya çıkarılan iki yüzeyi (talaşın alt yüzeyi ve iş parçasının işlenen yüzeyi) birbirinden ayırmaya zorladığında, talaşın gövdeden ayrıldığı yerde yüksek ısı meydana gelir ve takım ile iş yüzeyinde aşınma olur.

2. İş parçasından belirli bir tabaka talaş kaldırmak için “kesici kenarın” gövde içersine daldırılması gerekir. İş parçası ve takımın yüklenen gerilmelere dayanabilmesi (oluşan yükleri-kuvvetleri taşıyabilmesi) için, belirli bir kesitte olması gerekir. Bunun yanında, işlenen yüzeyin takım yan yüzeyine temas etmemesi için takıma boşluk açısı verilmesi gerekir.

3. Pratik işlemede takım kesici kenarını oluşturan açı $55^{\circ}\sim 90^{\circ}$ arasında değişmektedir. Genellikle, kaldırılan talaş en az 60° lik bir açıyla işten uzaklaşmaktadır. Bu şekilde kaldırılan talaşın tamamında bir plastik deformasyon oluşur (gelişen teknikler, metal kesmenin plastik bir akma işlemi olduğunu ortaya koymaktadır). Bu yüzden talaşın oluşması ve takımın talaş yüzeyi boyunca hareketi için büyük bir enerji gerekir.

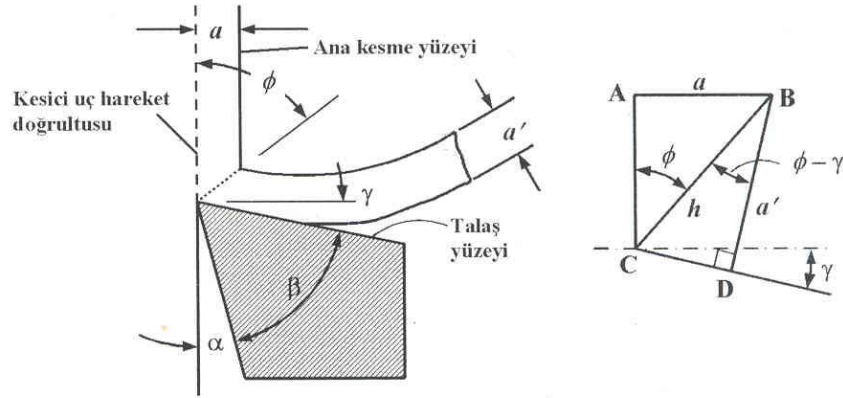
4. Talaş kaldırarak işlemenin temel amacı, yeni iş yüzeyinin (istenilen parça geometrisinin) oluşturulmasıdır. Talaşın oluşması ve hareketi enerji tüketiminin de temelini ortaya koyar. Bu sebeple, takım ömrü ve kaldırılan metal oranıyla ilgili pratik problemler yalnızca, takım-talaş yüzeyi boyunca hareket eden talaşın ve işlenen malzemenin davranışları incelenerek ortaya konur.

Kesmenin analizi için yaygın olarak kullanılan iki kesme yöntemi vardır: Dik (ortogonal) (Şekil 3.1.a) ve Eğik (oblique) kesme (Şekil 3.1.b). Dik kesme, üç boyutlu problemden ziyade iki boyutlu bir problem davranışı gösterdiğinden, kesme mekaniğini oluşturan eşitliklerin çıkarılmasındaki deneysel ve teorik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Kesici etkisiyle kaldırılan talaş derinliği genellikle düzgün talaş kalınlığı olarak bilinir ve pratik kesme operasyonlarında ve yapılan çalışmalarda kolaylık olması açısından genellikle sabit olarak alınır.



Şekil 3.1. Dik ve Eğik kesme yöntemleri; a) Dik (ortogonal) b) Eğik (oblique) kesme [1]

Talaş kaldırma, kesici kenarda talaşın oluşturulduğu bölgeden alınan düzlemsel kesitle açıklanır. Şekil 3.2’de gösterilen talaş oluşma düzleminde ϕ , kayma açısını; α , serbest kenar boşluk açısını; β , kama açısını; a , talaş derinliğini ve a' talaş kalınlığını göstermektedir.



Şekil 3.2. Talaş oluşma düzlemi [1]

Kesme açısı etkisiyle oluşan yığılma faktörü (λ); talaş uzunluğunun (w'), kesme uzunluğundan (w) daha kısa olduğunu açıklamada kullanılır. Şekil 3.2'den talaş yığılma faktörü (λ) için,

$$\lambda = \frac{a'}{a} \quad (3.1)$$

yazılabilir. Şekil 3.2'deki ABC ve BCD üçgenlerinden;

$$\sin \phi = \frac{a}{h} \Rightarrow a = h \sin \phi \quad (3.2a)$$

$$\cos(\phi - \gamma) = \frac{a'}{h} \Rightarrow a' = h \cos(\phi - \gamma) \quad (3.2b)$$

elde edilir. Talaş kaldırmada talaş kayma açısının (γ) talaş kaldırmada önemli bir rolü vardır ve talaş yığılma faktörünün hesaplanmasında kullanılır. Buna göre Eş.3.2'de verilenler Eş.3.1'de yerine yazılırsa, yığılma faktörü;

$$\lambda = \frac{\cos(\phi - \gamma)}{\sin(\phi)} \quad (3.3)$$

olacaktır [1].

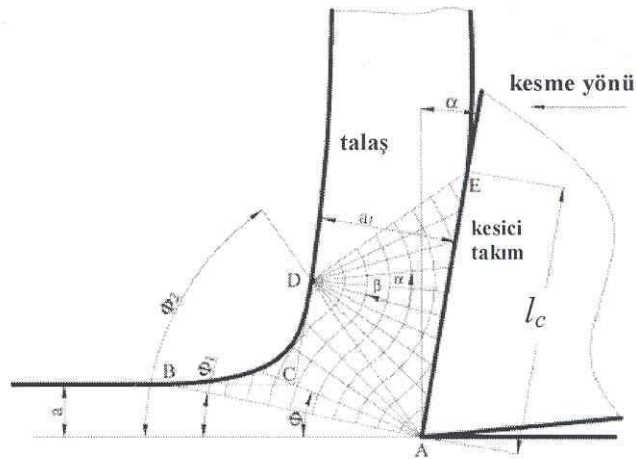
Talaş kaldırma işleminde kesiciye etki eden kesme kuvvetlerinin dağılımı ile talaş akışı üzerinde önemli bir etkisi olan parametre de talaş-takım temas boyudur (Şekil 3.3). Bu parametre özellikle kayma açısı ve esas kayma bölgesi ile doğrudan ilgilidir [26]. Literatürde bir çok araştırmacı tarafından talaş-takım temas boyunu belirlemek üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır [27-30]. Toropov ve arkadaşları tarafından yapılmış olduğu çalışmalarda [28-29] talaş-takım temas boyu (l_c) nin eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$l_c = 2 \cdot \lambda \cdot a \quad (3.4)$$

Eş.3.4’de verilen talaş-takım temas boyu, çeşitli deneysel çalışmalar yapılarak doğrulanmıştır.

Kayma açısı ile kayma yüzeyinin konumu belirlenebileceğine göre; kayma açısı için aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$\tan \phi = \frac{\cos \gamma}{\lambda - \sin \gamma} \quad (3.5)$$



Şekil 3.3. Talaş-takım temas boyu [28]

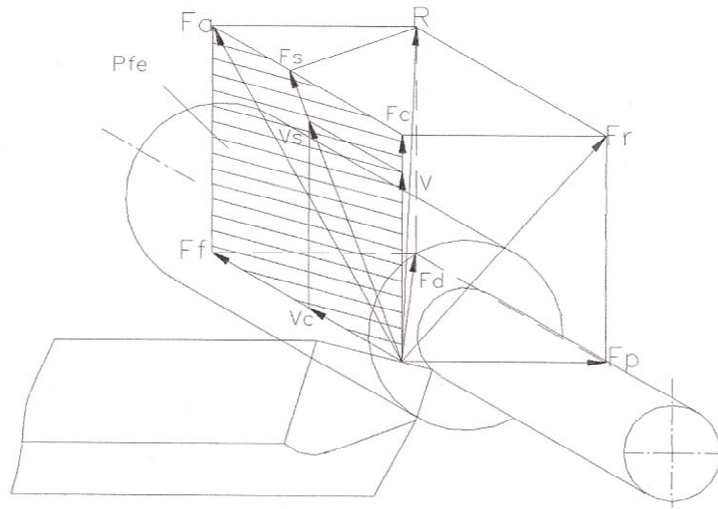
3.2. Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Doğal olarak bu konu, yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çekmiş, hakkında yüzlerce araştırma yapılmış ve halende yapılmaktadır. Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup, kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir.

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici takım geometrisinden de etkilenmektedir. Talaş açısının en uygun bir değeri mevcut olup, bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Buna bağlı olarak, boşluk yüzeyi temas alanını artıracığından takım kesme kuvvetleri artacaktır. Ancak kesme deneyleri vakum altında yapıldığı zaman, oksijenin, takım-talaş arasında temas alanını azaltmada çok etkili olduğu ve kesme kuvvetlerini azalttığı ifade edilmiştir [31].

Şekil 3.4. Torna tezgahında, dik talaş kaldırma işlemi için takım üzerine etki eden kuvvet bileşenleri gösterilmektedir. Bunlar, takım-talaş yüzeyi üzerine etki eden, kesme ucuna dik V yönündeki kuvvetin bileşeni asıl kesme kuvveti (F_c) olarak adlandırılır. F_c , kesme hızı vektörü doğrultusunda etkiyen esas kesme kuvveti olup, oluşan kuvvetlerin en büyüğüdür ve kesme işleminde gerekli gücün %99'unu ihtiva eder. İlerleme doğrultusuna paralel yönde takım üzerine etkiyen kuvvet bileşeni ilerleme kuvveti (F_a) olup bu kuvvet, genelde F_c kuvvetinin yaklaşık %55'ni oluşturur. Fakat ilerleme miktarları kesme hızları ile karşılaştırıldığında çok düşük

olduğundan gerekli gücün sadece küçük bir kısmını kullanır. Pasif yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan, işlenmiş yüzeye dik etki eden pasif kuvvet (F_p) ise üçüncü kuvvet bileşenidir. İlerleme kuvvetinin yaklaşık %50'si kadar olup, güç gereksinimine katkısı, pasif doğrultudaki hız ihmal edilebilir olduğu için çok azdır. Bu kuvvet, dik kesmede kuvvetlerin en küçüğü olduğundan basit tornalamada kesme kuvvetlerinin analizinde ihmal edilir. Şekil 3.4'te oluşan kuvvetlerin tornalama için; F_f , ilerleme kuvvetini; F_p , pasip (radyal) kuvveti; F_c , asıl kesme kuvveti ve R , bileşke kuvveti göstermektedir.

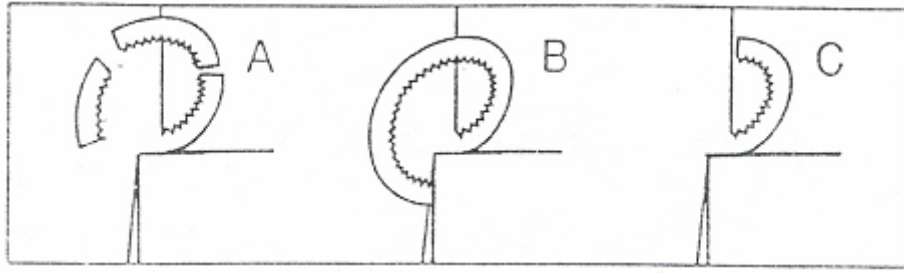


Şekil 3.4. Tornada oluşan kesme kuvvetleri [1]

Talaş kaldırmada gerekli olan kuvvetlerin, haddeleme, dövme gibi diğer metal işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, oldukça küçük olduğu görülür. Bunun sebebi ise kaldırılan metal tabakasının ince olmasıdır.

3.3. Talaş Kırma ve Talaş Kırıcılar

Talaşın şekillenmesi, ilk bükülme ile başlar ve kesme parametrelerinin kombinasyonundan (özellikle kesme hızı, ilerleme, talaş açısı, malzemenin cinsi ve şartları ile takımın uç yarıçapı kombinasyonu) etkilenir. İlk bükülme, helislenme ve talaş biçimi kesici ucun yeteneğine göre tasarlanır. Talaş oluşumu sırasında normal şartlarda talaşın kırılması için üç farklı mekanizma söz konusudur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Normal şartlarda talaş kırılmasının üç farklı mekanizması [1].

- A)Kendi kendine kırılma, B)Talaşın takıma dayanması ile kırılması,
C)Talaşın iş parçasına dayanması ile kırılma

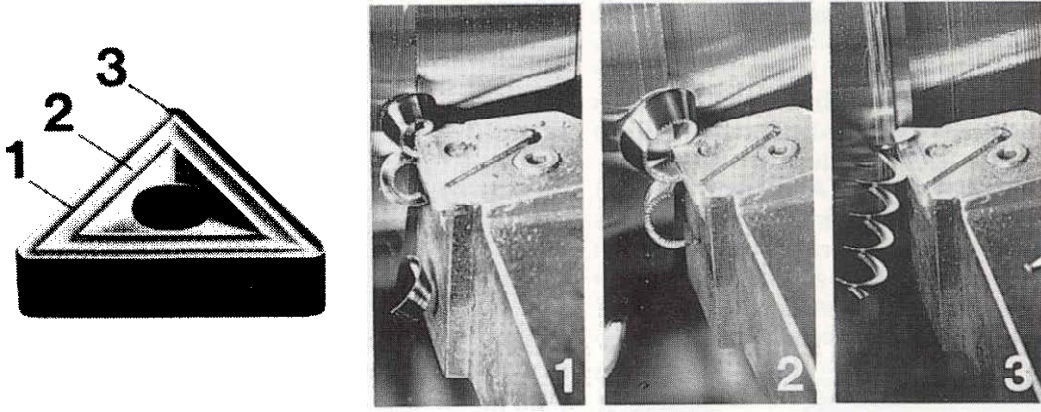
Talaşın kendi kendine kırılması için uygun talaş yönünün seçilmesi en önemli faktördür. Takıma temasla talaş kırılması, eğer talaş çarpma etkisi keskin köşelerde olursa olumsuz olacaktır. İş parçasına temasla talaşın kırılması, talaş iş parçası yüzey kalitesini bozuyorsa veya tekrar kesme bölgesine geri dönüyorsa olumsuzdur. Oldukça çabuk takım kırılmasına sebep olacağından, işleme zamanını ve operatörün yaralanması gibi istenmeyen sonuçlarından dolayı kontrol edilemeyen talaşlardan her zaman kaçınmak gerekir. Kısa talaşlı malzemelerde talaş biçimlemesi ya çok azdır yada hiç yokken, akma (uzun) talaş oluşturan malzemelerde talaşın, daha evvel ve yukarıda bahsedilen sebeplerle, kırılması istenir. Bu tip talaşlarda talaşın ilk (temel) bükülmesi talaşın istenilen boylarda kırılması için yeterli olmaz. Talaşın akmasını engelleyecek şekilde oluşturulmuş bir “talaş kırıcı” en kolay yoldur. Talaş açısının, talaş ve kesme açılarıyla kontrolünden farklıdır [1].

Metal işleme esnasında, malzeme talaş şeklinde ayrılır. Bu talaşlar değişik şekilde kesme şartlarına bağlı olarak oluşurlar. Aynı zamanda, iş parçası ve takım malzemelerine ve kesici takım geometrisine de bağlıdır. Günümüzdeki imalat işlemlerinde kesici takım malzemelerinin uygunluğunun yüksek kesme hızlarına müsaade etmesi artan bir eğilimdir. Yeni geometrilerin geliştirilmesi ile değişik kesme parametrelerinde talaş oluşumunun kontrol altında tutulması sağlanmaktadır. Talaşlar iki ana kategoride sınıflandırılır. Kabul edilebilir talaşlar; kısa kopuk talaşlardır. Bu talaşların geometrik formları c, g ve e harfi formuna benzer formundadır ve bunlar en uygun talaş tipleridir ve bunlar işleme operasyonunu

etkilememektedir. Kabul edilemez talaşlar (akma uzun talaşlar) ise, iş parçası ve takım etrafına yığılmakta ve operatör için tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca bitmiş yüzeyi kaba göstererek ani takım kırılmasına ve kesme yüzeyinden daha fazla hacimde talaş kaldırılmasına sebebiyet verir. Sürekli talaşın kırılması için yeterli miktarda yüksek gerilmenin oluşturulması gerekir, bu gerilme talaş üzerinde bir eğilme momenti oluşturularak talaş kırıcı tarafından kolaylıkla üretilebilir. Talaş kırıcılar talaş formunun kontrol edilmesinde en etkili yöntemdir. Buna ilaveten talaş kontrolünde düşük kesme kuvvetlerinin oluşturulması, yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve daha uzun takım ömrünün sağlanması yeni kesici takım geometrileri ile sağlanabilir [2,3].

Hem talaşın kırılmasının hem de talaş kıvrılmasının kontrolü demek talaş formunun kontrolü demektir. Karbür takımların kullanılmaya başlamasından bu yana talaş oluşumunu kontrol altına tutmak için birçok teknik geliştirilmiştir. En yaygın yöntem talaş kırıcı ve talaş kıvrıcılar'ın kullanılmasıyla sağlanmaktadır. İki tip talaş kırıcı vardır. Birincisi takım yüzeyinde oluşturulmuş bir basamak veya kanal, ikincisi ise takım veya takım tutucuya bağlanmış ayrı bir parçadır. Talaş kırıcı; talaş uç radyüsünün kontrol edilmesinde (doğal talaş kıvrımının artması şeklinde) ve uygun bir yolda talaşı yönlendirerek kısa uzunluklarda talaşın kopmasında rol oynar [4,5]. Karmaşık geometrili talaş kırıcılar talaş oluşum şeklinin kontrolünde daha uygundur [32].

Talaş kaldırmada, değiştirilebilir kesici takımların kullanılmaya başlanmasından bu yana, bu tip kesici takımlarda da temel talaş kırıcı uygulamaları söz konusu olmuştur. Şekil 3.6, 1960'lı yıllarda kullanılan, üç adımlı talaş kırıcılı ucu ve uygulamalarını göstermektedir.



Şekil 3.6. 1960'lı yıllarda kullanılan üç adımlı talaş kırıcı kesici takımlar ve uygulamaları [1]

Malzeme deformasyonu, temas bölgeleri, kesme kuvvetleri, gerilim, sıcaklık, aşınma direnci gibi bir dizi takım geometrisini ilgilendiren olan talaş kırıcılarla birlikte kullanılan yeni bir talaş yüzeyi tipinin gelişmesine (1970'li yıllarda) öncülük etmiştir. Dalgalı kesici kenar ve talaş yüzeyi gelişen takım malzemeleri ile birlikte; değiştirilebilir kesici takımların performansını, uygulama imkânlarını ve güvenilirliği önemli ölçüde geliştirmiştir. Şekil 3.7'de, 1970li yıllarda kullanılan dalgalı biçimdeki kesici takımların talaş kaldırma uygulaması görülmektedir [1]



Şekil 3.7. Dalgalı biçime sahip kesici takımla talaş kaldırma [1]

4. SONLU ELEMANLAR METODU ve ANALİZİ

4.1. Sonlu Elemanlar Metodu

Sonlu elemanlar metodu; karmaşık olan problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak, her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir çözüm şeklidir [33]. Bir diğer anlamda, bilgisayar çözümüne uyarlanarak matris formunda ifade edilen denklemlerin kullanıldığı sayısal bir tekniktir. Sonlu elemanlar metodu'nun temeli uçakların yapısal analizindeki gelişmelere dayanmaktadır. 1960'ların ilk yıllarında mühendisler bu yöntemi gerilme analizlerinde, akışkanlar mekaniğinde, ısı transferinde ve diğer alanlarda kullanmışlardır. Sonlu elemanların metodu'nun kullanılması ve bilgisayarların sanayiye girmesiyle, bugüne kadar ancak pahalı deneysel yöntemlerle incelenebilen birçok makine elemanın (motor blokları, pistonlar, vs.) kolayca incelenebilmesi, hatta çizim esnasında mukavemet analizlerinin kısa bir sürede yapılarak, en uygun tasarımın gerçekleştirilmesi mümkün olabilmiş ve mühendisler ve işletmeciler tarafından kullanımı artmıştır [34].

Temel olarak sonlu elemanlar metodu'nda üç ana unsur bulunmaktadır [33].

Birincisi, geometrik olarak karmaşık olan çözüm bölgesi, sonlu elemanlar olarak adlandırılan geometrik olarak basit alt bölgelere ayrılır.

İkincisi, her elemandaki sürekli fonksiyonlar, cebirsel polinomların doğrusal kombinasyonu olarak tanımlanabileceği kabul edilir.

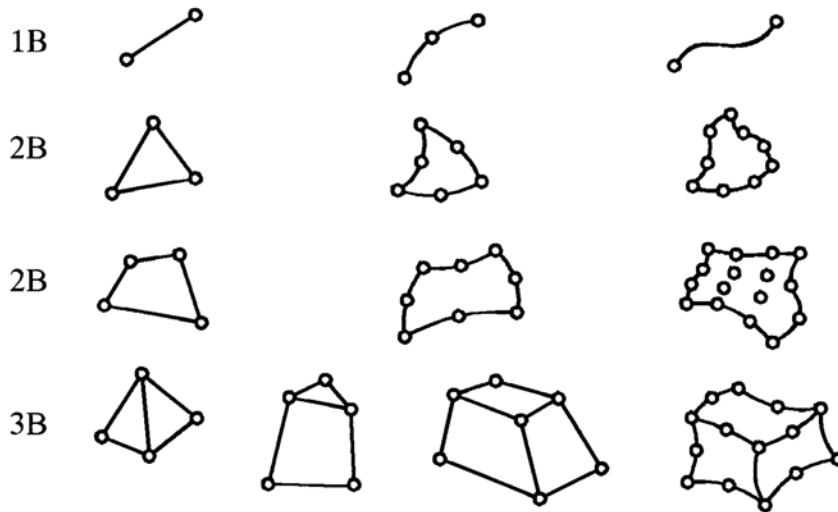
Üçüncüsü ise aranan değerlerin her eleman içinde sürekli olan tanım denklemlerinin belirli noktadaki (düğüm noktaları) değerlerin elde edilmesi problemin çözümünde yeterli olur.

Genel olarak bir sonlu eleman metodu uygulamasında temel olarak izlenen adımlar aşağıda belirtildiği gibi [33]:

- i) Cismin sonlu elemanlara bölünmesi,
- ii) İnterpolasyon fonksiyonlarının seçimi,
- iii) Eleman direngenlik matrislerinin oluşturulması,
- iv) Sistem direngenlik matrisinin hesaplanması,
- v) Sisteme etki eden kuvvetlerin bulunması,
- vi) Sınır şartlarının belirlenmesi,
- vii) Sistem denklemlerinin çözümü

4.1.1. SEM'de kullanılan elemanlar

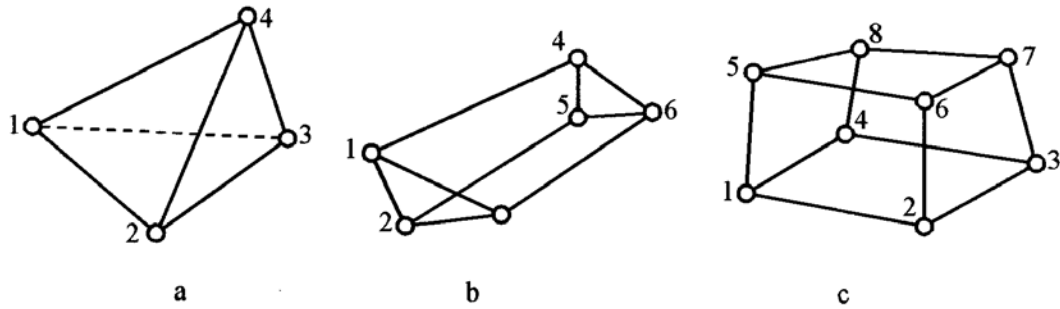
Sonlu eleman problemlerinin çözümünde ilk adım, eleman tipinin belirlenmesi ve çözüm bölgesinin elemanlara ayrılmasıdır. Çözüm bölgesinin geometrik yapısı belirlenerek, bu geometrik yapıya en uygun elemanlar seçilir. Çözüm sonucunda gerçek çözüme yaklaşma açısından, seçilen elemanların çözüm bölgesini temsil etme oranı son derece önemlidir. SEM' de kullanılan elemanlar boyutlarına göre temel olarak üç gruba ayrılabilir: Tek boyutlu elemanlar (1B), iki boyutlu (2B) elemanlar ve 3B elemanlar (Şekil 4.1).



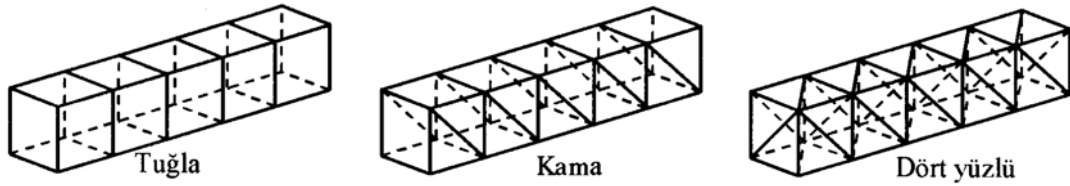
Şekil 4.1. Sonlu eleman analizlerinde kullanılan bazı elemanlar [34]

2B sonlu elemanlarda dörtgen (quadrilateral) ve üçgen olmak üzere iki Standard geometri vardır. Beş veya altı kenarlı çokgenler gibi diğer bütün geometrik yapılar,

standard olmayan veya özel yapılar olarak adlandırılır. 3B sonlu elemanlar ise değişiklik arz etmekte olup; bunların dört yüzlü (tetrahedron) (Şekil 4.2.a), kama (wedge) (Şekil 4.2.b) ve altı yüzlü veya tuğla (hexahedron, brick) (Şekil 4.2.c) olarak adlandırılan üç tane standard geometrik yapısı bulunmaktadır. Bu yapıların her bir köşede 3 yüzey birleşecek şekilde sırasıyla 4, 6 ve 8 köşesi (düğümü) vardır. Bu elemanlar, topolojik olarak düzenli ağ oluşturmak için kullanılabilir (Şekil 4.3).

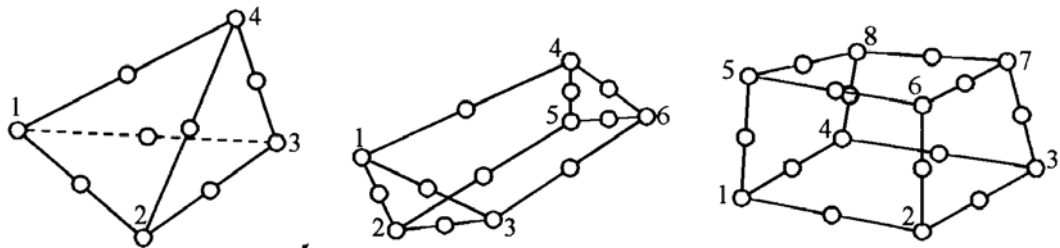


Şekil 4.2. Üç standard katı eleman geometrisi [34]



Şekil 4.3. Dört yüzlü, kama ve altı yüzlü elemanlar kullanarak düzenli 3B ağların yapılması [34]

Standard elemanlarda ilave düğümler de kullanılabilir. Örneğin Şekil 4.4'de gösterildiği gibi; Şekil 4.2'de gösterilen dört yüzlü, kama ve altı yüzlü elemanların kenarlarının orta noktalarında da ilave düğümler bulunabilir. Bu ilave düğümler, gerilme analizlerinde daha yaklaşık doğru çözümlere ulaşılmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.4. Standard elemanlarda ilave düğümlerin kullanımı [34]

Çözüm bölgesi sınırlarının eğri denklemleri ile tanımlanması halinde; kenarları birer doğru olan bu elemanların, çözüm bölgesini tam olarak tanımlaması mümkün olmayacaktır. Bu durumda çözüm bölgesini gerekli hassasiyette tanımlamak için eleman boyutları küçültülecek ve dolayısıyla eleman sayıları arttırılacaktır. Ancak, eleman sayısını arttırmak, çözüm için ilave bilgisayar kapasitesi ve zaman gerektirecektir. Bu sebeple çözüm bölgesi, eğri denklemleri ile tanımlanan sınırlara uyum sağlayacak eğri kenarlı elemanlara ayrılmalıdır. Böylece çözüm bölgesi daha iyi tanımlanacak ve daha az sayıda eleman kullanılacaktır [34].

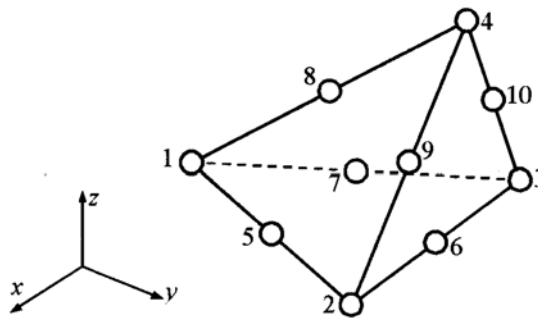
4.1.2. İzoparametrik tanımlama ve yer değiştirme interpolasyonu

Düğümelerin izoparametrik tanımlaması; çözüm bölgesini daha iyi tanımlamak ve böylece daha az sayıda eleman kullanmak, eleman üzerindeki her bir düğüm için gerekli serbestlik derecelerine ait benzer bilgileri daha iyi ifade etmek amacıyla yapılır. Bu şekilde düğümlere ait özellikler çeşitli alt indislerle tanımlanabilir.

4.1.3. Şekil fonksiyonları

Kuadratik dört yüzlü

Şekil 4.5' de gösterilen kuadratik dört yüzlü eleman, 10 düğümlü dört yüzlü eleman olarak da adlandırılır (ANSYS'de ise SOLID 92 olarak adlandırılır). Bu elemanın eğrisel yüzeyleri ve kenarları bulunabilir. Elemanın izoparametrik tanımı, 6 düğümlü üçgen için tanımlanan izoparametrik tanıma benzemektedir.



Şekil 4.5. On düğümlü dört yüzlü eleman

Şekil 4.5' de gösterilen 10 düğümlü dört yüzlü eleman, izoparametrik dört yüzlü ailesinin tam polinomlu bir elemanıdır. Elemanın 1, 2, 3 ve 4 numaralı düğümler olmak üzere 4 köşesi vardır. 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı düğümler ise sırasıyla 1-2, 2-3, 3-1, 1-4, 2-4 ve 3-4 kenarları üzerinde bulunan ara düğümlerdir. Dört yüzünün her bir yüzeyi, hepside bir düzlemde bulunması gerekmeyen 6 düğümlle tanımlanır [34].

4.2. Sonlu Elemanlar Analizi

ANSYS genel amaçlı sonlu elemanlar paket programıdır. Statik/dinamik yapısal analizler (lineer veya non-lineer), ısı transferi, akış problemleri v.b. problemleri içerir.

Genel olarak, sonlu elemanlar analizleri üç bölümde gerçekleştirilir:

Birincisi *preprocessing* (ön işlem), problemin tanımlandığı yerdir. Bu bölümde ilk önce modele isim verilir, duruma göre 1 boyutlu, 2 boyutlu veya 3 boyutlu olarak ANSYS de model oluşturulur. Daha sonra yapılması düşünülen analizin tipine bağlı olarak eleman seçimi gerçekleştirilir. Analiz tipini belirledikten sonra malzeme özellikleri (poisson oranı, elastisite modülü, yoğunluk, v.b) tanımlanır. Son olarak modelin elemanlara bölünmesi işlemi yani modelin belirli sayıdaki ayrı parçalara veya diğer ifadeyle sonlu elemanlara bölünmesi gerçekleştirilir.

İkincisi *solution* (çözüm), yüklerin ve sınır şartlarının atanarak çözümün gerçekleştiği kısımdır. Burada ilk olarak çözümde kullanılmak üzere statik, modal, v.b gibi analiz tipi belirlenir. Analiz tipi belirlendikten sonra sınır şartları tanımlanır. Sınır şartı bütün yönlerde (x, y, z) uygulanabileceği yalnızca bir yönde de düğüm noktalarına, alan veya çizgilerde tanımlanabilir. Daha sonraki aşamada yükler uygulanır. Yüklemeler gerilme analizlerinde yer değiştirme, ısı analizlerinde sıcaklık veya noktasal bir basınç şeklinde olabilir. Yükler bir noktaya, bir kenara, bir yüzeye uygulanabileceği gibi toplam cisme de uygulanabilir. Yüklerde uygulandıktan sonra ANSYS'de modelin çözümü gerçekleşir.

Üçüncüsü *Postprocessing* (son işlem), sonuçların okunduğu ve yorumlandığı bölümdür. Sonuçlar, cismin deforme olmuş biçiminde, tablo şeklinde, animasyon veya çizimler şeklinde sunulabilir. Ayrıca gerilme ve birim şekil değiştirmelerin hesaplanmasında kullanılabilir.

5. MATERİYAL ve METOT

5.1. Deneysel Çalışmalar

5.1.1. İş parçası malzemeleri

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak günümüz imalat sanayisinde geniş bir kullanım alanı olan AISI 1050 (DIN 1.1210) karbon çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin KOSGEB malzeme laboratuvarında spektral analizi yaptırılarak, malzemenin kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve sonucu Çizelge 5.1’de verilmiştir. Ham deney malzemesi Ø 43x249 mm boyutlarındadır. Malzemenin yüzeyi, olası dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık, 0,5 mm talaş derinliği verilerek, geleneksel bir torna tezgâhında silindirik tornalama işlemine tabi tutulmuş ve dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir. Son olarak, deney malzemesinin iki tarafına punta deliği açılmış ve böylece deney numuneleri, kesme kuvveti ölçme deneyleri için hazır hale getirilmiştir.

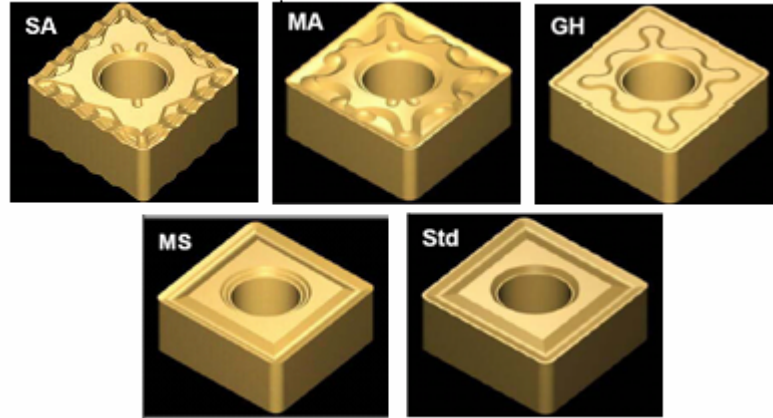
Çizelge 5.1. Deney numunelerinin kimyasal bileşimi

% C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr
0,430	0,212	0,730	0,0197	0,0390	0,0776
%Mo	%Ni	%Al	%Co	%Cu	%Fe
0,00752	0,0972	0,0110	0,00603	0,297	98,06

5.1.2. Kesici takım ve takım tutucu

ISO 3685’te [35] belirtilen deney şartlarına uygun olarak 75° yavaşma açısına sahip SNMG120408R formunda sementit karbür kesici takımlar ile buna uygun PSBNR252512 formunda takım tutucular kullanılmıştır. Kesici takımlar için Mitsubishi takım firmasının kaplamalı takımlar için MA, SA, MS, GH, standart (STD) ve kaplamsız takımlar için MS, STD talaş kırıcı geometrileri ile iş parçası

malzemesine uygun ISO P30 ve P15 grade'lerine karşılık gelen üretici firmanın UC6010 ve UTİ20T kaliteleri seçilmiştir. Kesici takımlar Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan kaplamalı, kaplamasız takımların özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Deneylerde kullanılan kesici takımlar [36]

Çizelge 5.2. Deneylerde kullanılan kaplamalı, kaplamasız takımların özellikleri

Kalite	Sertlik (HRA)	Burulma direnci (Gpa)	Kaplama katmanı	
			Bileşim	Kalınlık
UC6010	90,5	2,0	Üç katlı TiCN-Al ₂ O ₃ -TiN	Kalın
UTİ20T	90,5	2,0	—	—

5.1.3. Takım tezgâhı

Deneyler Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Anabilim Dalı atelyelerinde bulunan, FANUC kontrol ünitesine sahip, TC-35 JOHNFORD marka, BSD'li torna tezgahında hazırlanan program kullanılarak yapılmıştır.

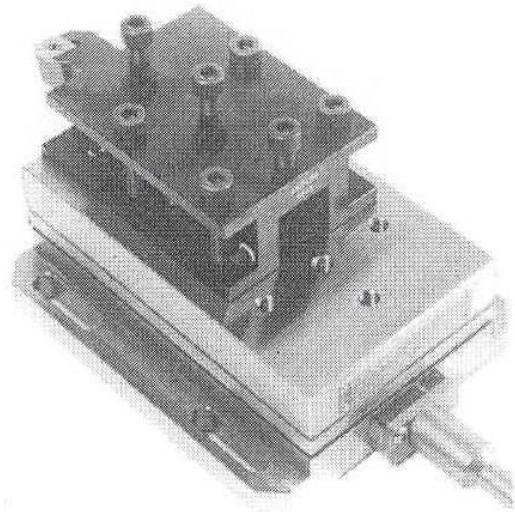
5.1.4. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi

BSD'li torna tezgahında, teknik özellikleri Çizelge 5.3.'te verilmiş olan *KISTLER* 9275B tipi dinamometre (Şekil 5.2) ile gerekli bilgisayar bağlantısı yapılarak talaş

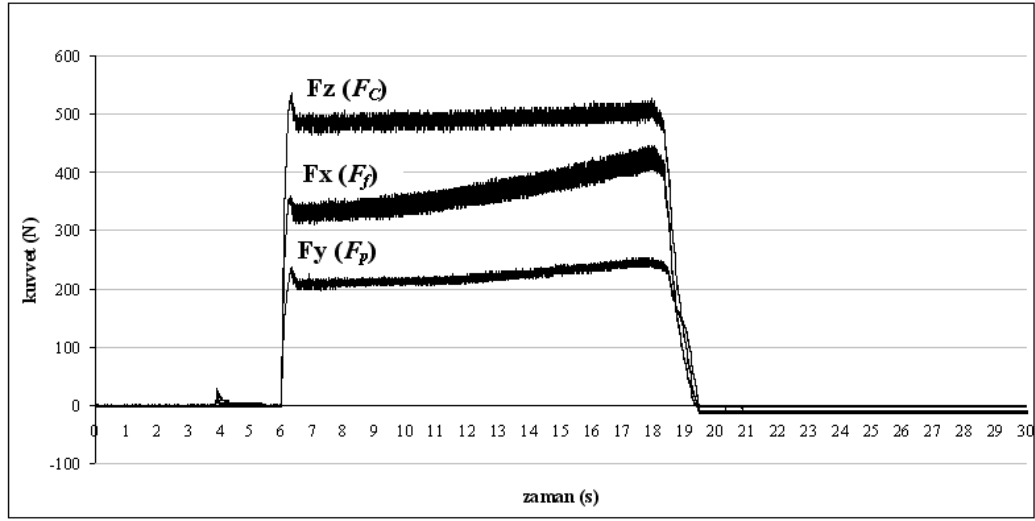
derinliği, ilerleme ve kesme hızının değişken olduğu deneylerde kesme kuvvetlerinin grafikleri, Şekil 5.3'te gösterildiği gibi elde edilmiştir. Şekil 5.3'deki grafiklerde görülen kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş değerleri esas alınarak, ortalama F_c , F_a , F_p kuvvetleri belirlenmiştir. Şekilde gösterilen $F_x=F_a$, $F_y=F_p$ ve $F_z=F_c$ ye karşılık gelen kuvvetleri işaret etmektedir. Deney düzeneği Şekil 5.4.'te gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

Çizelge 5.3. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri [37]

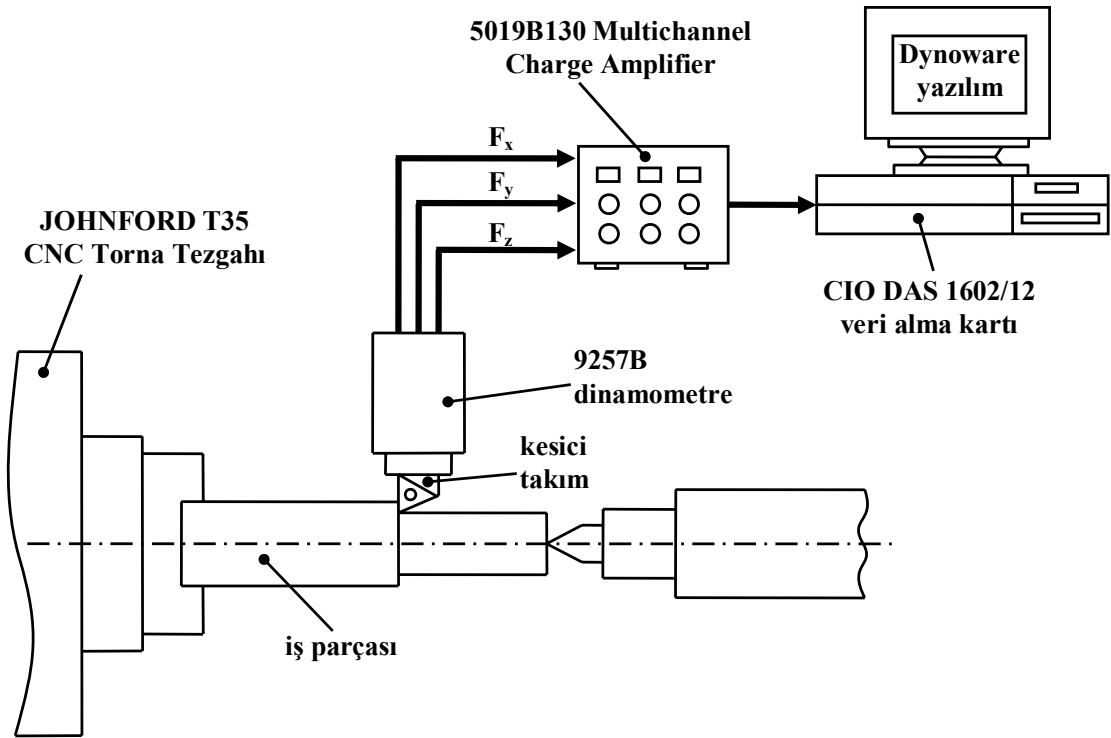
Özellik	Değeri
x eksen	250 mm
y eksen	600 mm
Tezgah Gücü	10 kW
Devir sayısı	4000 rpm
Hidrolik ayna çapı	250 mm
Hassasiyet	0,001 mm
Taret, takım bağlama kapasitesi	12



Şekil 5.2. Kistler 9257B tipi dinamometre ve takım tutucu [37]



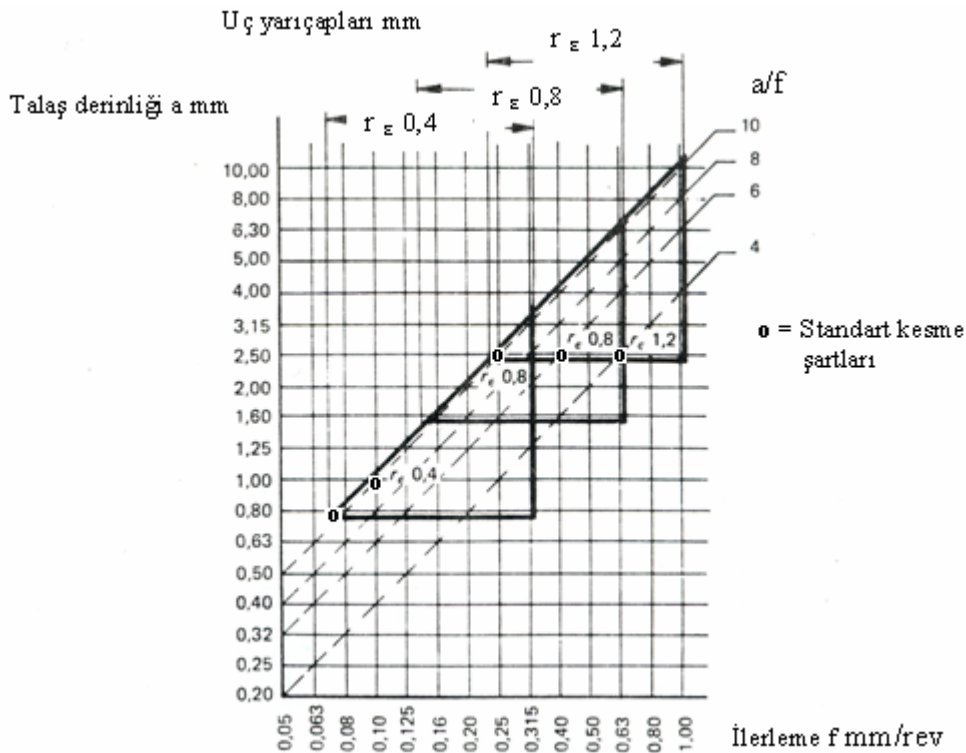
Şekil 5.3. Kistler 9257B tipi dinamometre ile zaman bağılı ölçülen kesme kuvvetleri



Şekil 5.4. Kesme deneyleri için hazırlanan deney düzeneği

5.1.5. Kesme parametreleri ve deneylerin yapılışı

Kesme parametreleri belirlenirken takım üretici firma verileri ve ISO 3685'teki [35,36] öneriler dikkate alınarak, beş farklı kesme hızı belirlenirken takım üretici firmanın önerdiği kesme hızı aralığı baz alınmış ve 0,8 mm kesici takım uç yarıçapına uygun olarak talaş derinliği ve ilerleme için ISO 3685'deki referans değerler seçilmiştir (Şekil 5.5.). BSD'li torna tezgâhı için BSD kodları yazılarak deneyler yapılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 5.4'te liste halinde verilmiştir. Deneylerde, numuneler üzerinden 30 mm uzunluğunda talaş kaldırılarak ölçüm yapılmıştır. Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için, her deneyde hiç kullanılmamış yeni kesici takımlar kullanılmıştır. Her bir deney sonrası tezgâh durdurularak kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme parametreleri değiştirilmiş ve her bir kesici formu için 30 adet deney yapılarak toplam 210 adet deney gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.5. Kesme şartlarının sınırları [35]

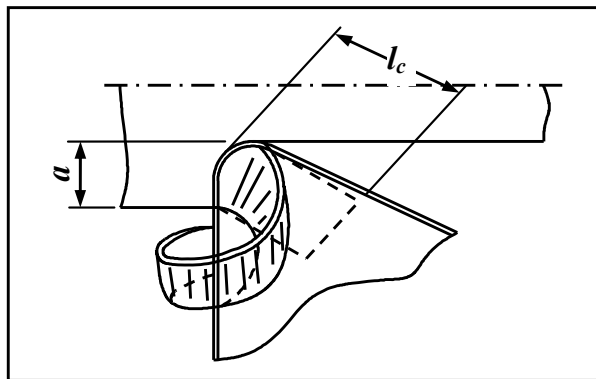
Çizelge 5.4. Deneylerde kullanılan parametreler

Dosya Adı	Kesme Hızı V (m/min)	İlerleme f (mm/rev)	Talaş Derinliği a (mm)
1	150	0,15	1,6
2		0,25	
3		0,35	
4		0,15	2,5
5		0,25	
6		0,35	
7	200	0,15	1,6
8		0,25	
9		0,35	
10		0,15	2,5
11		0,25	
12		0,35	
13	250	0,15	1,6
14		0,25	
15		0,35	
16		0,15	2,5
17		0,25	
18		0,35	
19	300	0,15	1,6
20		0,25	
21		0,35	
22		0,15	2,5
23		0,25	
24		0,35	
25	350	0,15	1,6
26		0,25	
27		0,35	
28		0,15	2,5
29		0,25	
30		0,35	

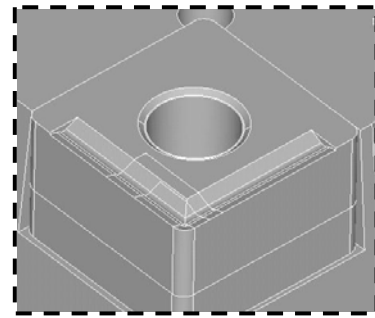
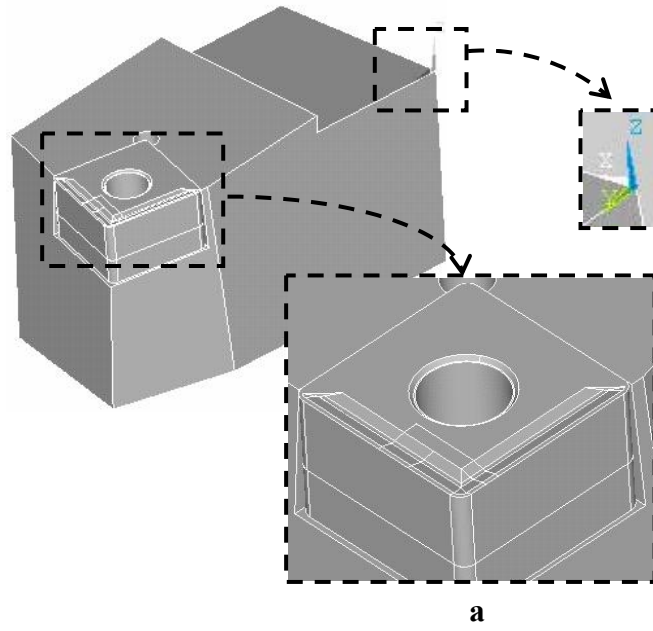
5.2. Analiz Çalışmaları

5.2.1. Kesici takımların modellenmesi

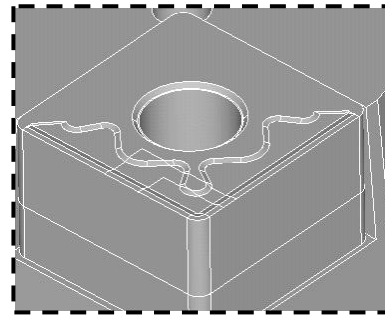
Katı modelleme süresini uzatacak olması ve sıkma elemanlarının (sıkma için kullanılan vidalar ve sıkma pabucu) her biri için ayrıca bir çözüm yapılması gerektiğinden; kesici ucu sabitleyen sıkma elemanlarının *ANSYS*'te modellenmesinden vazgeçilmiştir. Ancak, sıkma elemanları tarafından kesici uca uygulanan sıkma kuvvetinin nasıl uygulandığı Bölüm 5.2.5.'te ayrıca ele alınmıştır. Takım tutucu ve sementit karbür kesici takımlar *CATIA V5R15* çizim programında çizilerek *CATIA* model olarak kaydedilmiş ve *ANSYS* programında model uzantılı olarak açılmıştır. Kesme kuvvetlerinin kesici uca uygulanması amacıyla Bölüm 3.1, Eş. 3.4 göre belirlenen talaş-takım temas boyu dikkate alınmıştır. Sementit karbür kesici takımların geometrik modelleri, talaş derinliği 1,6 ve 2,5 mm olacak şekilde yedi ayrı kesici takım formu için, Şekil 5.6'da gösterilen talaş-takım temas alanı dikkate alınarak, talaş-takım temas boyu (l_c) ve talaş derinliği (a)'ya göre oluşturulmuştur. *CATIA V5R15* ile oluşturulan kesici takım katı modelleri, *ANSYS* transfer edilmiştir (Şekil 5.7). PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD kaplamalı kesici ucun, talaş derinliği 1,6 ve 2,5 mm için *ANSYS*'te oluşturulan talaş takım temas alanı Şekil 5.8'de örnek olarak gösterilmiştir.



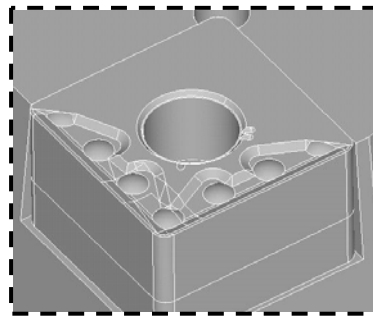
Şekil 5.6. Talaş takım temas alanı



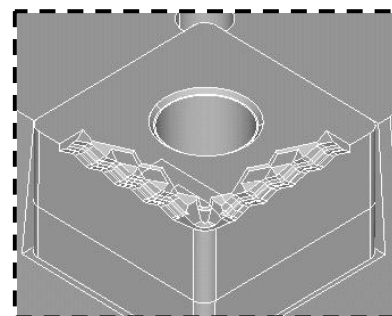
b



c

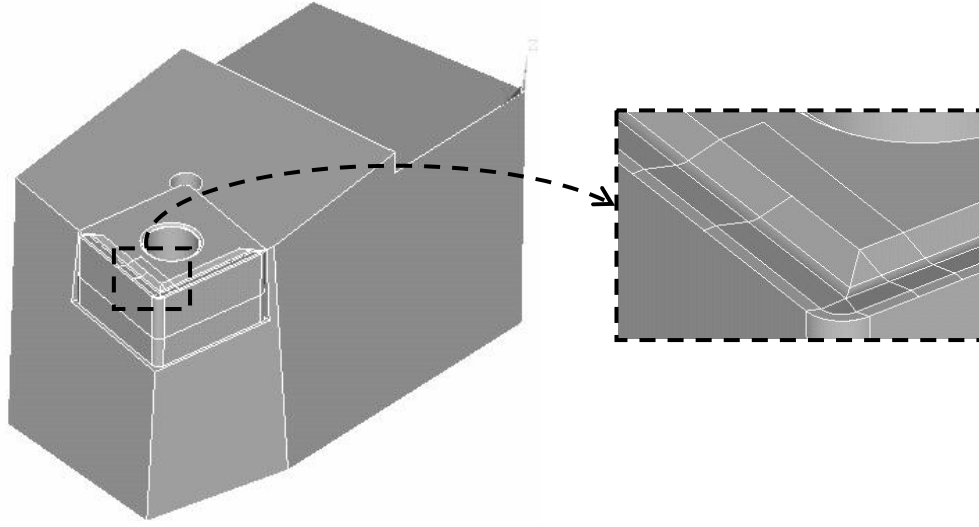


d



e

Şekil 5.7. CATIA V5R15 ile oluşturulan kesici takım modellerinin ANSYS'te model olarak çağrılmış haldeki katı modelleri; PSBNR 2525 M12 takım tutucu ile a)STD talaş kırıcıli kesici takım b)MS talaş kırıcıli kesici takım c)GH talaş kırıcıli kesici takım d)MA talaş kırıcıli kesici takım e)SA talaş kırıcıli kesici takım formları



Şekil 5.8. PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD kaplamalı kesici ucuna ait katı model ve talaş takım temas alanı

Her bir talaş kırıcı formu için hesaplanan talaş-takım temas boyu Çizelge 5.5'te ve talaş takım bölgeleri oluşturulurken meydana gelen talaş takım temas alanları üzerindeki düğüm sayıları da Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. Analizlerde kullanılan talaş kırıcı formlarının talaş-takım temas boyları

Talaş kırıcı formu	Talaş derinliği	
	$a_1=1,6$ mm için	$a_2=2,5$ mm için
	Talaş-takım temas boyu (lc_1) (mm)	Talaş-takım temas boyu (lc_2) (mm)
STD (kaplamalı)	3,9625	6,1915
STD (kaplamasız)	3,9625	6,1915
MS (kaplamalı)	3,9625	6,1915
MS (kaplamasız)	3,9625	6,1915
GH (kaplamalı)	4,0748	6,367
MA (kaplamalı)	3,5616	5,565
SA (kaplamalı)	3,7513	5,8615

Çizelge 5.6. Kesici formlardaki talaş-takım temas alanlarındaki düğüm sayıları

Talaş derinliği	Talaş kırıcı formları				
	SA	MA	GH	MS	STD
1,6 mm için	2017	875	605	912	775
2,5 mm için	4534	2345	1275	1377	1255

5.2.2. Kesici takımlara ait malzeme modelleri ve özellikleri

Analizlerde kullanılan sementit karbür kesici takımlar ve takım tutucu, Mitsubishi takım firmasının kataloğundan çelikler için karşılık gelen kalite'ler Çizelge 5.7'de verilmiştir. Talaş kırıcı geometrileri ile iş parçası malzemesine uygun ISO P30 ve P15 grade'lerine karşılık gelen üretici firmanın UC6010 ve UTİ20T kaliteleri kullanılmıştır.

Çizelge 5.7. Talaş kırıcı geometrileri ve karşılık gelen takım malzemesi kaliteleri

Talaş Kırıcının İsmi	ISO kalitesi	Üretici firmanın kalitesi
SNMG120408R [MA]	P15	UC6010
SNMG120408R [GH]	P15	UC6010
SNMG120408R [SA]	P15	UC6010
SNMG120408R [MS] Kaplamalı	P15	UC6010
SNMG120408R [MS] Kaplamasız	P30	UTİ20T
SNMG120408R [STD] Kaplamalı	P15	UC6010
SNMG120408R[STD]Kaplamasız	P30	UTİ20T

Çizelge 5.8.'de analizlerde kullanılan kesici takımlar için elastisite modülleri (E) ve poisson oranları (ν) verilmiştir.

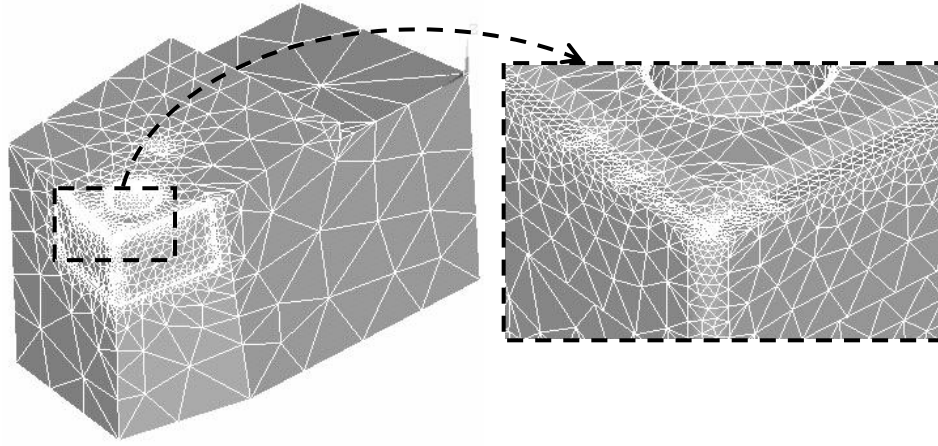
Çizelge 5.8. Kesici takımların malzeme özellikleri

Kesici Takımlar	Elastisite Modülü (E) (GPa)	poisson oranı (ν)	Kaynak
P15	530	0,23	[38]
P30	558,6	0,22	[39]
Takım Tutucu	210,7	0,28	[40]

Eleman tipi olarak bütün analizlerde sementit karbür kesici takımlar ve takım tutucu için litaretüre paralel olarak [41] “Solid” – “10 node 92” yani 3 boyutlu 10 düğümlü kuadratik dört yüzlü” ve malzeme özelliği ise Structural, Linear, Elastic, Isotropic (sırasıyla) olacak şekilde seçilmiştir. Yukarıdaki eleman tipinin seçilmesinin sebebi, analizlerde kullanılan takım tutucu ve talaş kırıcılarıdaki eğrisel yüzeyleri ve kenarları daha iyi oluşturmak için seçilmiştir.

5.2.3. Elemanlara ayırma (meshing)

Takım tutucu ve sementit karbür kesici takımlar için oluşturulan katı modellerde analiz yapılabilmesi için mesh yapılır. Elemanlara ayırma işlemi katı model geometrisi için eleman düzenini otomatik olarak ayarlayan “*smartsize*” yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Buna göre ağ eleman boyutları, tüm kesici takımlar için daha yoğun (smart size=3), takım tutucu ile kesici takım alt plakası için daha seyrek (smart size= 5) olarak alınmıştır. Şekil 5.9’da, elemanlara ayırma işlemi yapılmış PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD kesici takım örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Analizlerde kullanılan ağ yapısı (PSBNR 2525 M12 takım tutucu ve STD talaş kırıcı kesici takım)

5.2.4. Temas çiftleri

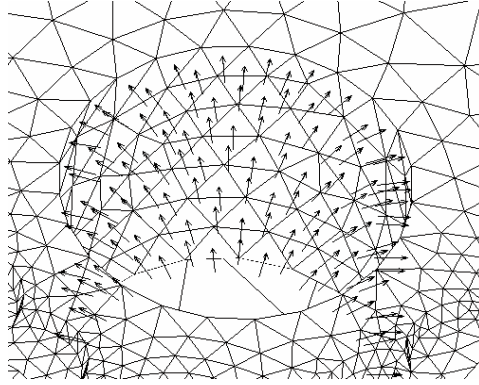
Literatüre uygun olarak [41] temas çifti (contact pair) oluşturulurken; kesici ucun tabanı ile kesici takım alt plakası arasındaki temas yüzeyinin davranışı tüm yönlerde bağlı/yapışık (bonded) olarak ve kesici ucun takım tutucuya temas edilen iki kenarı arasındaki temas çifti oluşturulurken de temas yüzeylerinin davranışı “standart” olarak uygulanmıştır. Temas yüzeyleri arasındaki sürtünme katsayısı “0,1” temas yüzeyleri arasında herhangi bir nüfuziyet (birbirinin sınırları içerisine geçme) oluşturulmadığından başlangıç nüfuziyeti “0” seçilmiştir. Hedef (Target)=kesici takım, temas (contact)=takım tutucu olarak seçilmiştir. Bu şekilde seçilmesinin nedeni ise kesici ucun takım tutucuya oturtulduğu yüzey kesici ucun yüzeyinden daha geniş olduğu içindir.

5.2.5. Yükleme durumu ve sınır şartları

Sıkma kuvvetinin uygulanması

Analizlerde kesici ucu takım tutucuya tutturmak için ISO 1832’ye göre (kullanılan takım tutucu PSBNR kodlu olduğundan dolayı) “P” yöntemi kullanılmıştır. “P” yöntemi; kesici takımın bir çekirme pimi vasıtasıyla yine delikten çekirme

yaptırılarak sabitlenmesidir. “P” yönteminde sıkma kuvveti 1040 N literatürden elde edilmiştir [34,41,42]. “P” yönteminde sıkma kuvveti (1040), sıkmanın uygulanacağı alana yüzey yükü biçiminde (pressure/on area) uygulanmış ve daha sonra elemanlara transfer edilmiştir (Şekil 5.10) .



Şekil 5.10. Sıkma kuvvetinin yüzey yükü olarak uygulanması

F_c Kuvvetinin Uygulanması

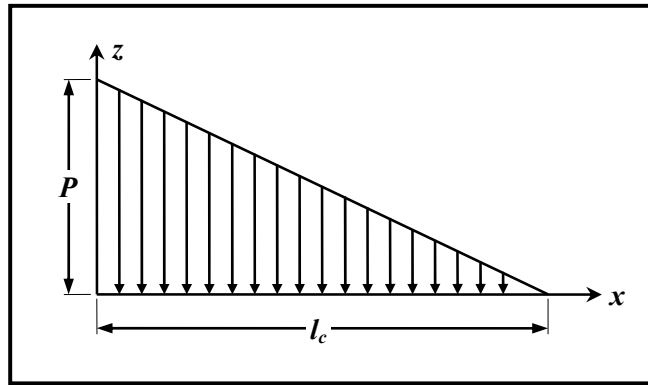
Literatüre uygun olarak [34] F_c kuvveti esas kesme kenarı üzerinde en yüksek olacak şekilde üçgen yayılı yük (surface load / pressure) olarak ve giderek azalan biçiminde şeklinde uygulanmıştır. Şekil 5.7’de gösterilen koordinat sistemine göre esas kesme kuvveti (F_c) +z yönünde uygulanmıştır. Yayılı yükleme için ANSYS’te program tarafından girilmesi istenilen basınç değeri (Şekil 5.11’de “P” ile gösterilmiştir) Eş.5.1’e göre ve eğim değeri de Eş.5.2’ye göre hesaplanmıştır. Eğimin eksi olarak alınmasının sebebi ise, kuvvet gittikçe azalmasıdır .

$$P = \frac{2xF_c}{l_c} \quad (5.1)$$

$$Egim = -\frac{P}{l_c} \quad (5.2)$$

Fa ve Fp Kuvvetlerinin Uygulanması

Fa ve Fp kuvvetleri tüm talaş takım temas alanları üzerindeki düğümlere düğüm başına gelen kuvvet şeklinde yani kuvvet/düğüm biçiminde literatüre uygun [34] hesaplanarak Şekil 5.7’de gösterilen koordinat sistemine göre Fa kuvveti +x yönünde Fp kuvveti ise –y yönünde olacak şekilde uygulanılır.



Şekil 5.11. Fc kuvveti için basınç ve eğimin hesaplanması

Başlangıç ve sınır şartları

ANSYS’de analizlerde kullanılacak başlangıç ve sınır şartları analiz öncesinde yapılan hazırlıkların son aşamasını oluşturmaktadır. Çözüm süresini azaltmak amacıyla sonlu eleman modelini basitleştirmek için literatüre paralellik arz eden aşağıda verilen bazı kabuller yapılmıştır [34].

- 1.Kesici takımdaki tüm ayrıntılar oluşturulurken, takım tutucudaki tüm küçük kenar yuvarlatma (*ER-Edge Rounding*) yarıçapları ve pahlar ihmal edilmiştir.
- 2.Kesici ucu sıkma biçimine bakılmaksızın, tüm sonlu eleman modellerinde sıkma elemanlarının kullanılması ihmal edilmiştir (örneğin sıkma vidası katı modelleme sürecinde oluşturulmamıştır), ancak sıkma elemanları ile sağlanan sıkma kuvveti sadece kesici uca uygulanmıştır.

3. Takım tutucu, altlık ve kesici ucun ağırlık değerleri, ölçülen kesme kuvvetlerine göre çok küçük olması sebebiyle, kesme kuvvetlerinin uygulanmasında bu ağırlık ihmal edilmiştir.
4. Çözüm süresini azaltmak için takım tutucu ile kesici takım alt plakasının alt yüzeyi arasındaki temas etkisi ihmal edilmiş ve takım tutucu ile kesici takım alt plakası için tek katı model olacak şekilde birleştirilmiştir.
5. Eleman sayısını ve dolayısıyla da çözüm süresini azaltmak amacıyla analizlerde bütün takım tutucular, bağlama uzunluğu mesafesinde modellenmiş ve takım tutucunun kesme deneyleri sırasında dinamometre içerisinde kalan kısmının modellenmesi ihmal edilmiştir.
6. Analizlerde kullanılan kesici takımların başlangıçta yeni keskin (kullanılmamış, hiçbir şekilde aşınmamış) olduğu kabul edilmiştir.
7. Yer değiştirmelerin uygulanan yüklerle orantılı ve katı model geometrisine göre çok küçük boyutlarda olduğu, uygulanan yüklemenin kaldırılması halinde kesici takımların orijinal durumlarına geri döndüğü kabul edilmiştir.
8. Statik durum için analiz yapılmış ve hiçbir titreşimin olmadığı kabul edilmiştir. Kesme sırasındaki sıcaklık etkileri ihmal edilmiştir.
9. Sınır şartı olarak takım tutucunun dinamometreye bağlandığı kesitte (takım tutucunun bağlama uzunluğu 50 mm) tüm yönlerde yer değiştirme sıfır seçilmiş ve bağlama uzunluğuna karşılık gelen kesit alanı üzerindeki bütün düğümlere, bu sınır şartı uygulanmıştır.

Çözüm prosedürü

Analiz öncesinde yapılan bu hazırlıklar sonrasında analiz tipi olarak statik (denge durumu) analiz kullanılmıştır. Kesici takım alt plakası ile kesici takım arasında temas çifti uygulandığı için ANSYS, doğrusal olmayan (non-linear) analiz ve bu analizler içinde iterasyon işlemini kullanılmıştır. Yukarıda detaylı bir şekilde anlatılan analiz prosedürü takip edilerek toplam 210 analiz gerçekleştirilmiştir.

Analizler, her bir iş parçası-kesici takım çifti için Ek 1’de gösterilen ve analiz öncesinden hazırlanan bir kütük (*log*) dosyasından okutulmak suretiyle parametrik

olarak yapılmıştır. Bunun için ilgili kesici takım grubuna (takım tutucu ve kesici takım) ait analizleri yapmak amacıyla talaş-takım temas alanı oluşturularak ve sıkma kuvvetleri ve sınır şartları uygulanarak hazırlanan şablonlar kullanılmıştır. Kütük dosyasında ise dosyalama sisteminin tanımlanmasının yapılması ve kesme kuvveti değerlerinin belirtilmesi gerekmektedir. Böylece, ANSYS programı açıldıktan sonra gerekli girdiler kütük dosyasından okutulmak suretiyle çözüm yapılmıştır.

Kesme parametrelerdeki değişime göre kesici takımda gerilmelerin incelenmesi için analizler sonucunda belirlenen en büyük asal gerilme, en küçük asal gerilme ve von Mises gerilmesi (ANSYS'teki ifadesi S_1 , S_3 , S_{EQV}) kullanılmıştır.

6. DENEY ve ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Değerlendirme Esasları

Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetlerini etkileyen pek çok faktör vardır. Takım ile talaşın temas uzunluğunun kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir [1]. Temas uzunluğunun azalması ile birlikte kesme kuvvetleri düşerken, temas uzunluğunun artması ile meydana gelen sürtünme, kesme kuvvetlerinin artmasına sebep olmaktadır. Kesme kuvvetleri kesici takım geometrisinden etkilenmektedir. Kesici takım tipi, takım/talaş temas yüzeyi belirleyen en önemli parametrelerden birisidir.

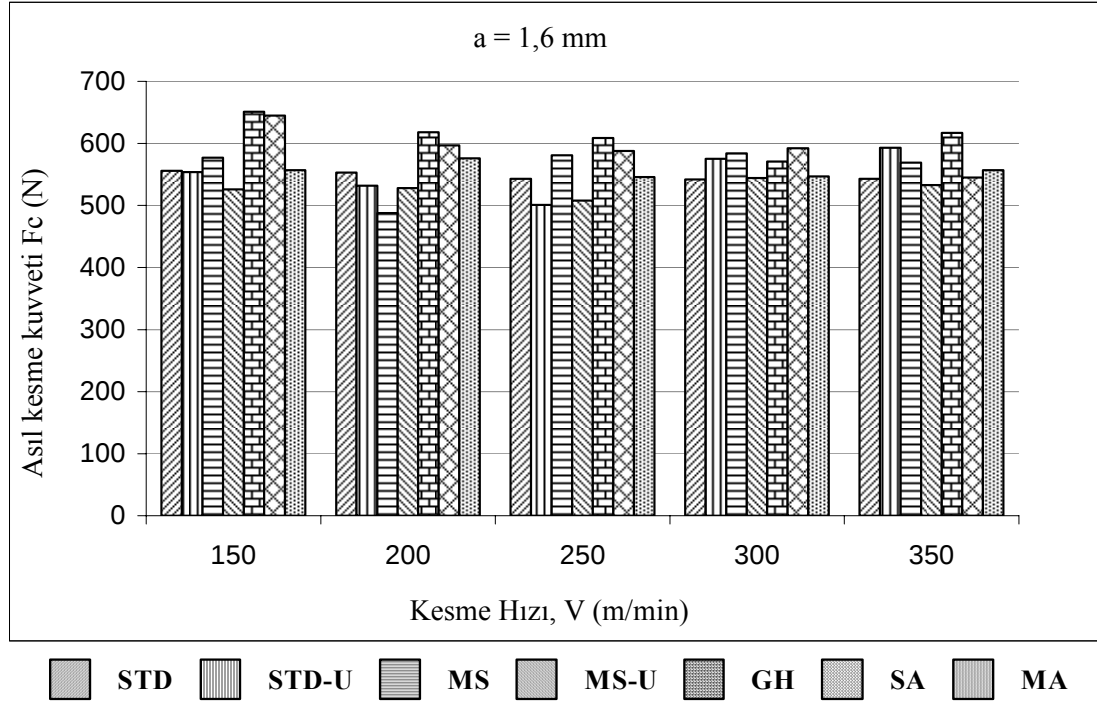
Bu çalışmada, talaş kırıcı geometrisinin değişimine bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki değişimin deneysel olarak belirlenmesi ve bu kuvvetlerin takım gerilmelerine etkisi araştırılmıştır. Bölüm 5’de detaylı olarak anlatılan kistler 9275B olan bir dinamometre ile BSD’li torna tezgâhında, farklı talaş kırıcılara sahip kesici takımlar kullanarak talaş kaldırma deneyleri yapılmıştır. Ek 2’de kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (F_c , F_a , F_p) Çizelge 2.1-Çizelge 2.7’de tablo halinde verilmiştir

6.2. Talaş Kırıcı Geometrilerin Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

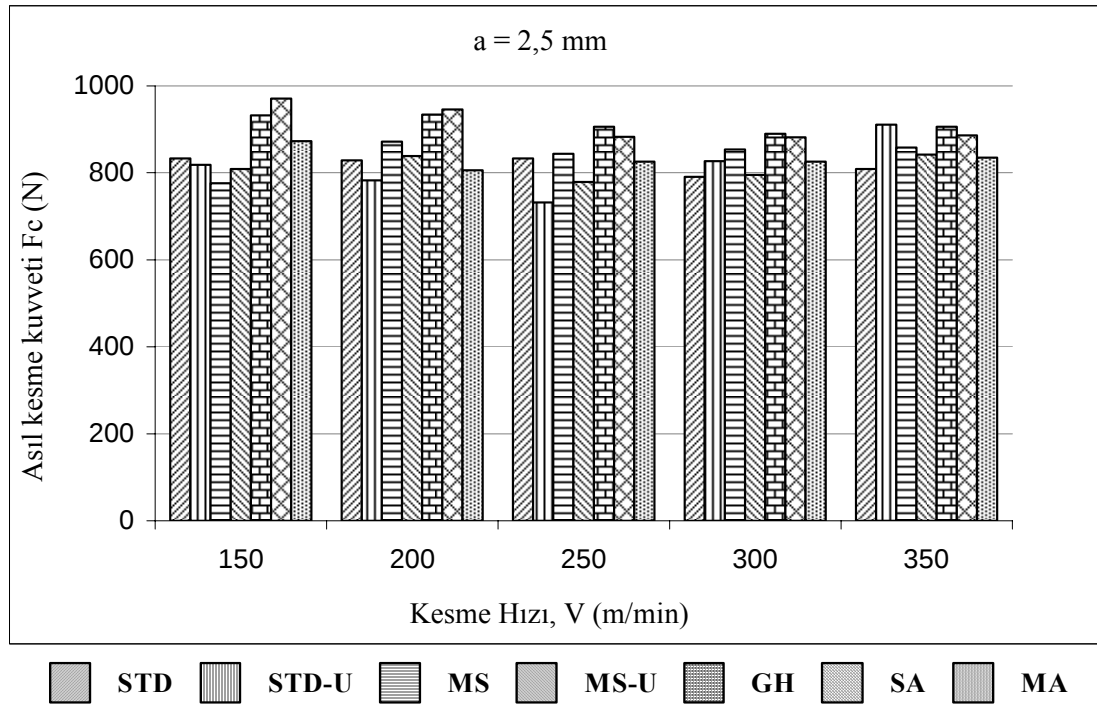
Yedi farklı talaş kırıcı formu (kaplamalı STD, MS, GH, SA, MA kaplamasız STD-U, MS-U), 2 farklı talaş derinliği (1,6–2,5 mm), 3 farklı ilerleme (0,15–0,25–0,35 mm/rev) ve 5 farklı kesme hızında (150, 200, 250, 300, 350 m/min) yapılan talaş kaldırma deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvvetleri değerleri Şekil 6.1- Şekil 6.9’da gösterilmiştir.

Genel olarak Şekil 6.1 - Şekil 6.6’daki grafiklere bakıldığında tüm talaş kırıcı formlarında talaş ve ilerleme değerindeki artışa paralel olarak asıl kesme kuvveti F_c ’nin arttığı, buna karşın kesme hızındaki artışla birlikte asıl kesme kuvveti F_c ’nin

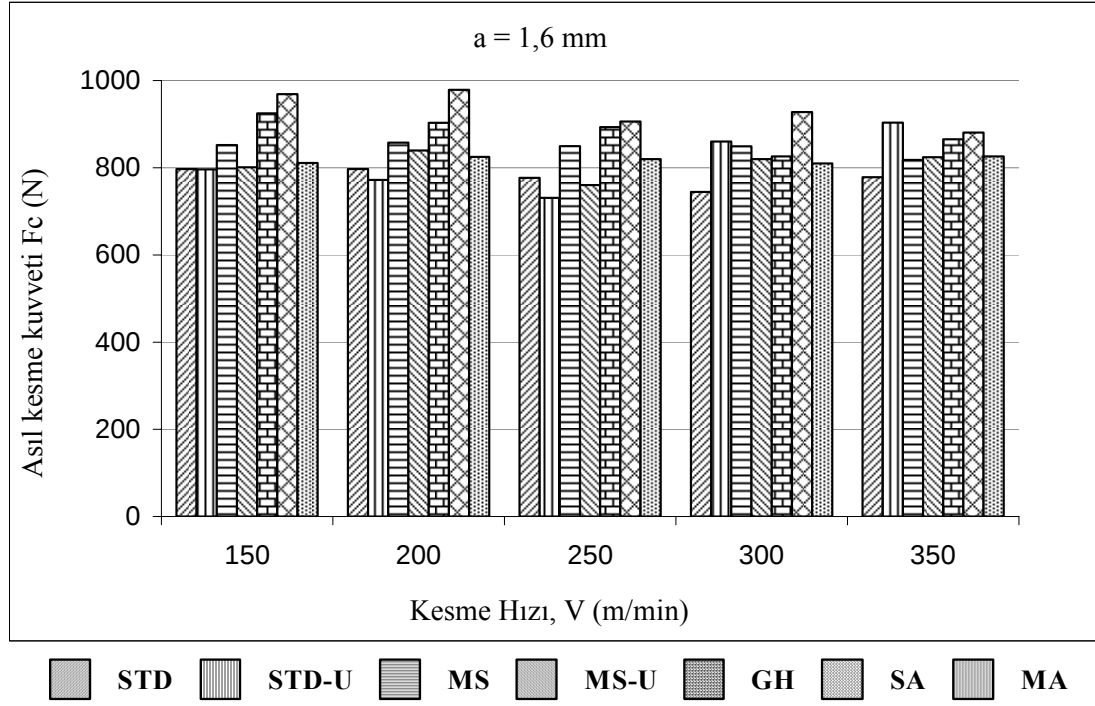
azaldığı görülmüştür. Bu durum literatürle paralellik arz etmektedir [34,43]. Asıl kesme kuvvetinin azalmasının sebebi, kesme hızındaki artışa bağlı olarak sarf edilen enerjideki artış ve bu enerjinin tamamına yakınının sıcaklığa dönüşerek işleme esnasında talaş oluşumunu kolaylaştırmasıdır. Kienzle'nin " $F_c = A \times k_s$ " eşitliğine göre ilerleme ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak, talaş kesit alanı (A) artacağından kesme kuvvetleri de artacaktır [1]. Aynı talaş kırıcı formlarına sahip kaplamalı ve kaplamasız takımlar birbirleriyle karşılaştırıldığında özellikle düşük kesme hızlarında öneli bir fark gözlenmezken özellikle kesme hızı 300 ve 350 m/min'e çıktığında kaplamasız STD talaş kırıcı formunda kaplamalı STD talaş kırıcı formuna göre daha yüksek F_c kuvvetleri gözlenmiştir (Şekil 6.1 – Şekil 6.6). Kaplamasız MS talaş kırıcı formu, kaplamalı MS talaş kırıcı formu ile karşılaştırıldığında ise, yine özellikle kesme hızı 350 m/min olduğunda kaplamasız MS talaş kırıcı formunda kaplamalı MS talaş kırıcı formuna göre daha yüksek asıl kesme (F_c) kuvvetinin olduğu belirlenmiştir. Söz konusu bu durum, yüksek hızlarda kaplamasız takımların kaplamalı takımlara göre daha hızlı aşınma sürecine girmesi ile açıklanabilir. Bütün talaş kırıcı formlarında genellikle kesme hızı artarken asıl kesme kuvvetinin azaldığı tespit edilmiş ancak kesme hızı 350 m/min'lere vardığında kısmen bir artış olduğu gözlenmiştir. Bu durum, söz konusu bu hızda kullanılan kesici formları için üretici firmanın önerdiği hız sınırlarının dışına çıkılmasına bağlı olarak açıklanabilir. Genellikle en yüksek asıl kesme kuvvetlerinin talaş kırıcı formu en karmaşık olan kesici takımlarda, en düşük asıl kesme (F_c) kuvvetleri ise talaş kırıcı formu en az karmaşık olan kesici takımlarda olduğu tespit edilmiştir.



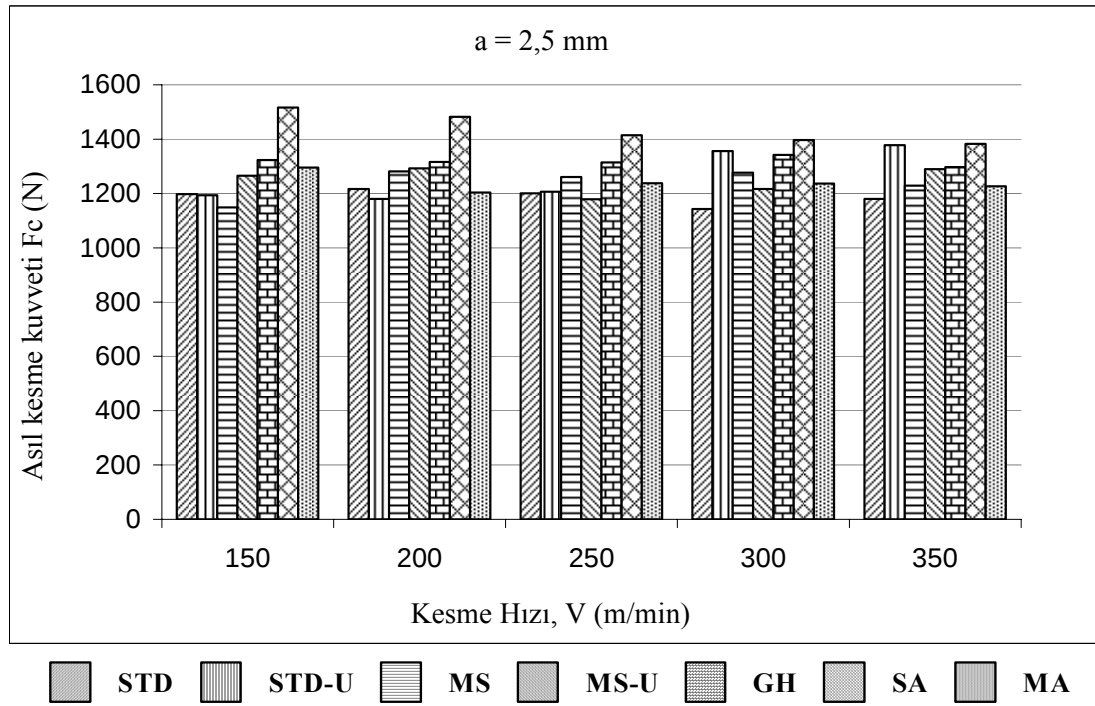
Şekil 6.1. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim



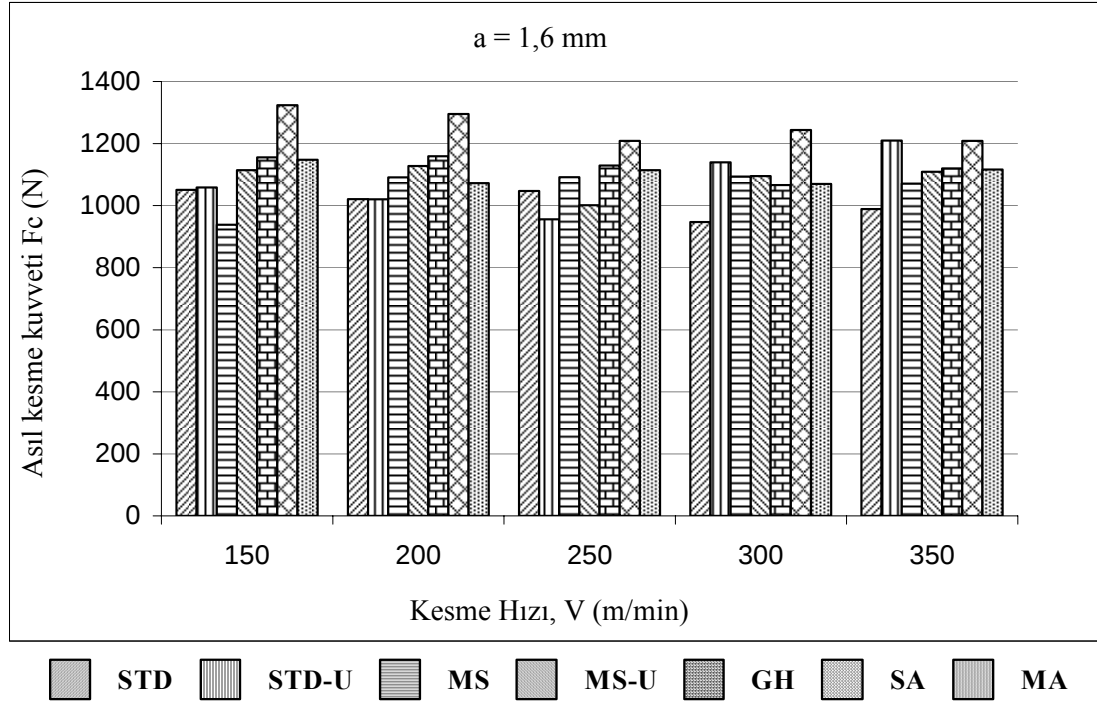
Şekil 6.2. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim



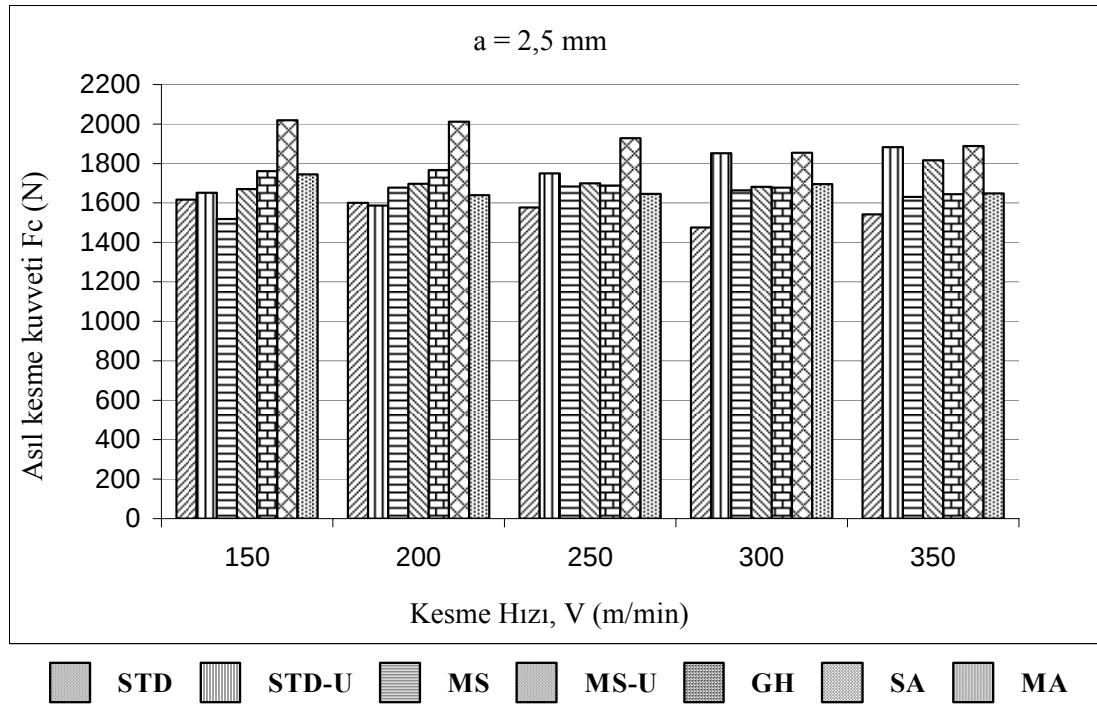
Şekil 6.3. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25 \text{ mm/rev}$ olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim



Şekil 6.4. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25 \text{ mm/rev}$ olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim

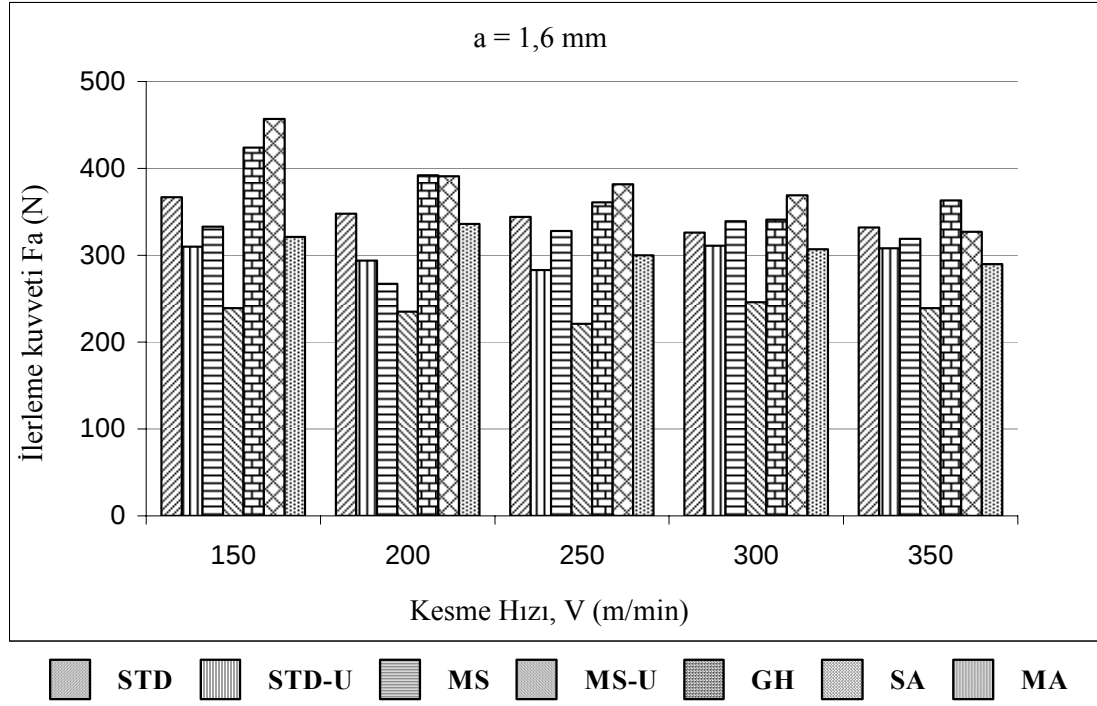


Şekil 6.5. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim

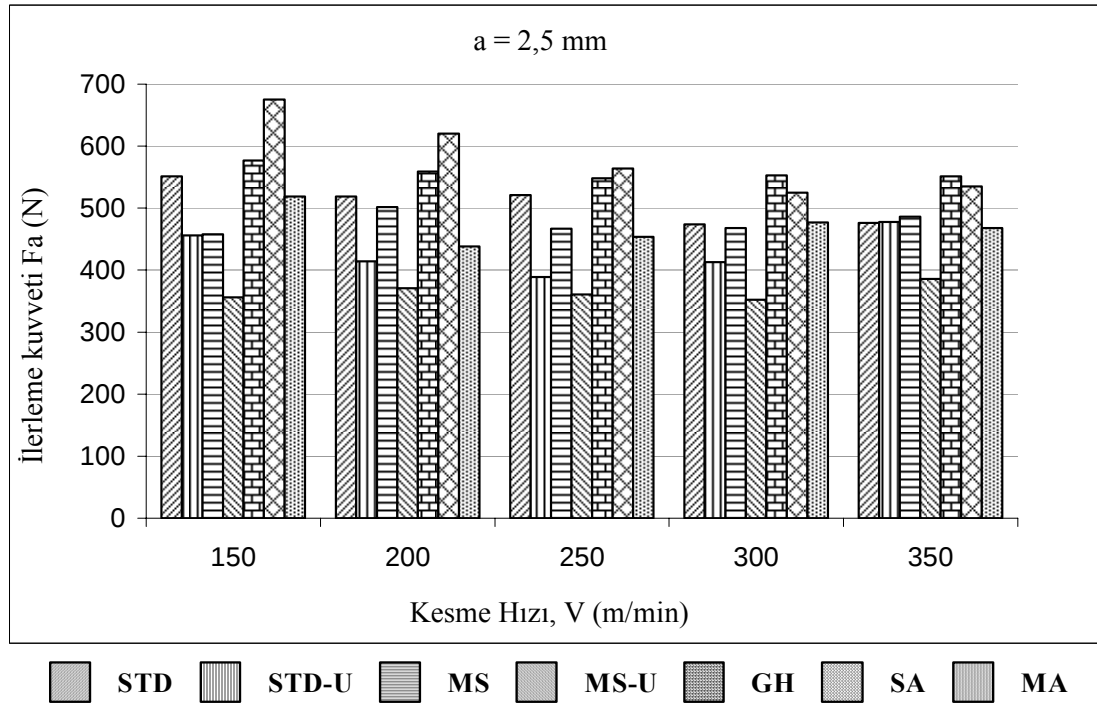


Şekil 6.6. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ mm ve $f = 0,35$ mm/rev olduğunda asıl kesme kuvvetindeki (F_c) değişim

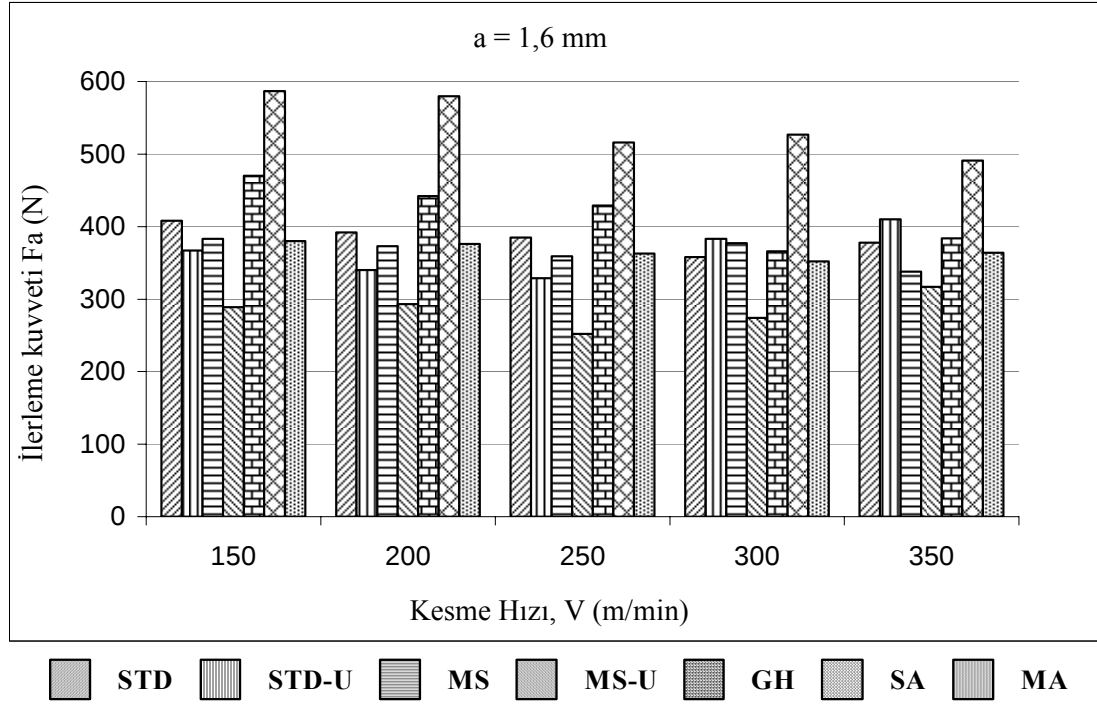
Şekil 6.7 – Şekil 6.12’deki grafikler incelendiğinde ise, genellikle kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetinin azaldığı ancak talaş derinliği ve ilerleme değerindeki artışa paralel olarak ilerleme kuvvetinin (F_a) artışı dikkat çekmektedir. Bu durum daha evvel açıklanan sebeplerle ilişkilendirilebilir. En yüksek kuvvetlerin çok karmaşık geometrili olan SA talaş kırıcı formunda olduğu saptanmıştır. Kesme hızının artması genellikle kuvvetlerde düşüşler meydana getirmiştir. Bu durum literatürle paralellik arz etmektedir [34,45]. Deney şartları ilerleme 0,35 mm/rev talaş derinliği 1,6 – 2,5 mm’ de iken bütün kesici takımlar $f = 0,15 - 0,25$ mm/rev ilerlemelere göre daha yüksek kuvvetler oluşturduğu tespit edilmiştir. Aynı talaş kırıcı formlarına sahip kaplamalı ve kaplamasız takımlar birbirleriyle karşılaştırıldığında, 1,6 mm talaş derinliğinde ve kesme hızı 300 – 350 m/min, 2,5 mm talaş derinliğinde ve kesme hızı 250 – 300 m/min olduğunda, kaplamasız takımların kaplamalı takımlara göre daha yüksek ilerleme kuvveti tespit edilmiş. Söz konusu bu durum, yüksek hızlarda kaplamasız takımların kaplamalı takımlara göre daha hızlı aşınma sürecine girmesi ile açıklanabilir.



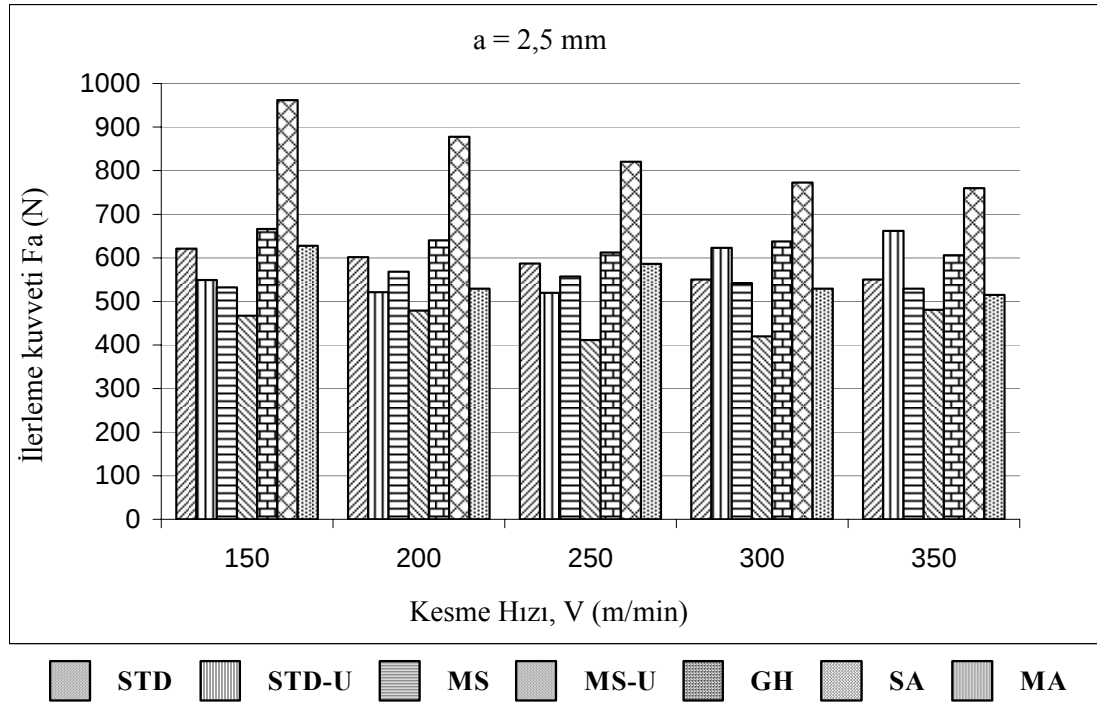
Şekil 6.7. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15 \text{ mm/rev}$ olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim



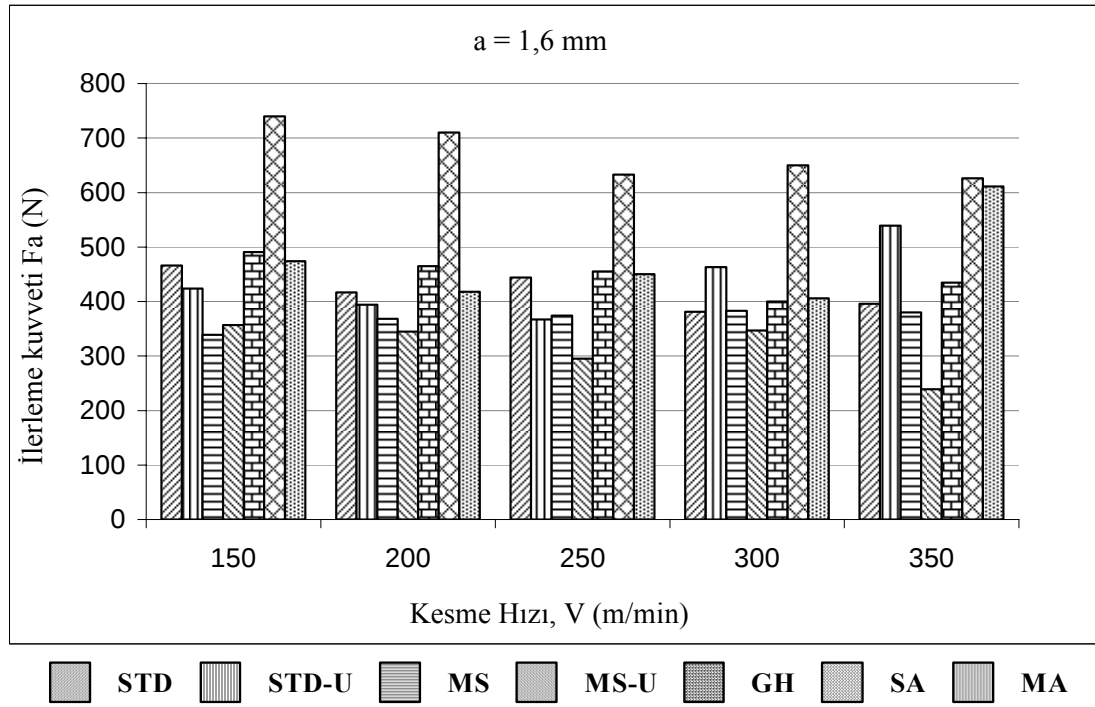
Şekil 6.8. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15 \text{ mm/rev}$ olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim



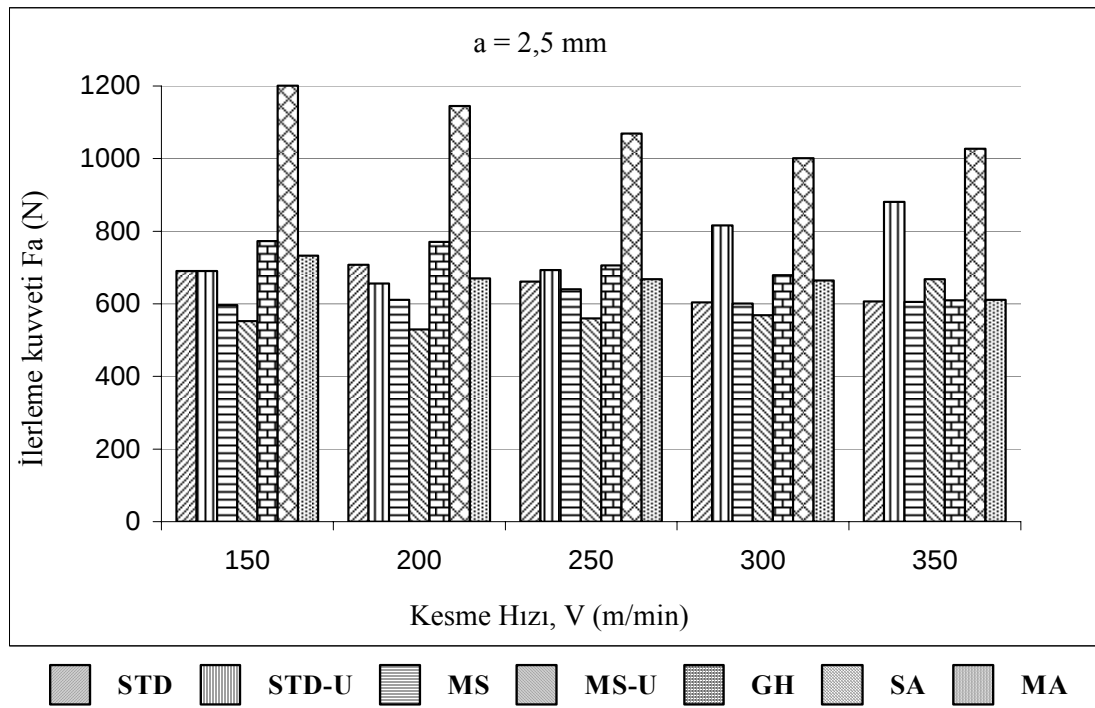
Şekil 6.9. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim



Şekil 6.10. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25$ mm/rev olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim

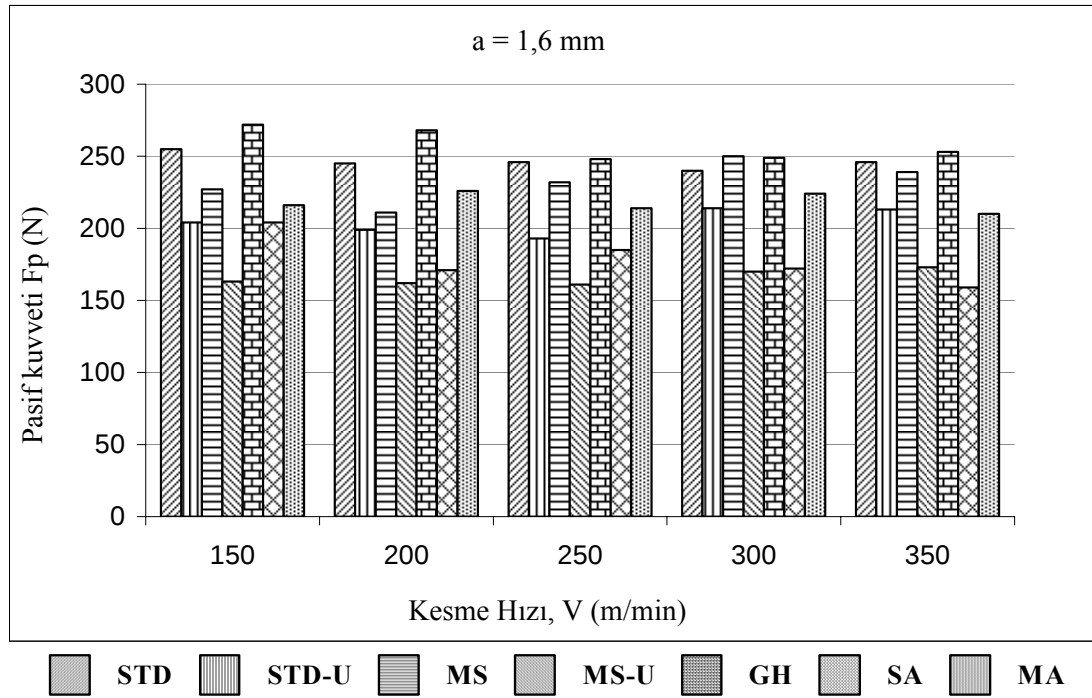


Şekil 6.11. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35 \text{ mm/rev}$ olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim

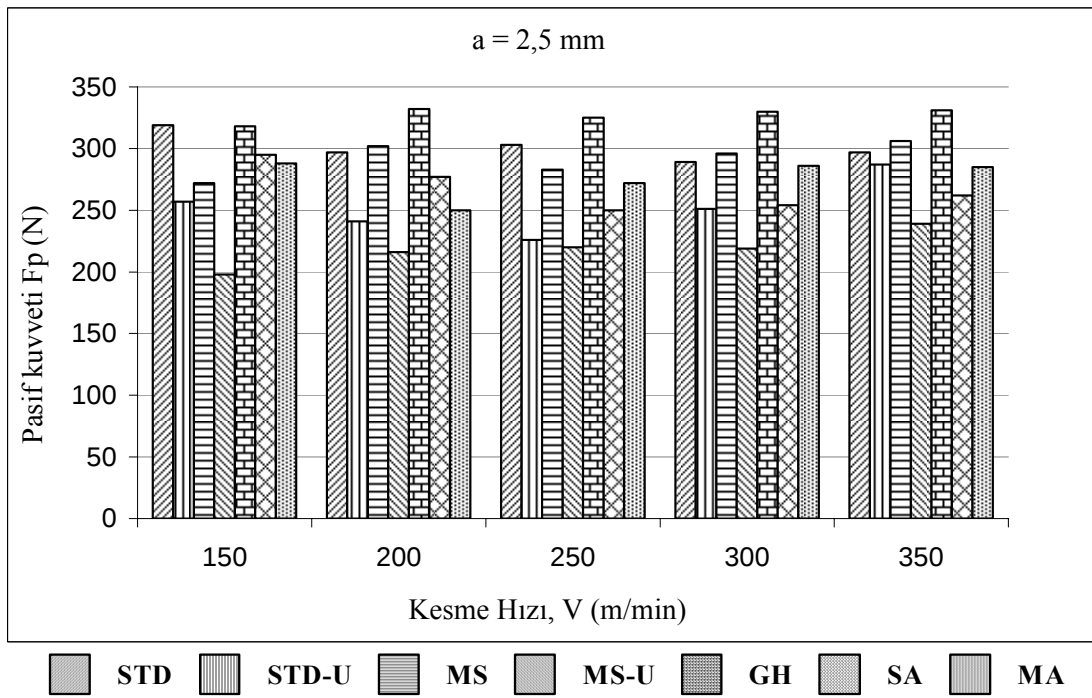


Şekil 6.12. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,35 \text{ mm/rev}$ olduğunda ilerleme kuvvetindeki (F_a) değişim

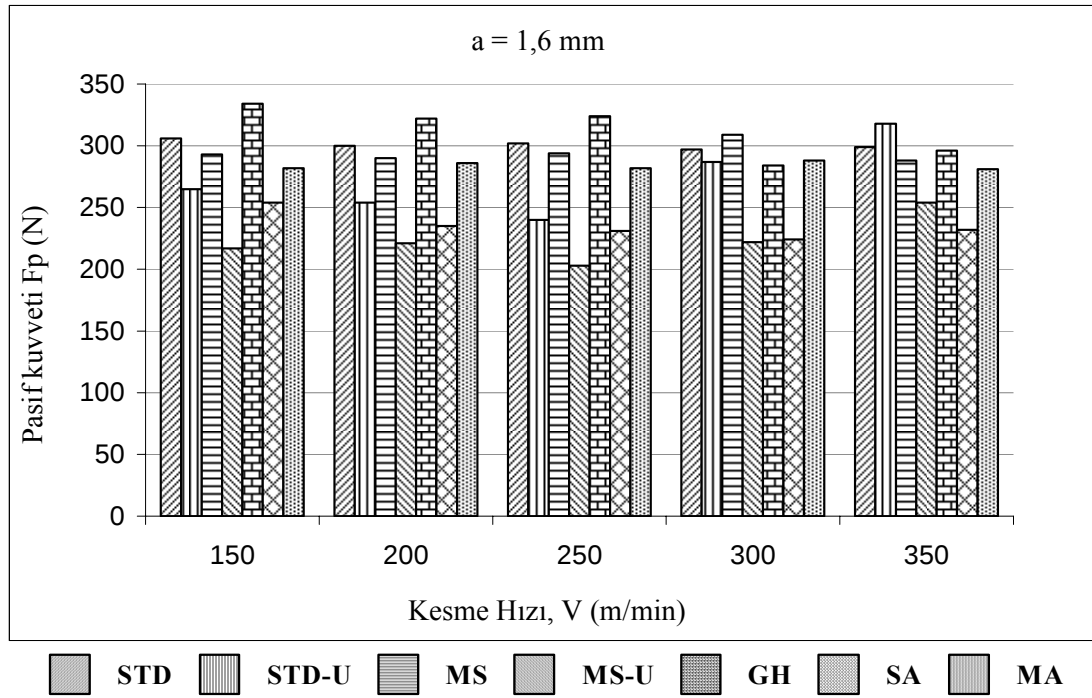
Şekil 6.13 – Şekil 6.18’deki grafikler incelendiğinde genellikle en yüksek F_p pasif kuvvetine GH talaş kırıcı formunda görülmüştür. Bu durum, talaş kırıcının geometrik özelliğinden kaynaklanmakta olup talaşı koparmaya çalışan talaş oyukları diğer talaş kırıcı formlarına göre biraz daha geride olduğu için düşünülmektedir. Talaş derinliğinin artması ile kuvvetlerde bir artış olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi a ’ya bağlı olarak talaş kesit alanı (A)’nın büyümesidir. İlerlemeye bağlı olarak tüm kesici takımlarda F_p pasif kuvvetinde artışlar olmuştur. İlerleme artıkça Kienzle’nin “ $F_c=A \times k_s$ ” eşitliğine göre talaş kesit alanı (A) artacağından pasif kuvveti artmıştır [1]. Kesme hızı 350 m/min ve talaş derinliği 1,6–2,5 mm iken, kaplamasız STD talaş kırıcı formu kaplamalı STD talaş kırıcı formuna göre, daha yüksek kuvvetler gözlenmiş. Kesme şartlarının en ağır olduğu durumlarda kaplamasız (STD ve MS) formları, kaplamalı (STD ve MS) formlarına göre, daha yüksek F_p pasif kuvveti gözlenmiştir. Söz konusu bu durum, yüksek hızlarda kaplamasız takımların kaplamalı takımlara göre daha hızlı aşınma sürecine girmesi ile açıklanabilir. Kesme şartları ilerleme 0,35 mm/rev talaş derinliği 1,6 ve $a = 2,5$ mm iken, genellikle yüksek kuvvetler GH formunda görünürken kesme hızı 300–350 m/min olduğunda, bu özelliğini STD talaş kırıcı formundaki kaplamasız kesici takıma devretmiştir. Bunun sebebi ise üretici firmanın önerdiği kesme hızı sınırlarının dışına çıkılmasına bağlı olarak açıklanabilir.



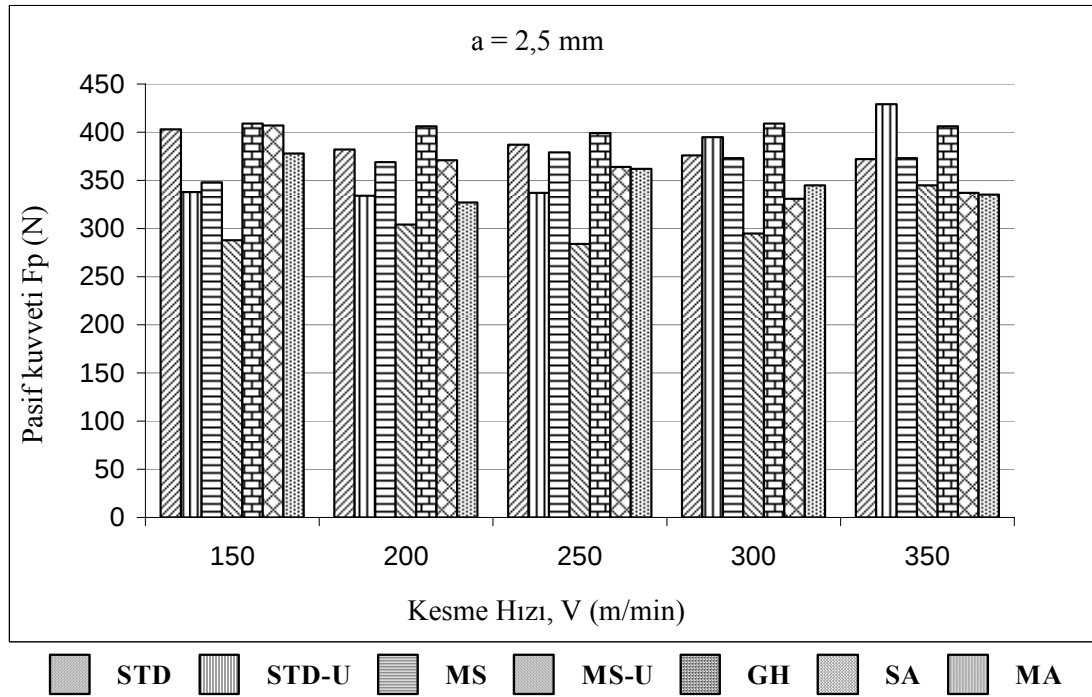
Şekil 6.13. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,15 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim



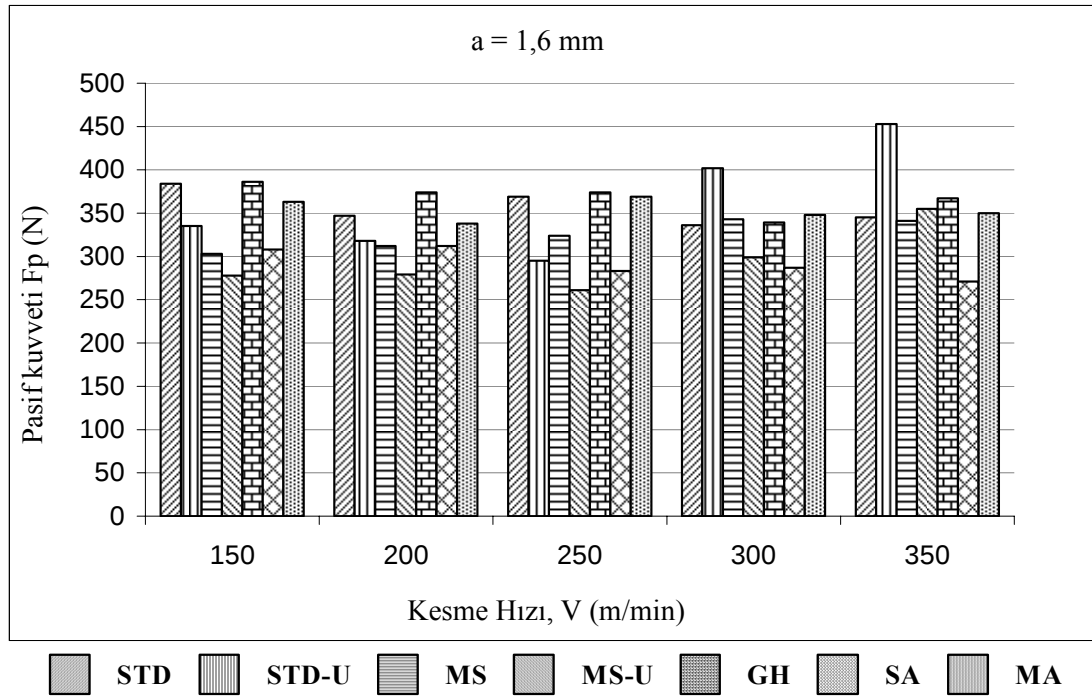
Şekil 6.14. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,15 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim



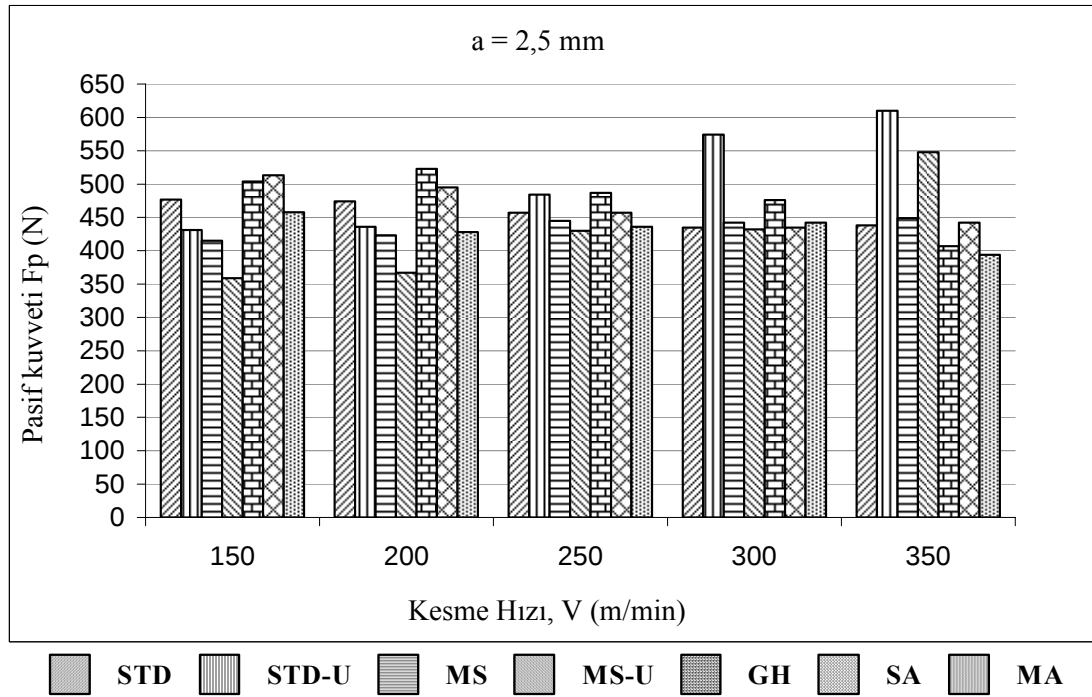
Şekil 6.15. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,25 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim



Şekil 6.16. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,25 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim



Şekil 6.17. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $f = 0,35 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim



Şekil 6.18. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $f = 0,35 \text{ mm/rev}$ olduğunda pasif kuvvetteki (F_p) değişim

6.3. Tornalama Esnasında Oluşan Kesme Kuvvetlerinin Takım Gerilmeleri Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Kesme kuvvetlerinin takım gerilmeleri üzerindeki etkilerini incelenmesinde Bölüm 5.2, Şekil 5.7’de gösterilen koordinat sistemi esas alınmış ve analizlerde takım üzerinde en büyük ve en küçük gerilmenin ne kadar olduğu ve kesici ucun nerden aşınacağını tahmin etmek için sırasıyla aşağıdaki gerilme sonuçlarına bakılmıştır.

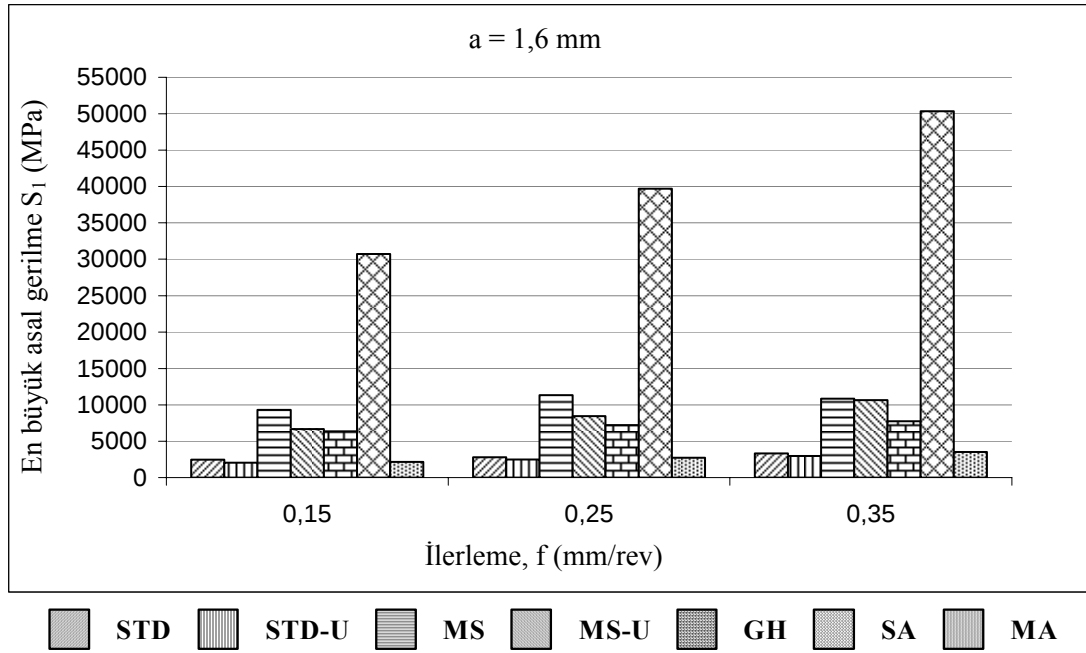
- En büyük asal gerilme (S_I)
- En küçük asal gerilme (S_3)
- von Mises gerilmesi (S_{EQV})

Yedi farklı talaş kırıcı formu (kaplamalı STD, MS, GH, SA, MA ve kaplamasız STD-U, MS-U), 2 farklı talaş derinliği ($a = 1,6-2,5$ mm), 3 farklı ilerleme ($f = 0,15-0,25-0,35$ mm/rev) ve 5 farklı kesme hızında ($V = 150, 200, 250, 300, 350$ m/min) yapılan talaş kaldırma deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvvetlerinin kesici takım üzerinde oluşturduğu S_I , S_3 ve S_{EQV} gerilmelerinin değerleri Şekil 6.10- Şekil 6.25’de gösterilmiştir. Ek 3’de kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeleri (S_I , S_3 , S_{EQV}) Çizelge 3.1-Çizelge 3.7’de tablo halinde verilmiştir.

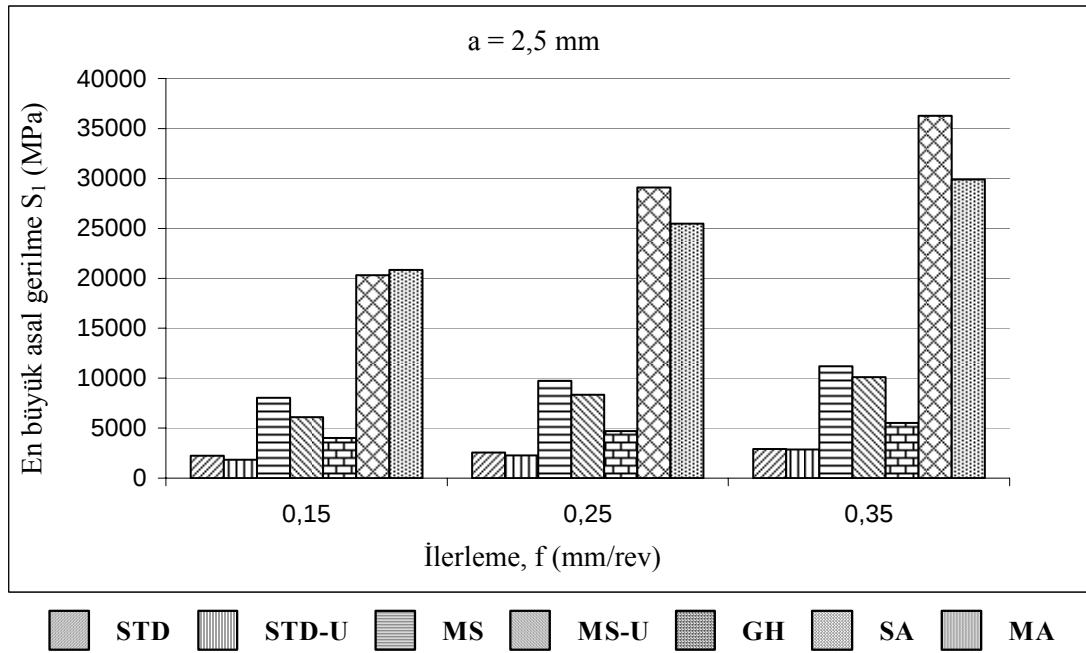
Kullanılan koordinat sistemine göre analiz sonuçlarında “+” ve “-” işaretli gerilmeler en büyük ve en küçük asal gerilme (sırasıyla çekme ve basma) biçiminde ele alınmıştır.

Şekil 6.19- Şekil 6.28 deki grafiklere göz atıldığında talaş derinliği 1,6 mm iken genellikle en büyük asal gerilmesinin, sırasıyla, kaplamalı SA/MS talaş kırıcı formu, kaplamasız MS talaş kırıcı formu, kaplamalı GH/STD talaş kırıcı formu, kaplamasız STD talaş kırıcı formu ve kaplamalı MA talaş kırıcı formuna sahip takımlarda en yüksek değerlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Talaş derinliği 2,5 mm olduğunda ise, genellikle en büyük asal gerilme (S_I) değerlerine ulaşan kesici takımlar, sırasıyla, kaplamalı SA - MA - MS, kaplamasız MS, kaplamalı GH - STD, kaplamasız STD

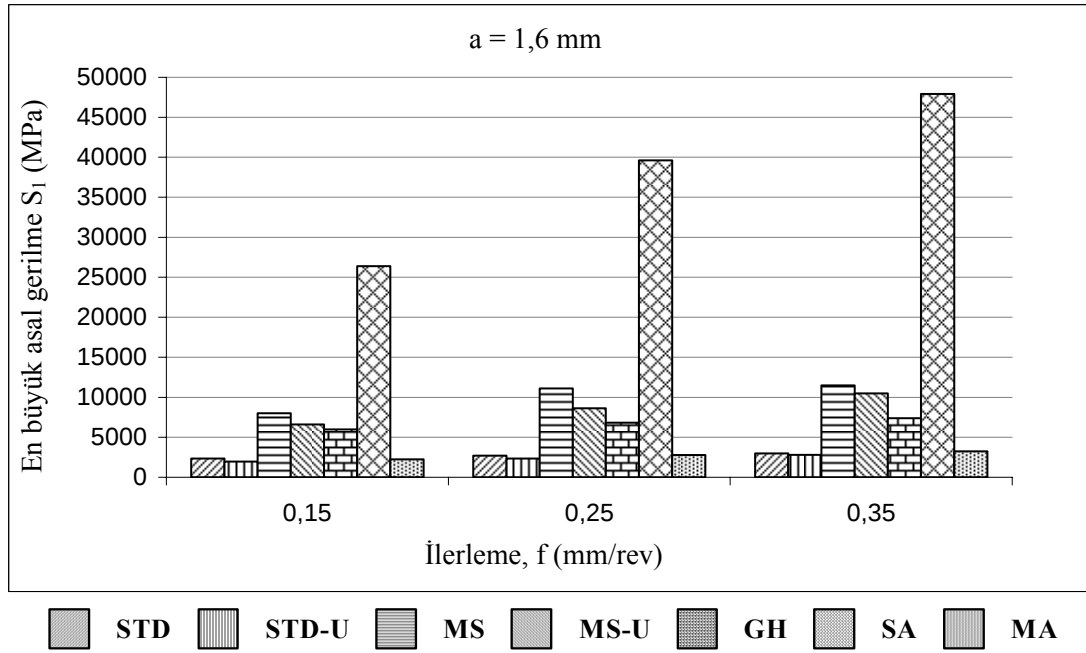
talaş kırıcı formlarına sahip kesici takımlardır. Talaş derinliği 1,6 ve 2,5 mm olduğunda sıralamanın bu şekilde çıkmasının sebebi bu talaş kırıcı formlarının oluşturdukları kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) değerlerine bağlı olarak açıklanabilir. Kuvvetler arttıkça S_1 gerilmelerin artışı da düşünülmektedir. En karmaşık olan talaş kırıcı formlarında en yüksek gerilmelerin ve en az karmaşık olan talaş kırıcı formlarında ise en düşük gerilmelerin çıktığı gözlenmiştir. En büyük asal gerilme (S_1) grafiklerine bakıldığında, MA talaş kırıcı formunun bütün ilerleme ve kesme hızlarında, talaş derinliği 1,6 mm' den 2,5 mm' ye yükseldiğinde, S_1 gerilmesinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, üretici takım firmasının MA talaş kırıcı formu için önerdiği talaş derinliği ve kesme hızının dışına çıkılmasına bağlı olarak açıklanabilir. Genel olarak ilerleme miktarının artmasıyla bütün kesici formlarında en büyük asal gerilme S_1 değerlerinde artışlar olurken, kesme hızı ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak S_1 gerilmelerinde azalmalar olmuştur. Bu durumun bu şekilde çıkmasının sebebi, ilerleme ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak talaş takım temas alanı ve talaş kesit alanı artacağından, kesme hızının artmasına bağlı olarak ta kuvvetlerin azaldığından, S_1 gerilmelerinin azaldığı düşünülmektedir. En büyük asal gerilmesi S_1 grafiklerine bakıldığında kaplamalı (MS, STD) talaş kırıcı formları ile kaplamasız (MS, STD) talaş kırıcı formları birbirleriyle mukayese edildiğinde kaplamalı (MS ve STD) talaş kırıcı formları kaplamasız (MS ve STD) talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek gerilmeler oluştururken özellikle kesme hızı 350 m/min ilerleme 0,25 – 0,35 mm/rev olduğunda, kaplamasız (MS, STD) talaş kırıcı formlarında görülen S_1 gerilmeleri kaplamalı (MS, STD) talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi olarak ta bu kesme şartlarında bu talaş kırıcı formlarının oluşturdukları kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) değerlerine bağlı olarak açıklanabilir. Kaplamasız talaş kırıcı formlarında, kaplamalı talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek kuvvetlerin olduğu için, kuvvetler arttıkça S_1 gerilmelerin artışı da düşünülmektedir.



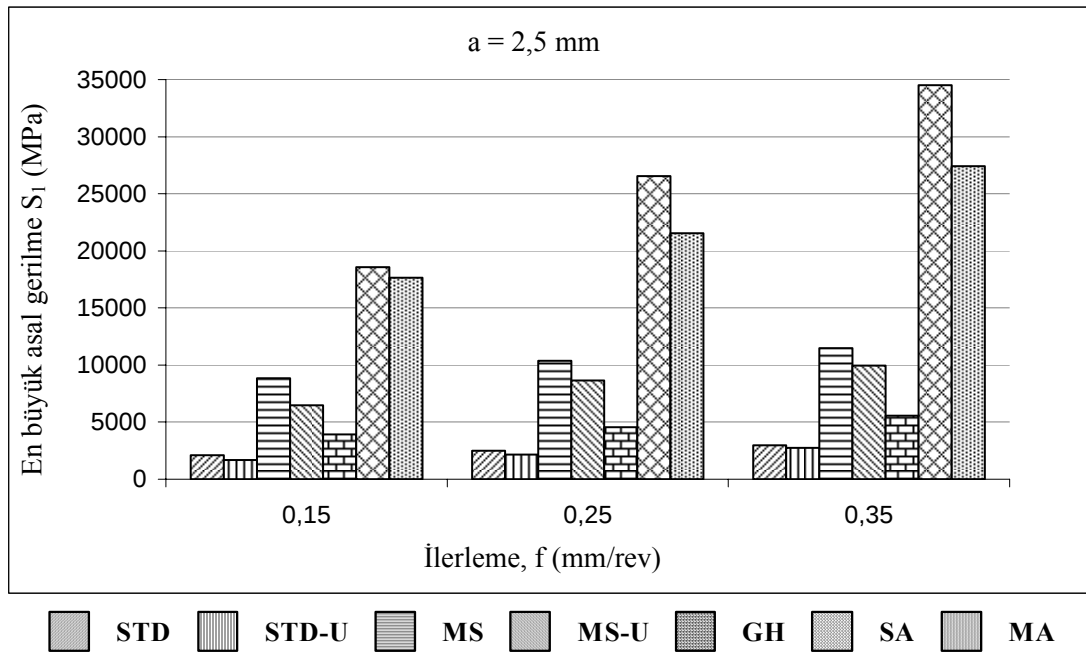
Şekil 6.19. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



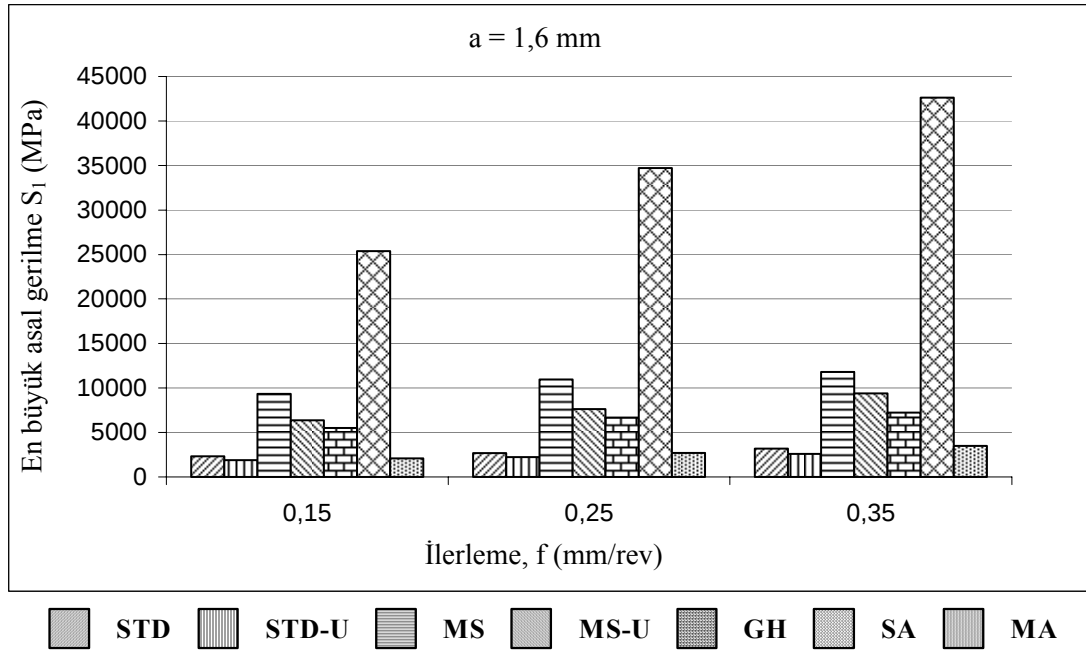
Şekil 6.20. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



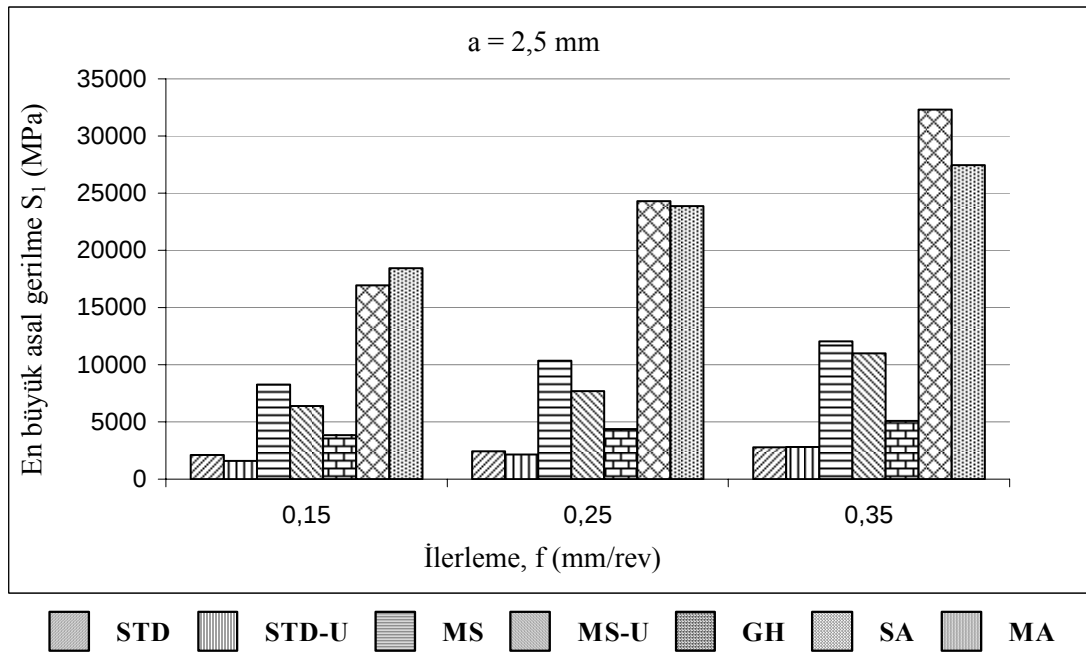
Şekil 6.21. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



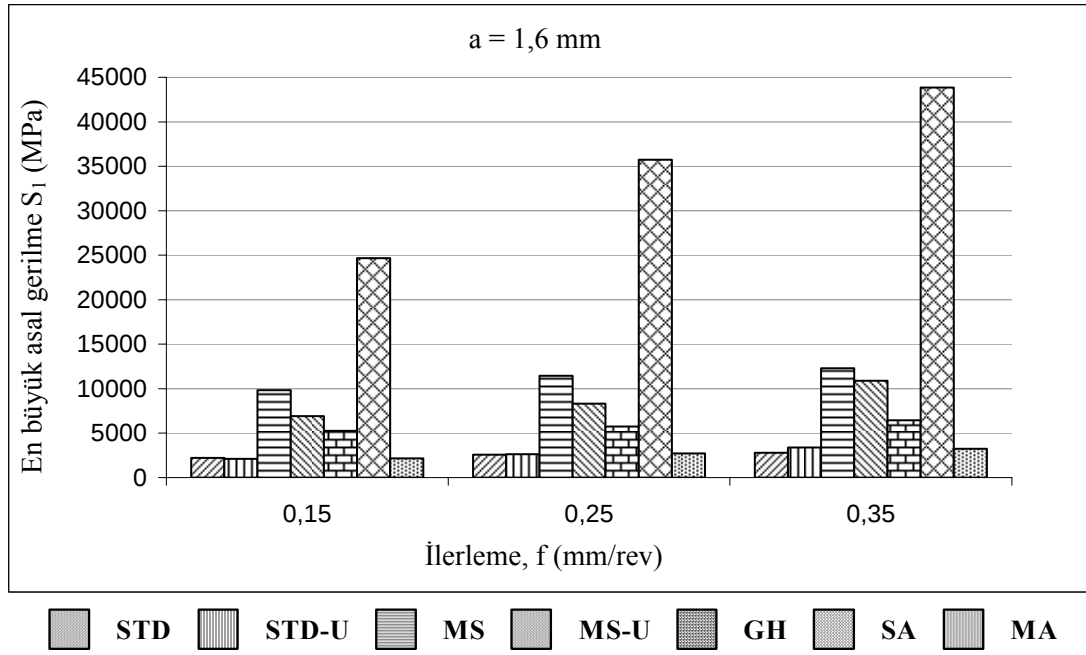
Şekil 6.22. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



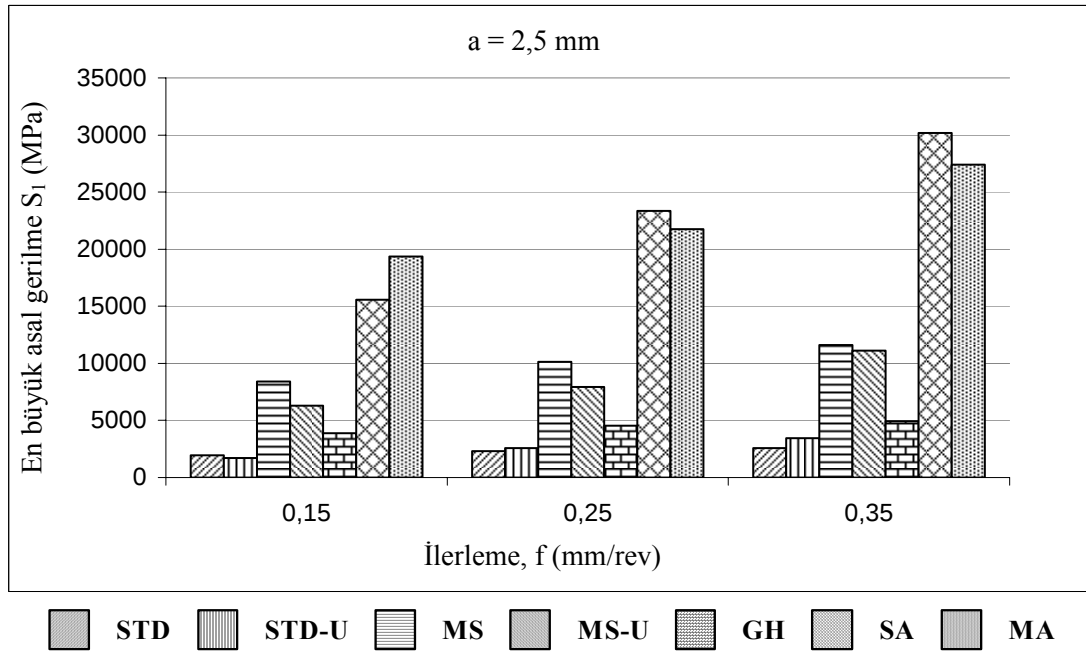
Şekil 6.23. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



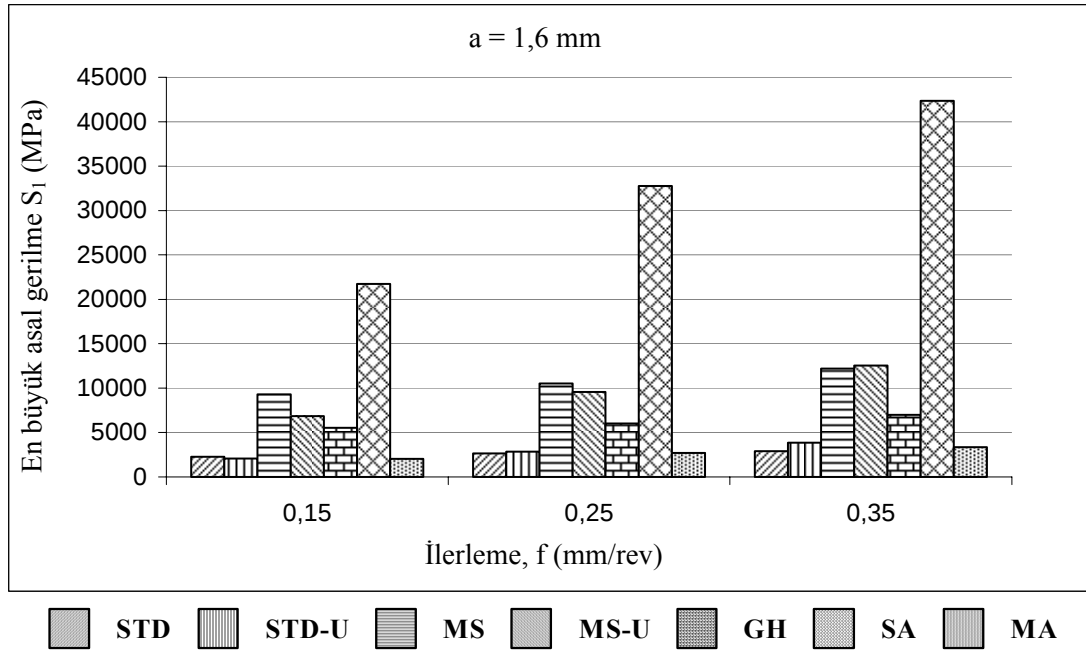
Şekil 6.24. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



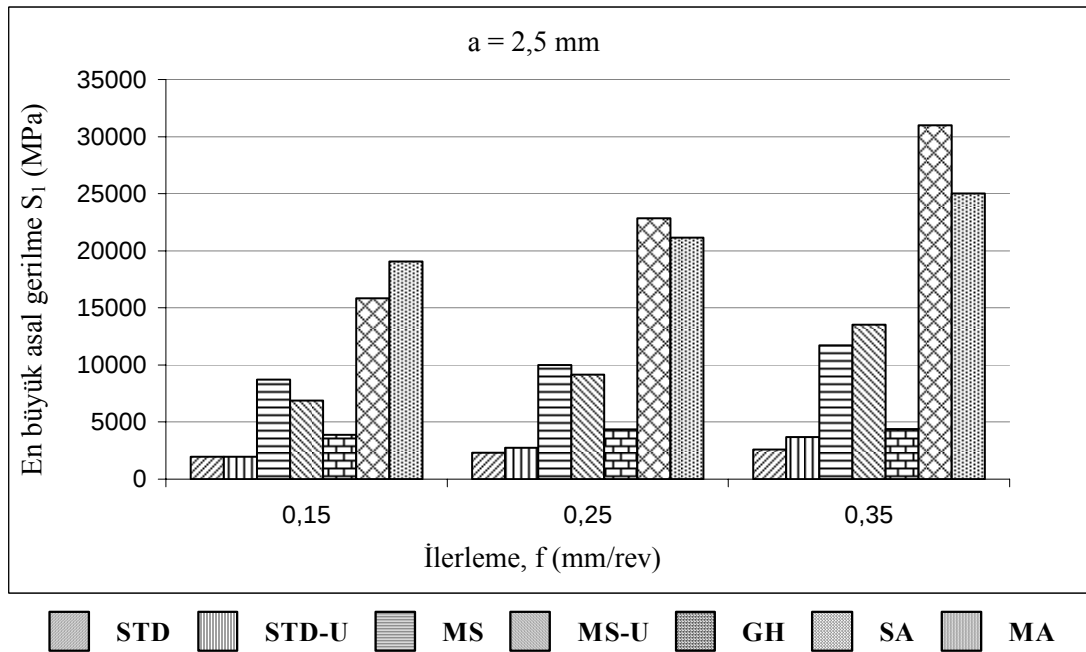
Şekil 6.25. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi



Şekil 6.26. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi

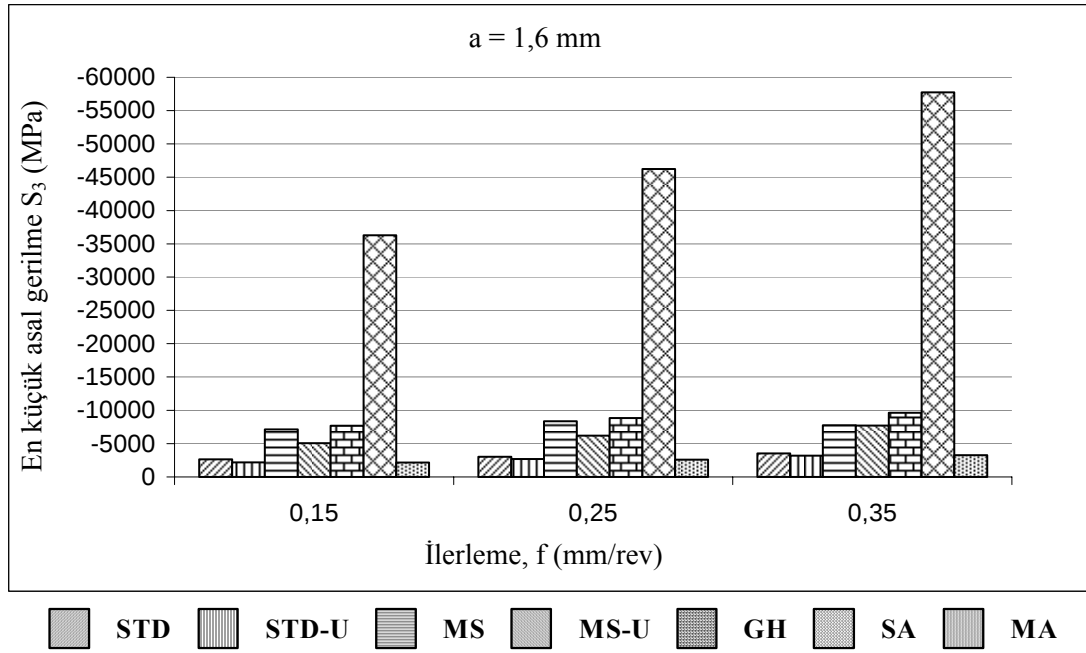


Şekil 6.27. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi

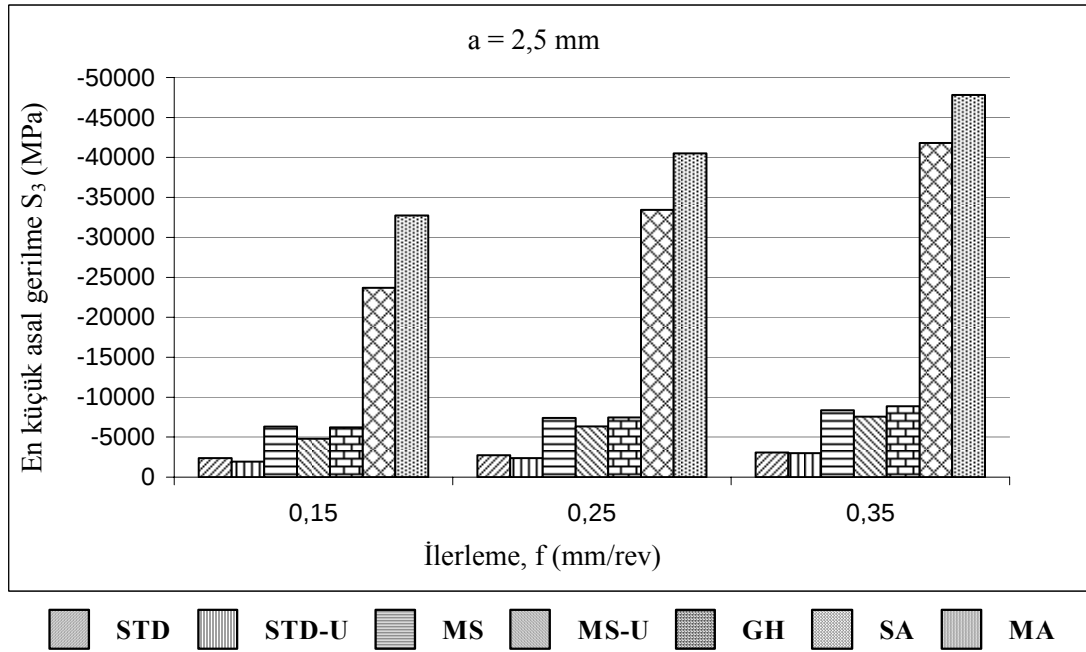


Şekil 6.28. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda en büyük asal gerilme (S_1) değişimi

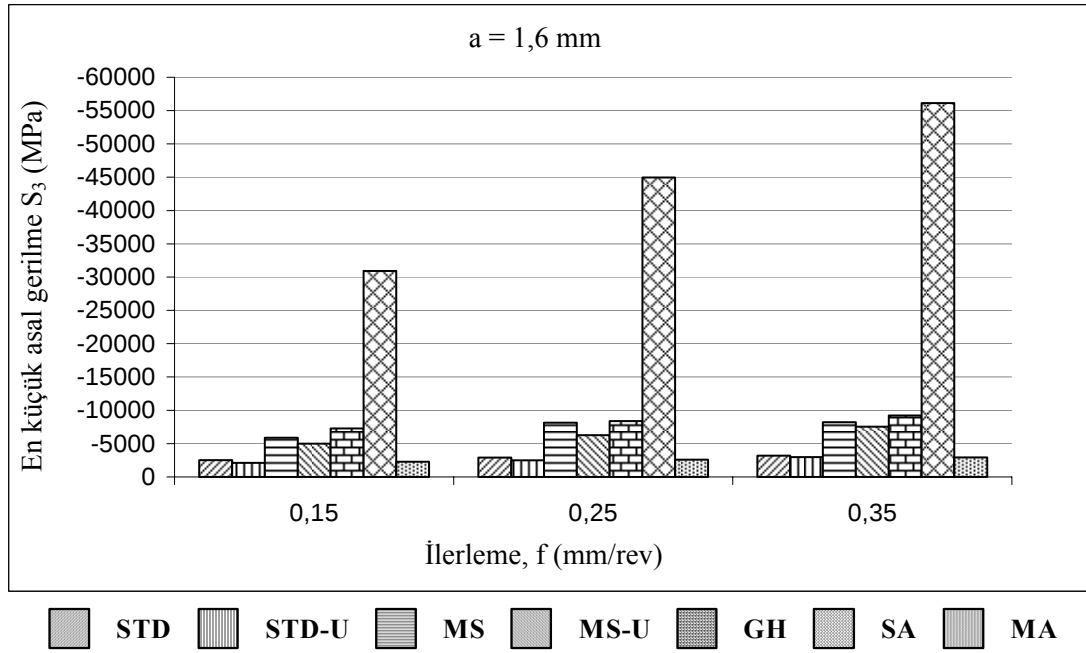
Şekil 6.29 – Şekil 6.38’deki grafiklerin tümüne bakıldığında S_3 gerilmesi için ilerlemeye bağlı olarak ilerleme artığında tüm talaş kırıcı formlarında gerilmeler artarken, buna ters olarak kesme hızı ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak S_3 gerilmelerinde azalmalar olmuştur. İlerleme ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak talaş takım temas alanı ve talaş kesit alanı artığından, kesme hızının artmasına bağlı olarak da kuvvetler azaldığından, S_3 gerilmelerinin düştüğü düşünülmektedir. En küçük asal gerilme (S_3) grafiklerine bakıldığında, genel olarak talaş derinliği 1,6 mm iken en yüksek gerilmelerin kaplamalı SA talaş kırıcı formunda olduğu en düşük S_3 gerilmelerinin ise kaplamasız STD talaş kırıcı formun olduğu tespit edilmiştir. Gerilmelerin bu şekilde çıkması, olarak ta talaş kırıcı formlarının talaş takım alanındaki düğüm sayısının yoğunluğuna bağlı olarak, düğüm sayısı artıkça buna paralel olarak da gerilmelerinde artığı, düğüm sayısı azaldıkça gerilmelerin azaldığı şeklinde izah edilebilir. Talaş derinliği 1,6 mm iken en yüksek S_3 gerilmesine kaplamalı SA talaş kırıcı formu sebep olurken, talaş derinliği 2,5 mm’ye çıktığında ise bu özelliğini MA formundaki kaplamalı talaş kırıcı formuna devretmiştir. Bu kesici formunda talaş kırıcı geometrisinden dolayı gerilmelerin artığı ve üretici takım firmasının MA talaş kırıcı formu için önerilen talaş derinliği dışına çıkılmasına bağlı olarak bu kadar yüksek gerilmeler çıktığı düşünülmektedir. Kaplamalı (MS, STD) talaş kırıcı formları ile kaplamasız (MS, STD) talaş kırıcı formları birbirleriyle karşılaştırıldığında genellikle kaplamalı talaş kırıcı formları kaplamasız talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek S_3 gerilmeleri oluşturduğu tespit edilmiştir. Sadece kesme şartları kesme hızı 350 m/min ilerleme 0,25 - 0,35 mm/rev olduğunda, kaplamasız talaş kırıcı formlarında kaplamalı talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek gerilmeler oluşturmuştur. Bunun sebebi olarak ta bu talaş kırıcı formların oluşturdukları kesme kuvvetlerine (F_c , F_a , F_p) bağlı olarak açıklanabilir ve kuvvetler artıkça gerilmelerinde artığı düşünülmektedir.



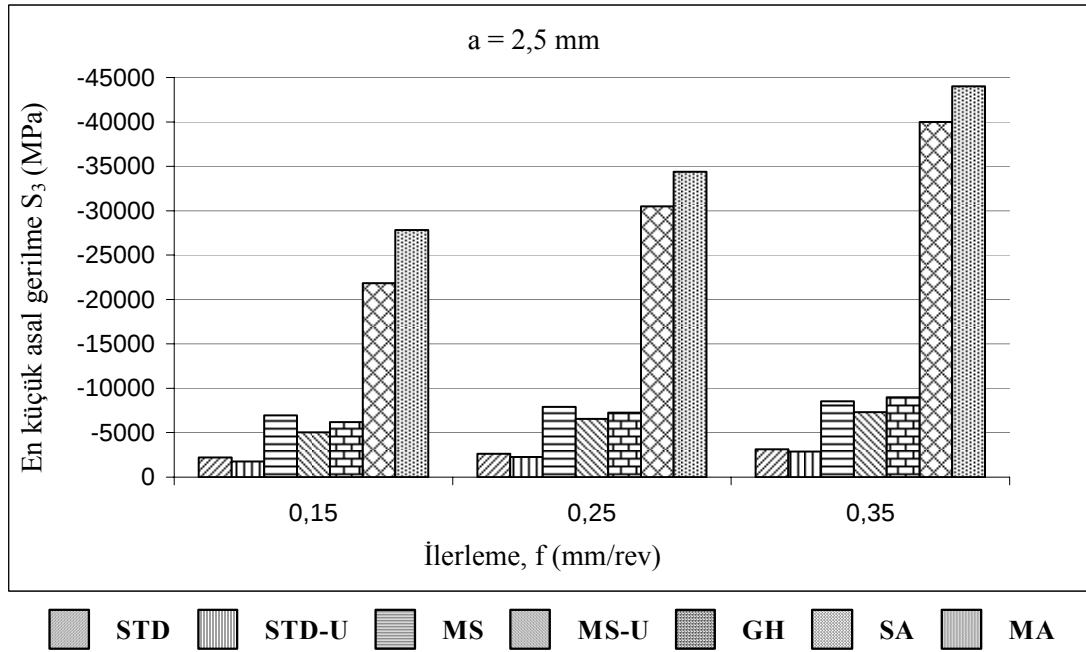
Şekil 6.29. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



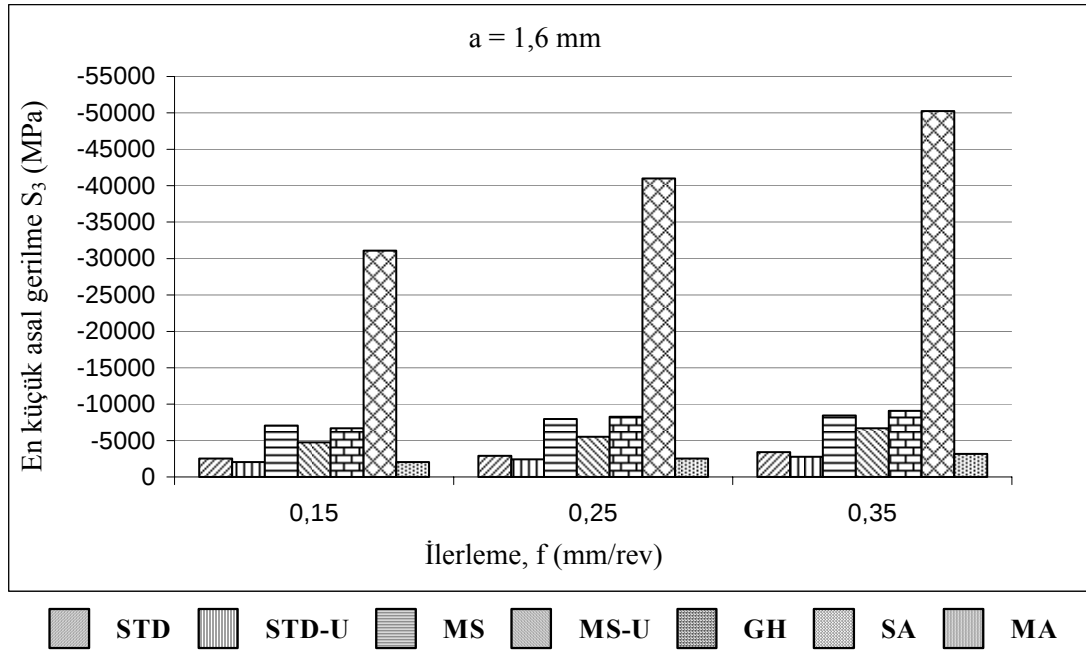
Şekil 6.30. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



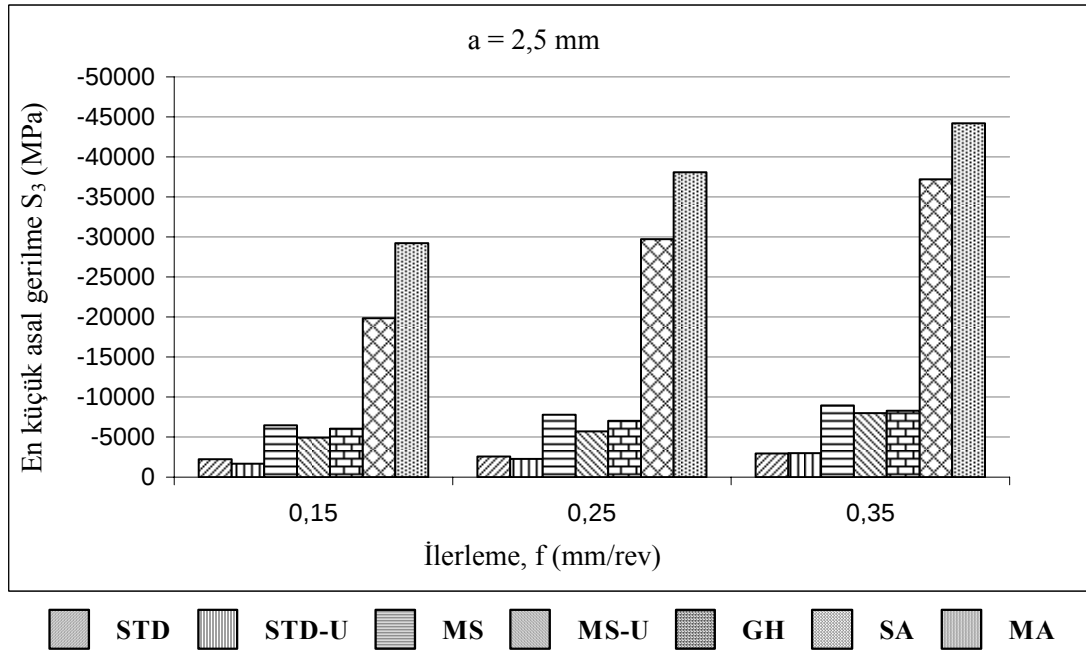
Şekil 6.31. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



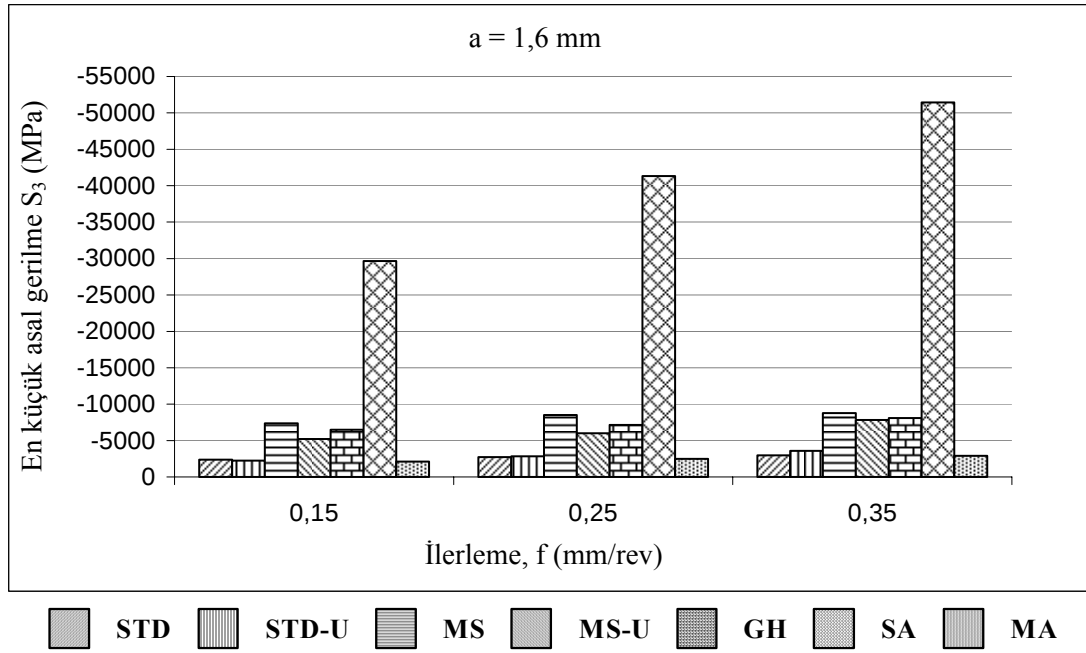
Şekil 6.32. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



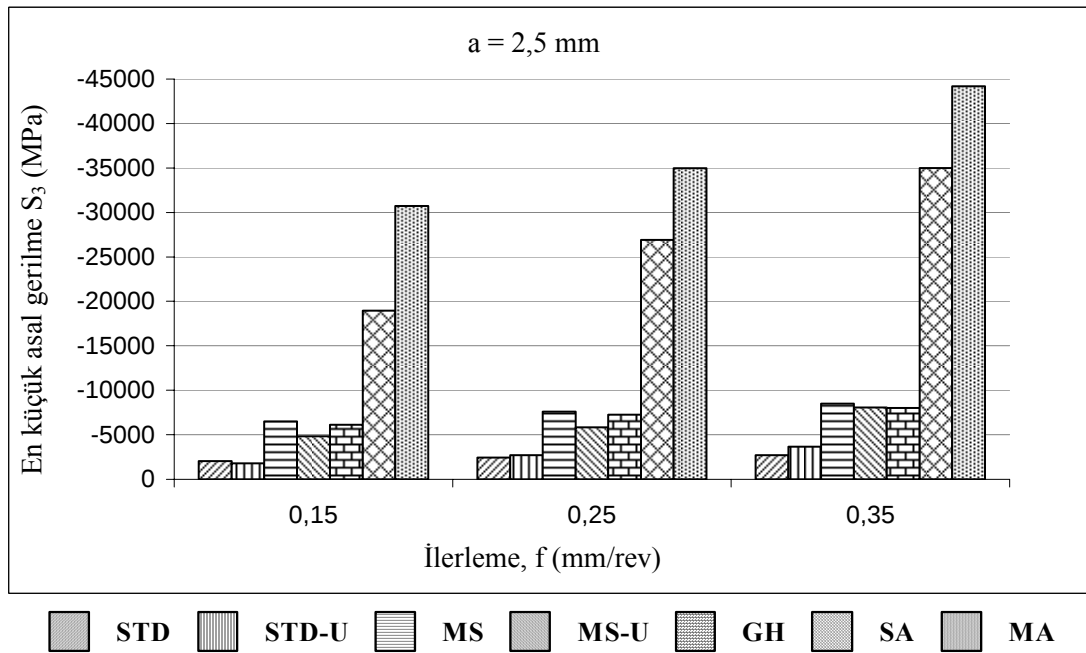
Şekil 6.33. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



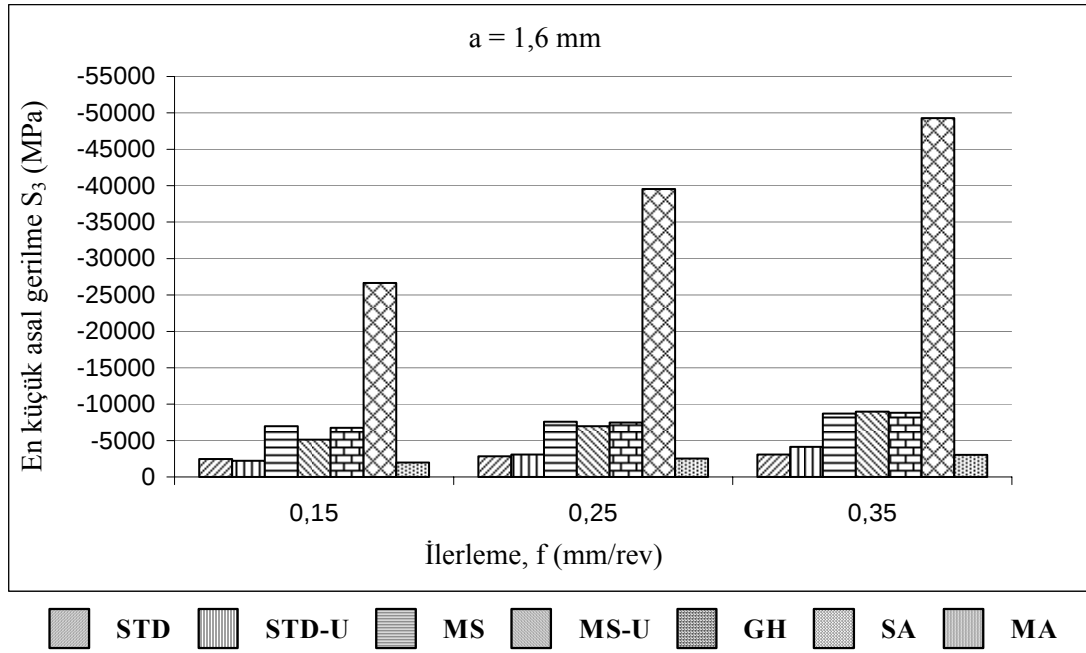
Şekil 6.34. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



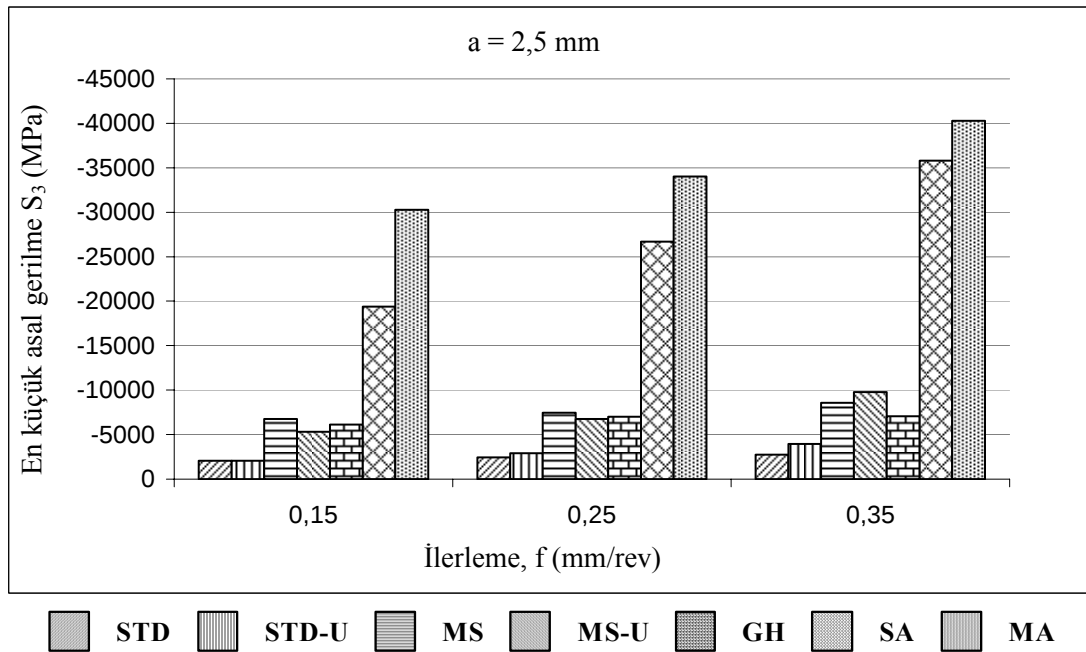
Şekil 6.35. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi



Şekil 6.36. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi

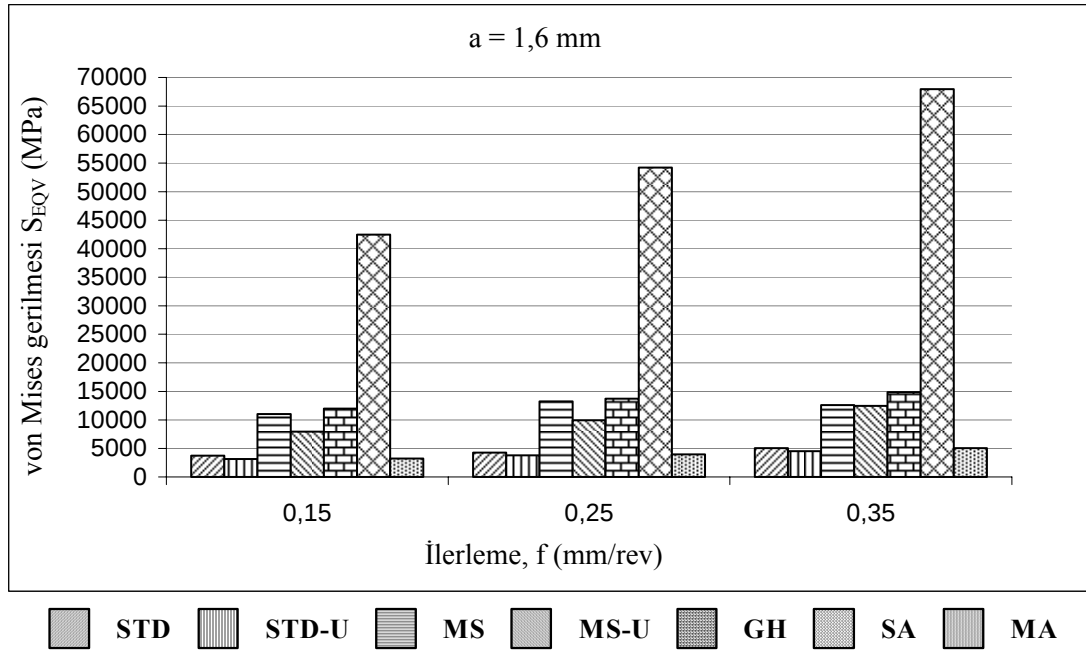


Şekil 6.37. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi

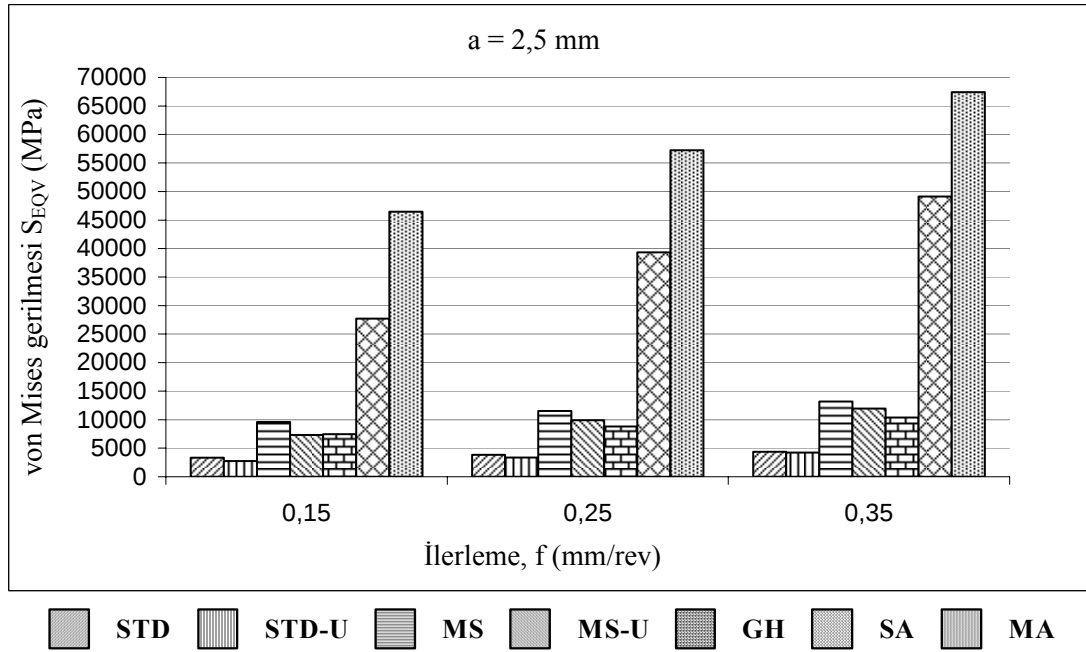


Şekil 6.38. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda en küçük asal gerilme (S_3) değişimi

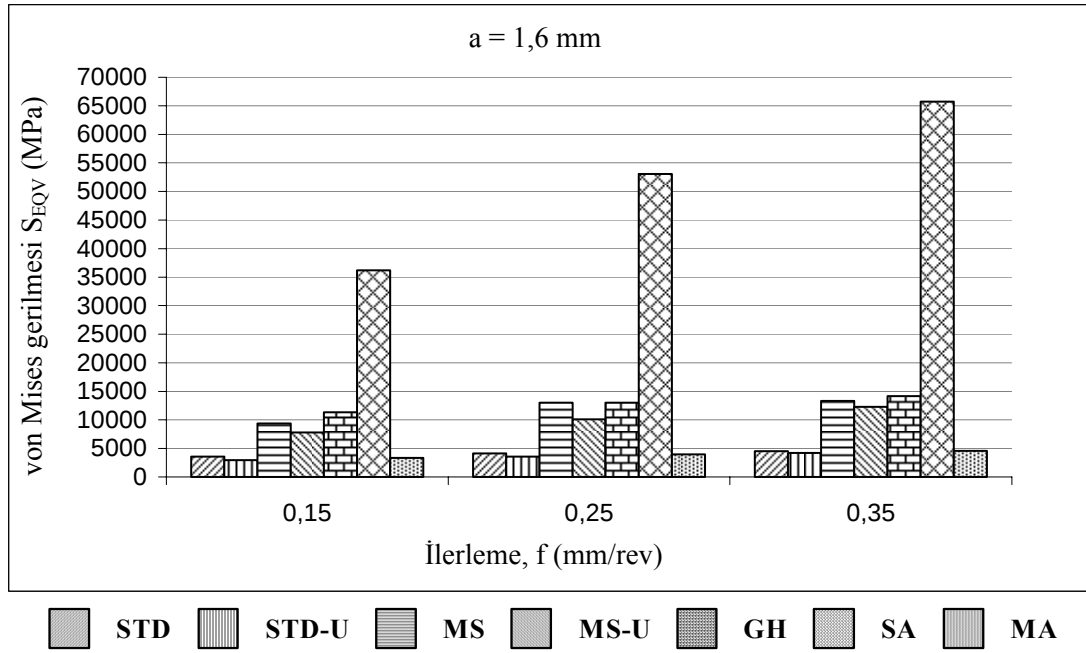
Şekil 6.39 – Şekil 6.48’deki von Mises (S_{EQV}) grafiklerine bakıldığında talaş derinliği 1,6 mm olduğunda genellikle en yüksek gerilmelere sırasıyla kaplamalı SA – GH – MS talaş kırıcı formu, kaplamasız MS talaş kırıcı formu, kaplamalı STD – MA talaş kırıcı formu ve kaplamasız STD talaş kırıcı formunda gözlenmiştir. Talaş derinliği 2,5 mm’ye çıktığında ise en yüksek gerilmeleri sırasıyla kaplamalı MA – SA – MS talaş kırıcı formu, kaplamasız MS talaş kırıcı formu, kaplamalı GH – STD talaş kırıcı formu ve kaplamasız STD talaş kırıcı formlarının oluşturduğu gözlenmiştir. Talaş kırıcı formlardaki talaş/takım temas alanının içinde kalan talaş kırıcı geometrilerden dolayı oluşan düğüm sayısının yoğunluğuna bağlı olarak düğüm sayısı arttıkça gerilmelerin arttığı düğüm sayısı azaldıkça gerilmelerin azaldığı düşünülmektedir. S_{EQV} von Mises grafiklerine bakıldığında bütün talaş kırıcı formlarında ilerlemeye bağlı olarak ilerleme arttıkça von Mises gerilmelerin arttığı kesme hızı kesme hızı ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak von Mises gerilmelerin azaldığı görülmüştür. İlerleme ve talaş derinliğinin artmasına bağlı olarak talaş takım temas alanı ve talaş kesit alanı arttığından, kesme hızının artmasına bağlı olarak da kuvvetler azaldığından, von Mises gerilmelerinin düştüğü düşünülmektedir. Sadece kaplamalı MA talaş kırıcı formunda talaş derinliğinin artmasına paralel olarak gerilmelerin arttığını görülmektedir. Bu şekilde olmasının sebebi, bu kesici formun talaş kırıcı geometrisinden dolayı gerilmeler artırdığı ve üretici takım firmasının MA talaş kırıcı formu için önerilen talaş derinliği dışına çıkılmasına bağlı olarak açıklanabilir. Özellikle kesme hızı 350 m/min ilerleme 0,25–0,35 mm/rev olduğunda kaplamasız (STD, MS) talaş kırıcı formları kaplamalı (STD, MS) talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek von Mises S_{EQV} gerilmeler oluştururken, genel olarak kaplamalı (STD, MS) talaş kırıcı formlarında kaplamasız (STD, MS) talaş kırıcı formlarına göre daha yüksek von Mises gerilmeleri oluşmuştur. Bu talaş kırıcı formların oluşturdukları kesme kuvvetlerine (F_c , F_a , F_p) bağlı olarak açıklanabilir, kuvvetler arttıkça von Mises S_{EQV} gerilmelerinde arttığı düşünülmektedir.



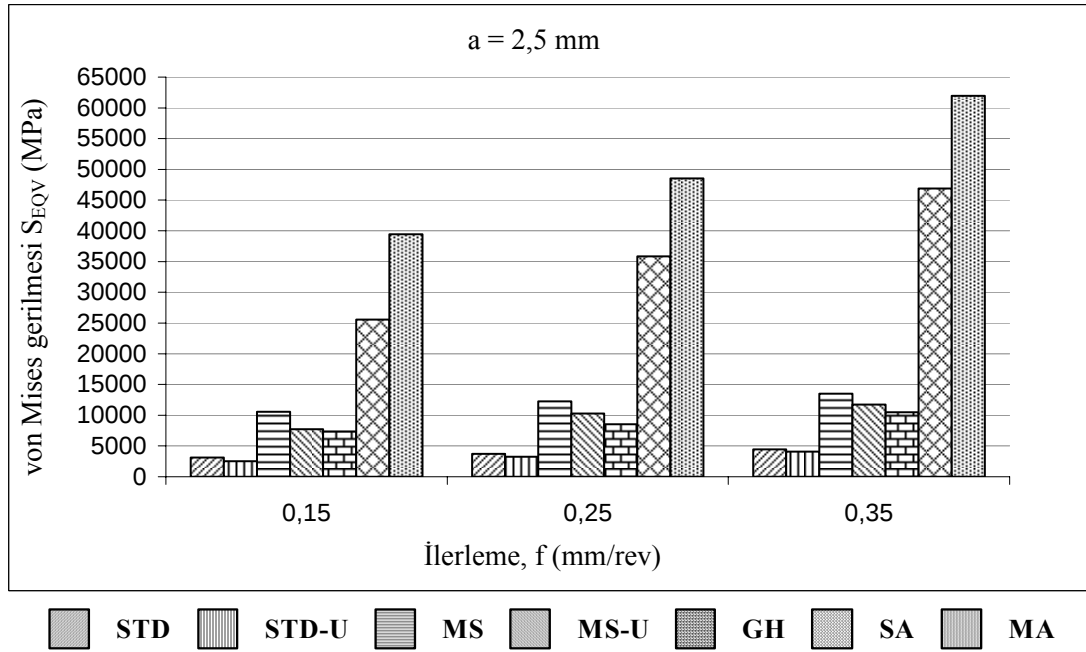
Şekil 6.39. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



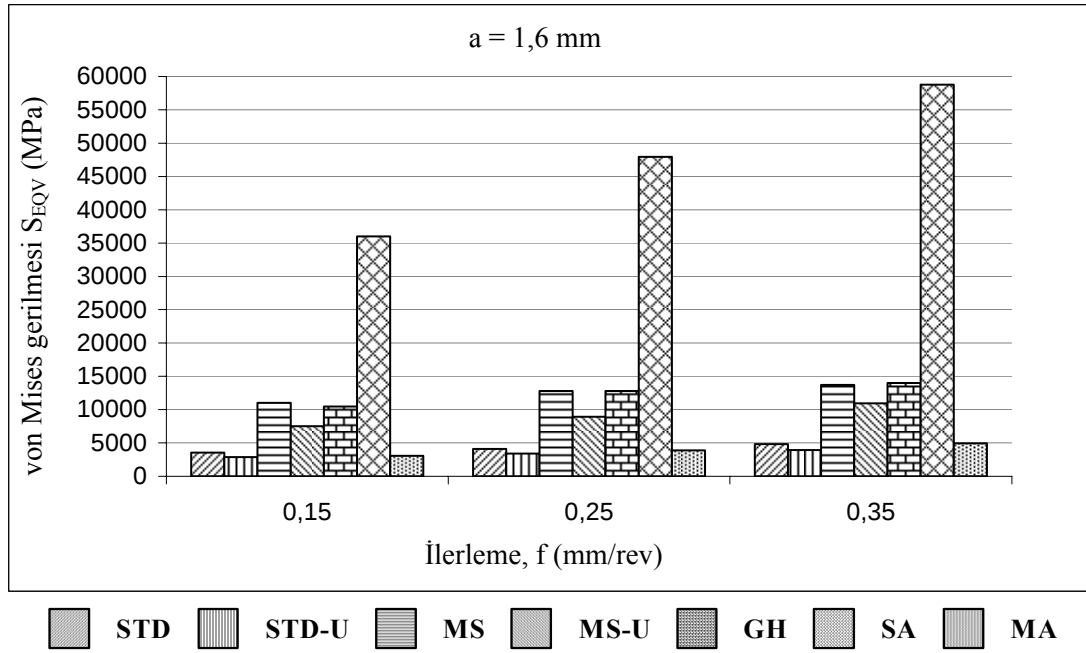
Şekil 6.40. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 150 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



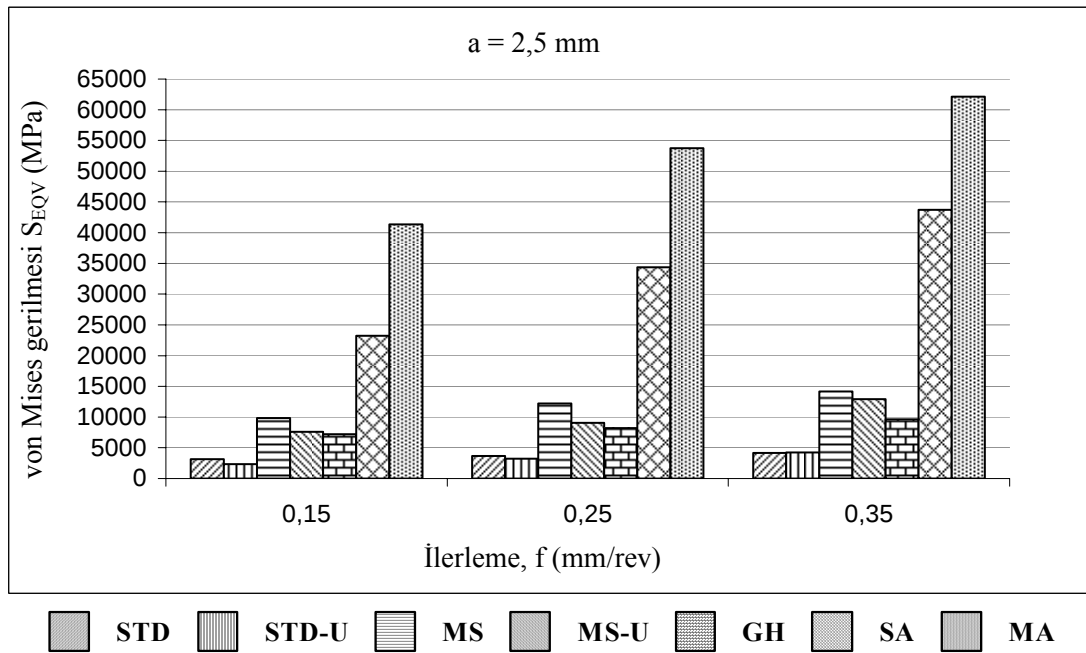
Şekil 6.41. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



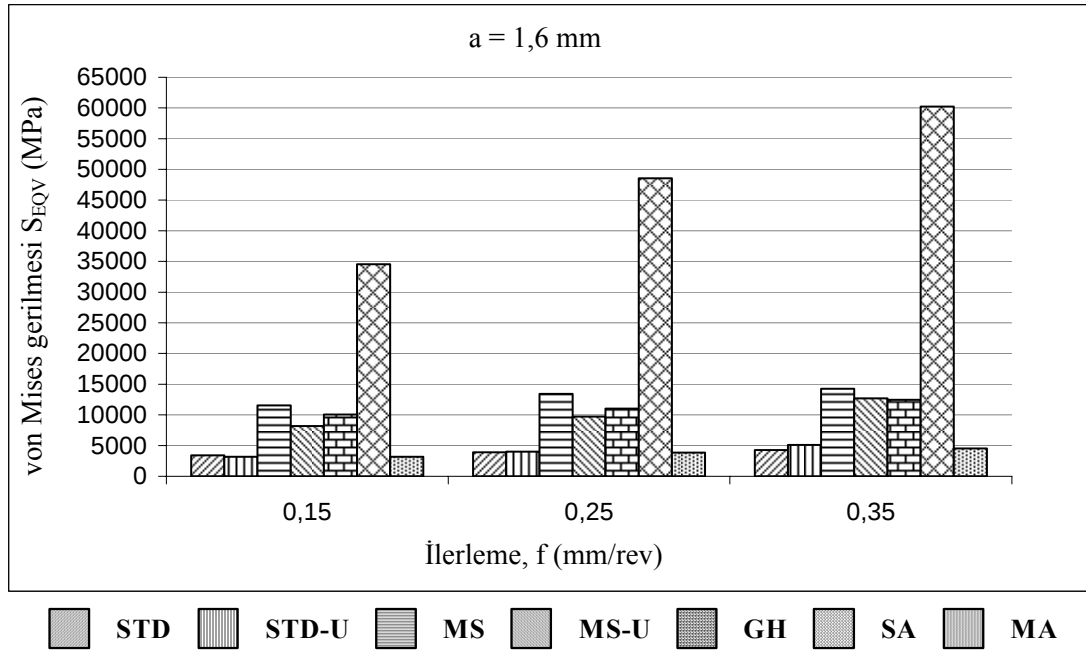
Şekil 6.42. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 200 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



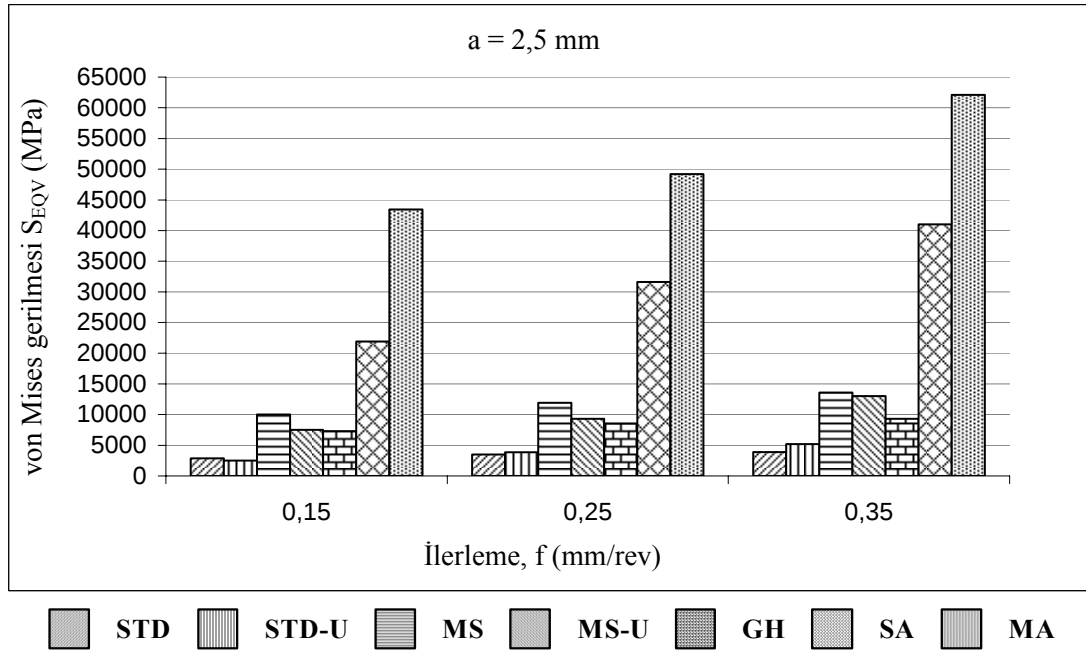
Şekil 6.43. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



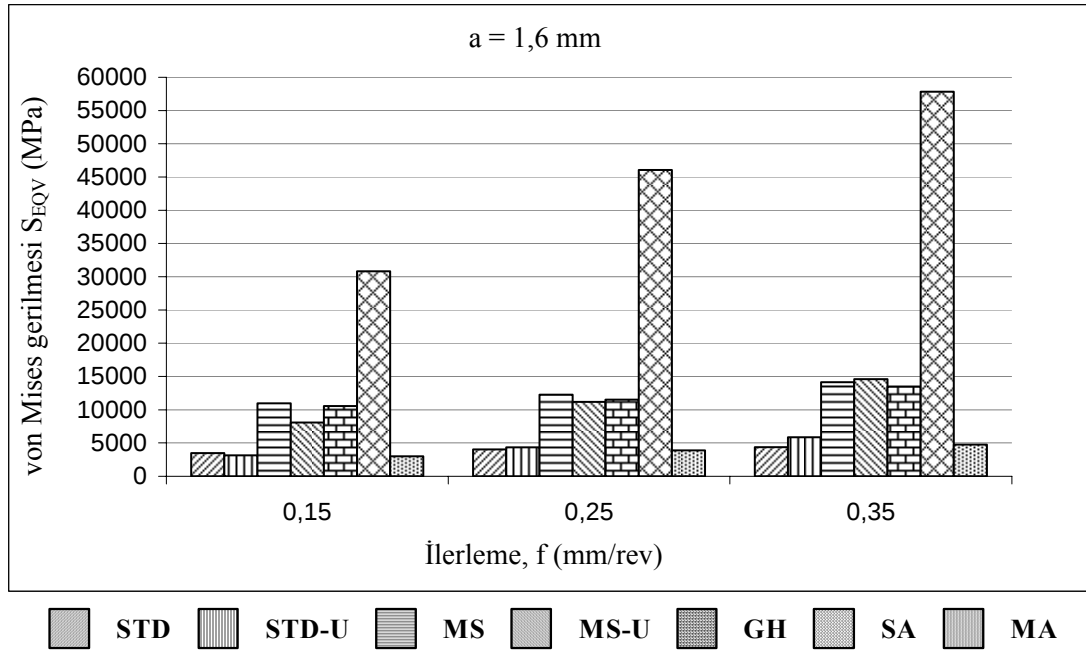
Şekil 6.44. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 250 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



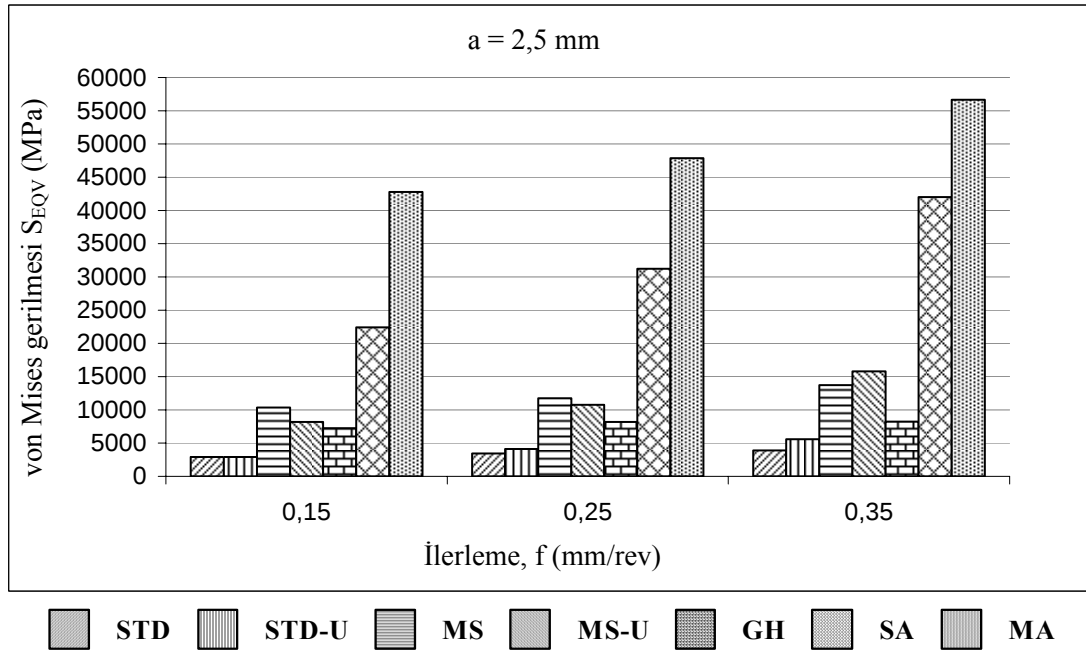
Şekil 6.45. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi



Şekil 6.46. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 300 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi

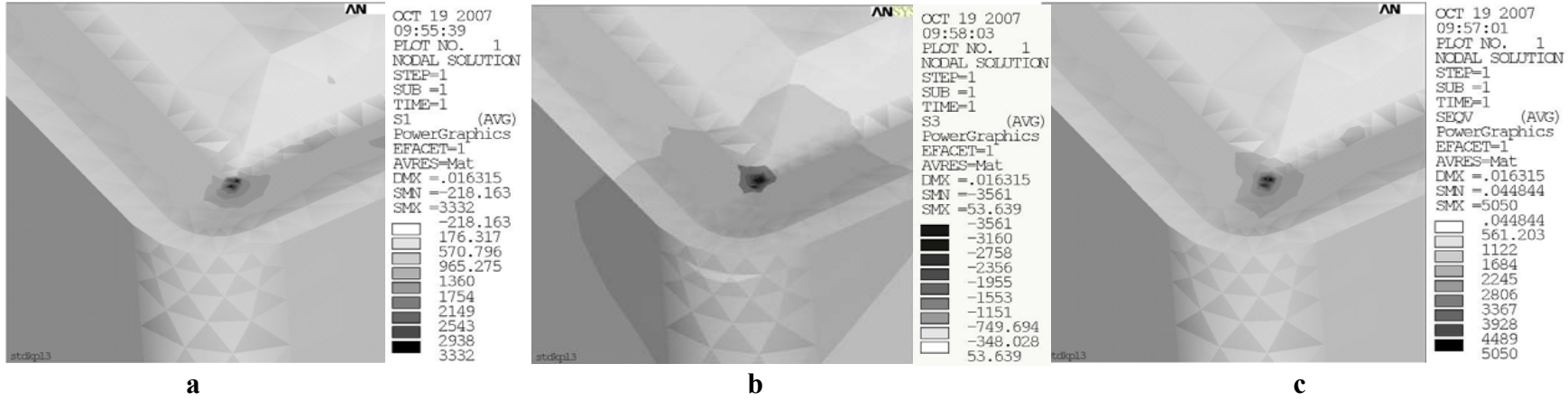


Şekil 6.47. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 1,6$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi

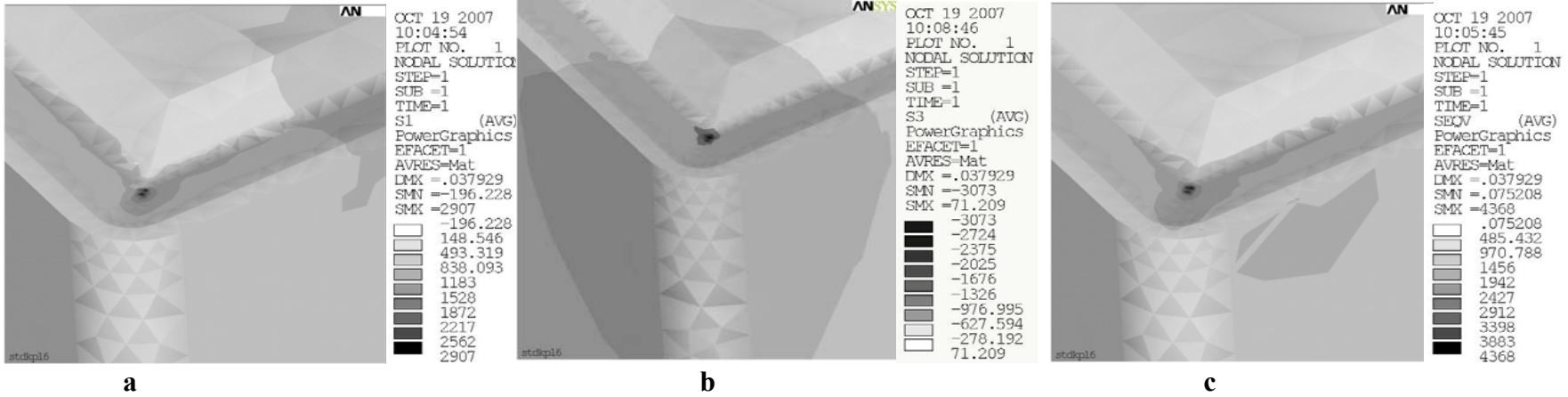


Şekil 6.48. Farklı talaş kırıcı formlarında, $a = 2,5$ ve $V = 350 \text{ m/min}$ olduğunda von Mises gerilmesi (S_{EQV}) değişimi

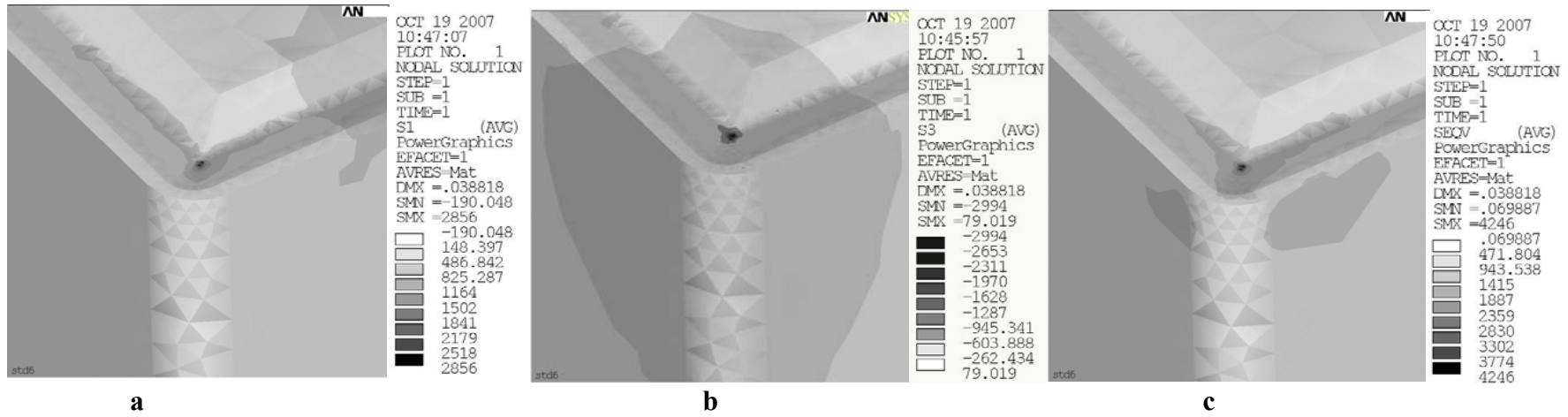
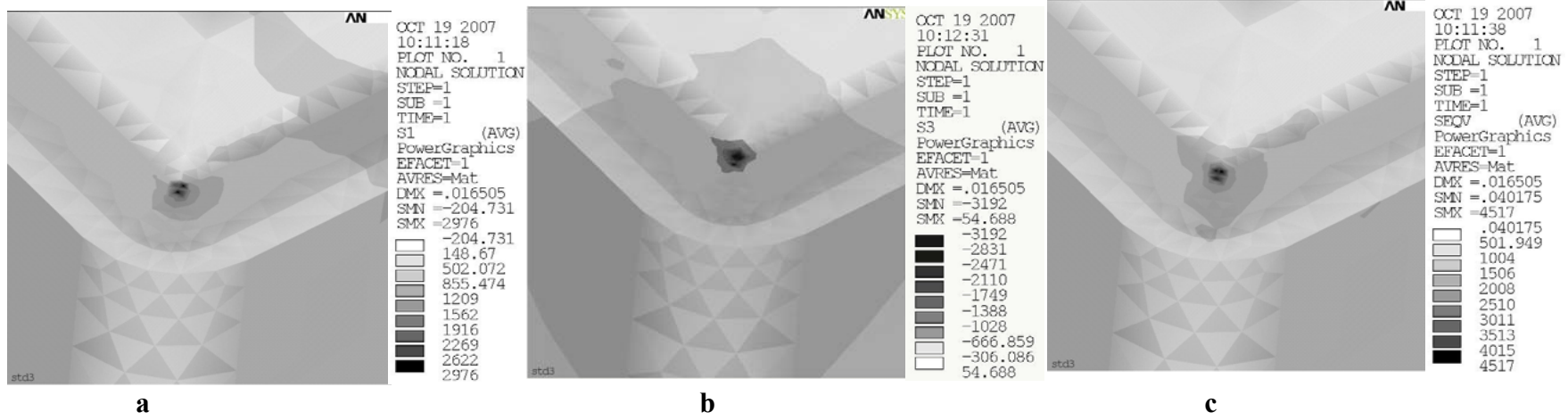
Gerilme dağılımlarının ve aşınma yerlerinin tespiti için; gerilmelerin en yüksek çıktığı şartların olduğu en düşük kesme hızı ve en yüksek ilerleme değerleri referans alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu şartlarda değerlendirmenin sebebi, analizler sonucunda elde edilen en büyük asal gerilme S_1 , en küçük asal gerilme S_3 ve von Mises S_{EQV} gerilmelerindeki değişimi gösteren grafikleri yorumlarken, ilerlemedeki artışa ve kesme hızındaki azalışa paralel olarak gerilmelerin arttığının gözlenmesidir. Şekil 6.49 - Şekil 6.62’de $a = 1,6$ mm için; $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev ve talaş derinliği $a = 2,5$ mm için; $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev değerlerindeki grafiklere bakıldığında tüm talaş kırıcı formlarında genellikle (S_1 , S_3 , S_{EQV}) en büyük asal gerilmeler, en küçük asal gerilmeler ve von Mises gerilmelerinin dağılımlarının özellikle talaş/takım temas alanı bölgesinde gerçekleştiği görülmektedir. Gerilmenin en yüksek olduğu yerler talaş kırıcı tarafından talaşın kırılmaya çalışıldığı yerlerin sivri uçlarında ve ilk zorlanmaya başlandığı yerlerde olduğu tespit edilmiştir. En düşük gerilmelerin ise en yüksek gerilmenin olduğu bölgeden dışa çıktıkça minimuma doğru gittiği gözlenmiştir. Yapılan analizler neticesinde kesici takımların nerede aşınacağını bakıldığında, özellikle talaşın kesici takıma temas ederek kıvrılmaya başladığı, talaş/takım temas alanındaki talaş kırıcı formunun zorlandığı yerde olduğu tespit edilmiştir.

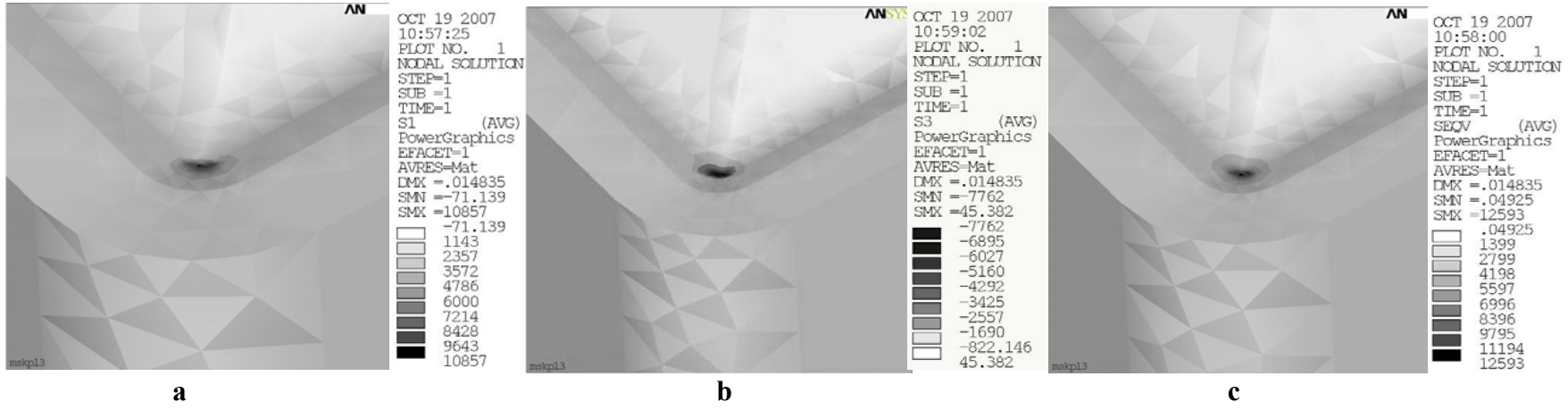


Şekil 6.49. STD kaplamalı talaş kırıcı formu $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları

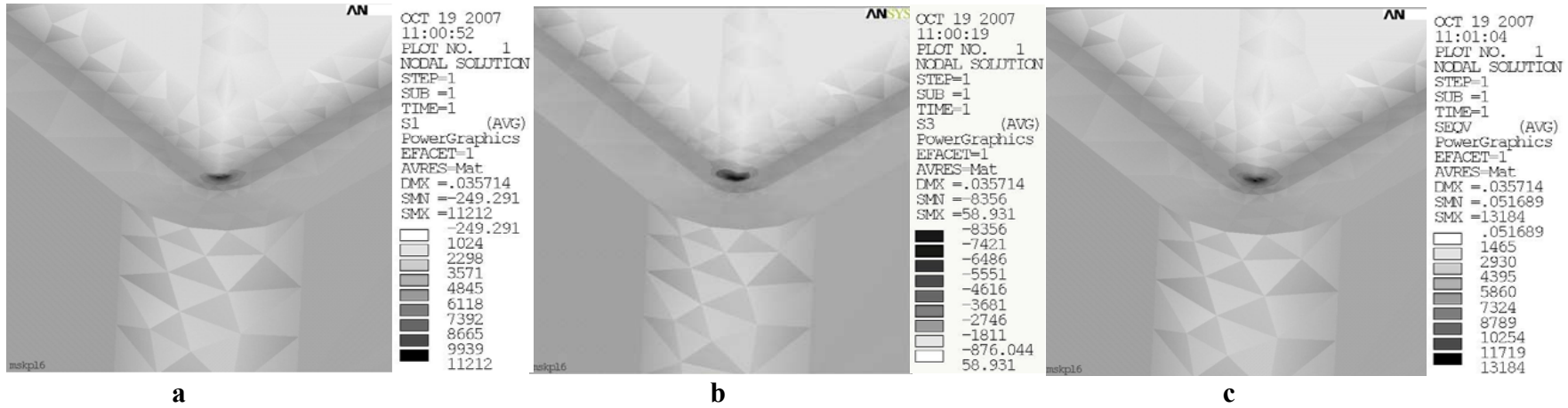


Şekil 6.50. STD kaplamalı talaş kırıcı formu $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları

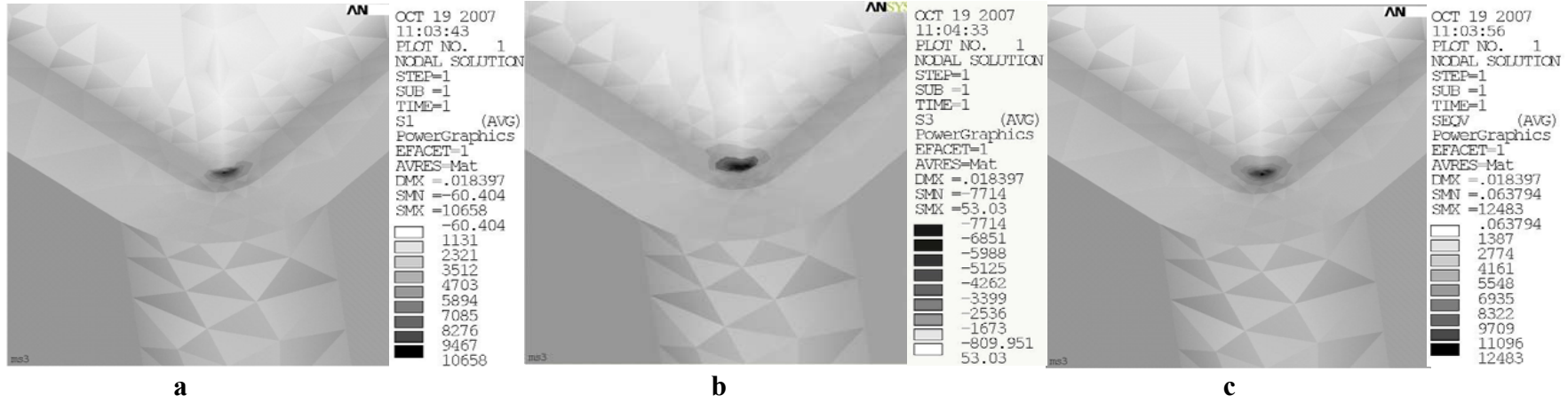




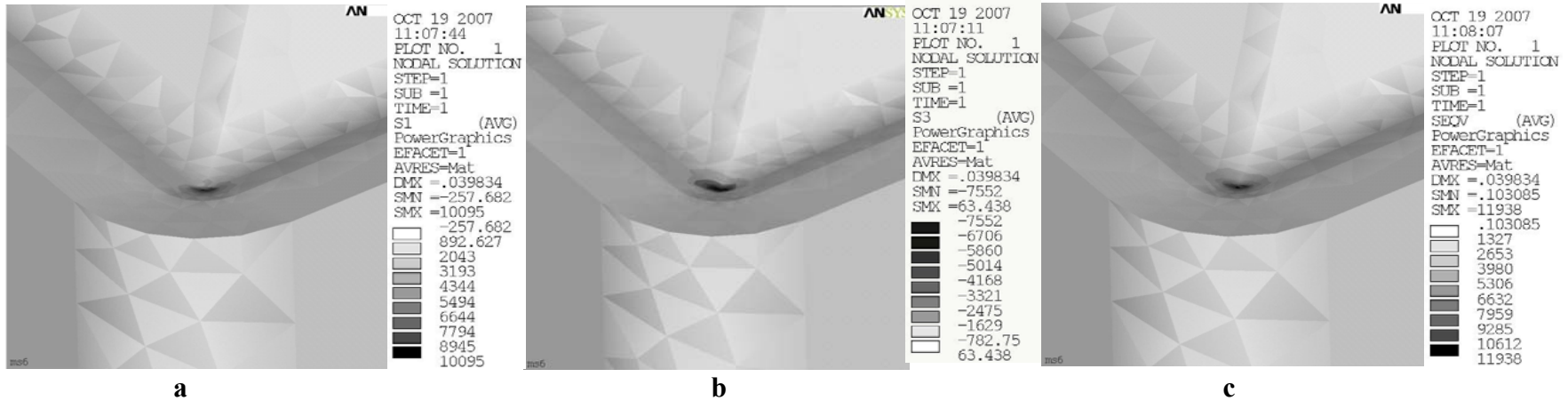
Şekil 6.53. MS kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S1 b) S3 c) SEQV gerilme dağılımları



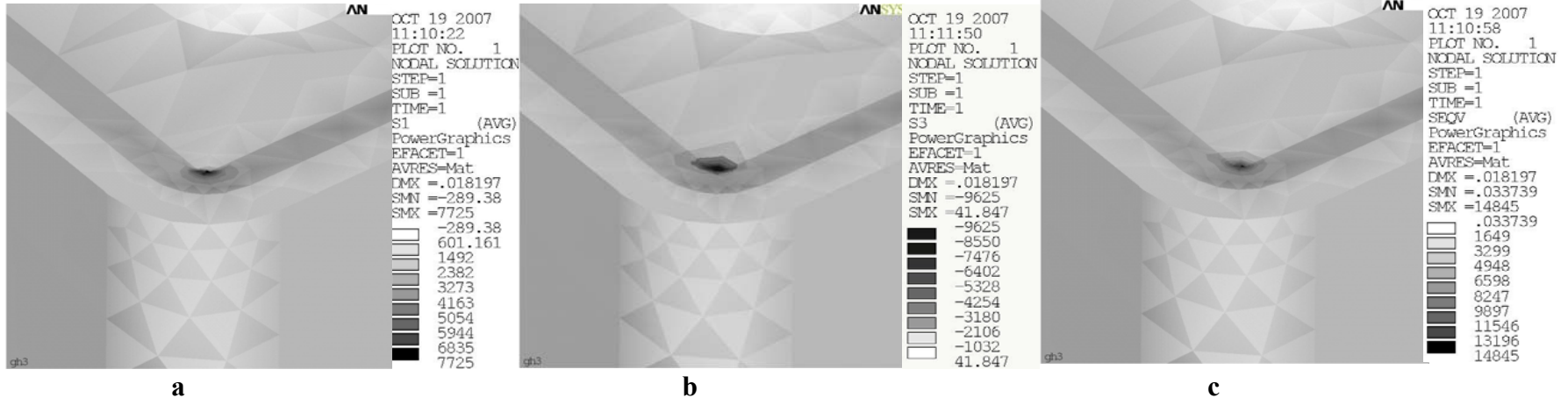
Şekil 6.54. MS kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S1 b) S3 c) SEQV gerilme dağılımları



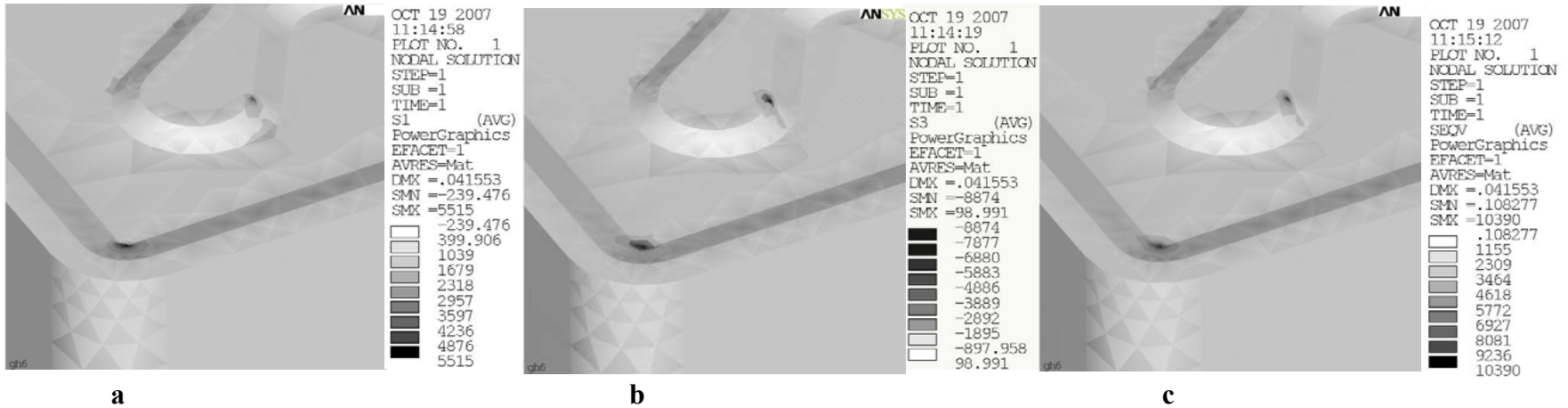
Şekil 6.55. MS kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S1 b) S3 c) SEQV gerilme dağılımları



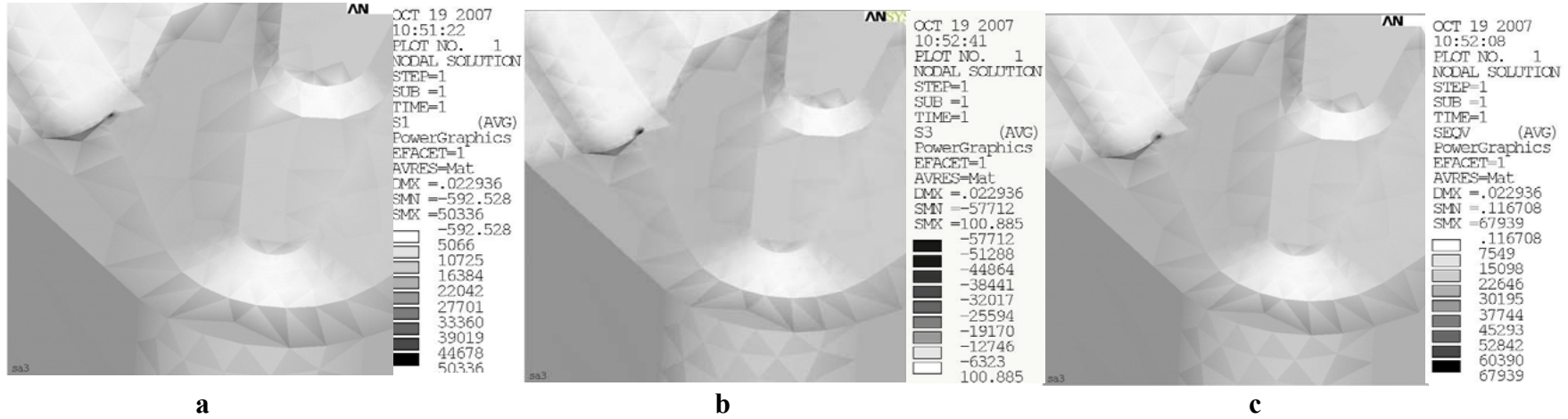
Şekil 6.56. MS kaplamasız talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S₁ b) S₃ c) S_{EQV} gerilme dağılımları



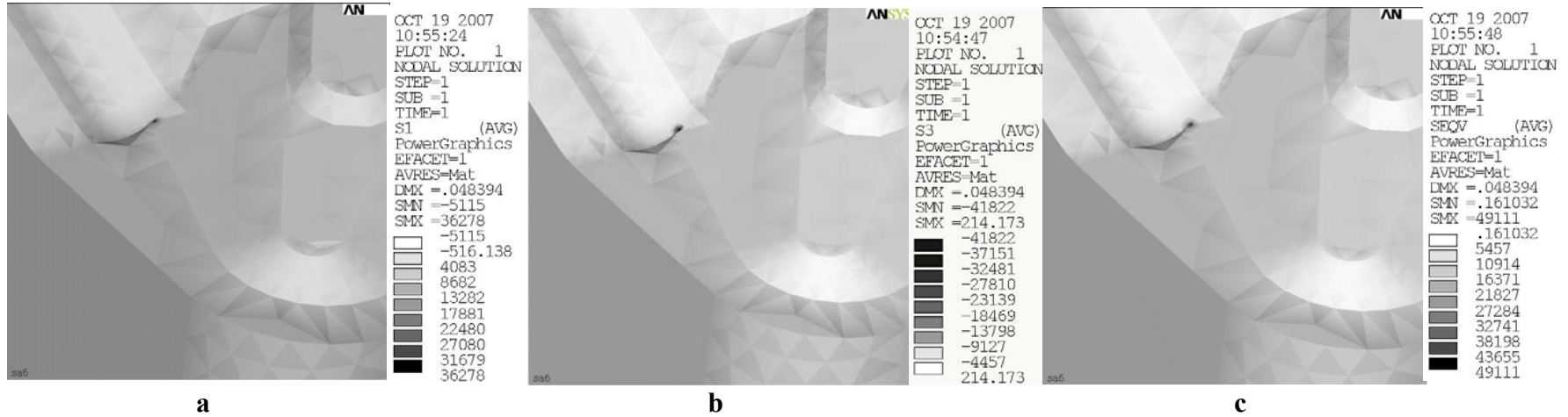
Şekil 6.57. GH kaplamalı talaş kırıcı $V=150$ m/min $f=0,35$ mm/rev $a=1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları



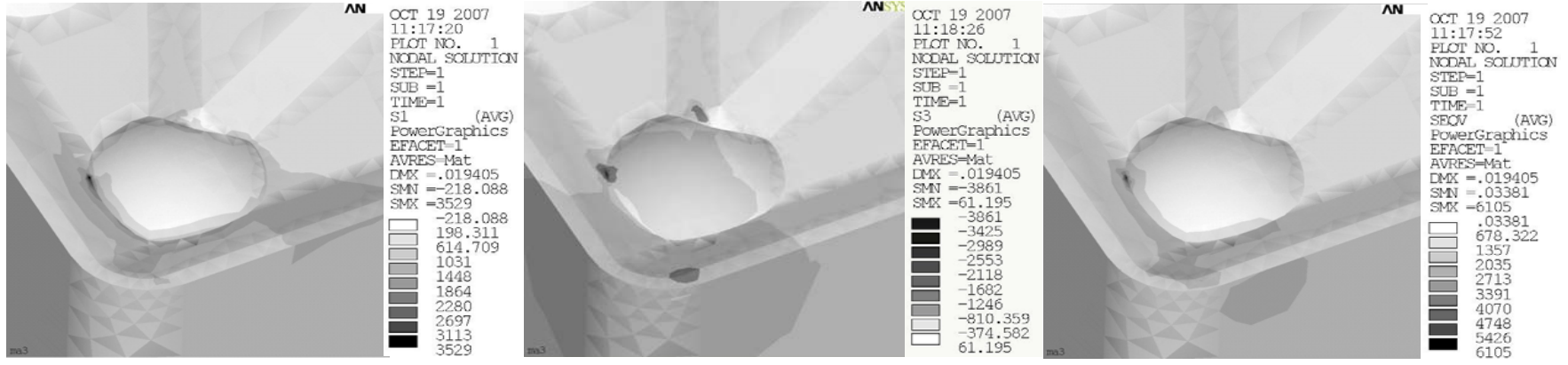
Şekil 6.58. GH kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları



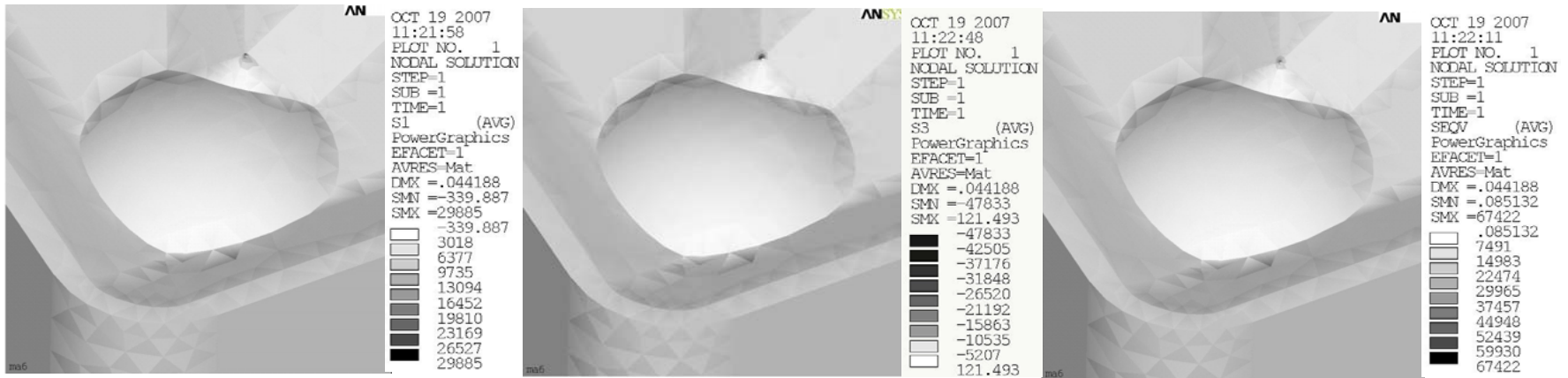
Şekil 6.59. SA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları



Şekil 6.60. SA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları



Şekil 6.61. MA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 1,6$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları



Şekil 6.62. MA kaplamalı talaş kırıcı $V = 150$ m/min $f = 0,35$ mm/rev $a = 2,5$ mm için a) S_1 b) S_3 c) S_{EQV} gerilme dağılımları

7.SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel olarak ölçülen kesme kuvvetlerinin kesici takımda meydana getirdiği gerilmelerin ANSYS yardımıyla analizi ve talaş kırıcı geometrisinin takım gerilmeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, aşağıda maddeler halinde özetlenen sonuçlar görülmüştür.

- Genellikle kesme hızı artarken tüm talaş kırıcı formlarında asıl kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_a) ve pasif kuvvetinde (F_p) bir azalma olurken kesme hızı $V = 300 - 350$ m/min'lere çıktığında kısmen bir artış olduğu gözlenmiştir.
- Bütün kesme şartlarında ilerleme ve talaş derinliği artıkça tüm talaş kırıcı formlarında asıl kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_a) ve pasif kuvvette (F_p) de bir artış olduğu görülmüştür.
- Yapılan deneylerde En yüksek F_c kesme kuvvetlerine genellikle SA talaş kırıcı formu sebep olmuş ve talaş kırıcı formunun karmaşık oluşu bu kuvvetlerin yüksek olmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.
- Genel olarak ilerlemenin artmasıyla bütün kesici formlarında en büyük asal gerilme (S_1), en küçük asal gerilme (S_3), von Mises (S_{EQV}) gerilmelerinde artışlar olurken kesme hızı ve talaş derinliğine bağlı olarak S_1 , S_3 , S_{EQV} gerilmelerin azaldığı tespit edilmiştir.
- Yapılan analizler sonucunda en büyük asal gerilme (S_1), en küçük asal gerilme (S_3) ve von Mises (S_{EQV}) gerilmeleri genellikle en yüksek değerleri en fazla karmaşık olan kaplamalı SA, MA talaş kırıcı formlarında görünürken en düşük değerler ise en az karmaşık olan kaplamasız STD talaş kırıcı formunda belirlenmiştir.
- (S_1 , S_3 , S_{EQV}) grafiklerine bakıldığında, MA talaş kırıcı formunun bütün ilerleme ve kesme hızlarında, talaş derinliği 1,6 mm' den 2,5 mm' ye yükseldiğinde, gerilmelerin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, üretici takım firmasının MA talaş kırıcı formu için önerdiği talaş derinliği ve kesme hızının dışına çıkılmasına bağlı olarak açıklanabilir.

- En büyük asal gerilme (S_1), en küçük asal gerilme (S_3) ve von Mises (S_{EQV}) gerilmelerinin dağılımları özellikle talaş/takım temas alanındaki bölgelerde gerçekleştiği görülmüştür.
- Gerilmenin en yüksek olduğu yerler talaş kırıcı tarafından talaşın kırılmaya çalışıldığı yerlerin sivri uçlarında ve ilk zorlanmaya başlandığı yerlerde olduğu tespit edilmiştir. En düşük gerilmeler ise en yüksek gerilmenin olduğu bölgeden dışa çıktıkça minimuma doğru gittiği tespit edilmiştir.
- Yapılan analizler neticesinde kesici takımların nerede aşınacağına bakıldığında özellikle talaşın kesici takıma temas ederek kıvrılmaya başladığı yerdeki talaş/takım temas alanında ve talaş kırıcı formunun zorlandığı yerde olduğu tespit edilmiştir.
- Kesici takımlarda görülen aşınma durumlarıyla ilgili olarak; talaş/takım temas alanına göre uygulanan yükleme durumunun, aşınmanın gerçekleşeceği yerin önceden belirlenebilmesi açısından gerçekçi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar ışığında bundan sonra yapılabilecek çalışmalar için aşağıdaki şu öneriler getirilebilir.

- Farklı firmaların farklı talaş kırıcı formları araştırılabilir.
- Tornalamada talaş kırıcı geometrisinin yüzey pürüzlüğü üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Farklı malzemeler üzerinde aynı talaş kırıcı geometrilerin takım gerilmeleri üzerine etkisi araştırılabilir.
- Talaş kaldırma esnasında oluşan tezgâhtaki titreşimin takım gerilmeleri üzerine etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Şeker, U., “Takım tasarımı ders notları”, **Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi**, Ankara, 5-11, 33-44, 47-72 (1997).
2. Mesquita, R.M.D., Barata Marques, M.J.M., “Effect of chip-breaker geometries on cutting forces”, **Journal Of Materials Processing Technology**, 31, (1-2): 317-325 (1992).
3. S. Kaldor, A. Ber and E .Lenz, “On the mechanism of chip breaking”, **Trans. ASME, J. Eng. Ind.**, 101: 241 (1979)
4. G. Broothroyd, “Fundamentals of Metal Machining and Machine tools”, **Mc Graw-hill** , New York, (1975).
5. M. C. Shaw, “Metal Cutting Prenciples” , **Oxford Science Publications**, (1984)
6. Mistikoğlu, S., “Torna tezgahlarında kesici kaleme gelen kuvvet ve gerilmelerin bilgisayar desteğiyle ölçülerek denetimi, simülasyonu ve HSS kalemlerin optimum profilinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, **Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara (1995).
7. Karahasan, Z.Ö., “Kesici takımlarda takım geometrisi ve talaş kırıcı formunun takım performansına etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, , İstanbul (1995).
8. Anar, C., “Talaş kaldırma esnasında kesici takımlarda oluşan gerilme dağılımının analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul (1995).
9. E.K. Henriksen, “Balanced design will fit the chip breaker to the job”, **Am. Mach.** 88 (4): 118–124 (1954).
10. N.H. Cook, P. Jehaveri, “The mechanism of chip curl and its importance in metal cutting”, **Trans. ASME** 85 (B): 374– 380 (1963).
11. C. Spaans, P.F.H.J. Geel, “Breaking mechanisms in cutting with a chip breaker”, **Ann. CIRP**, 18: 87–92 (1966).
12. K. Nakayama, “Chip control in metal cutting”, **Bull. Jpn. Soc.Precis. Eng.** 18 (2): 97–103 (1984).
13. B. Worthington, A.H. Redford, “Chip curl and the action of groove type chip former”, **Int. J. Mach. Tool Des.** Res. 13: 257–270 (1973).

14. B. Worthington, M.H. Rahman, "Predicting breaking with groove type breaker", *Int. J. Mach. Tool Des.* Res. 19: 121–132 (1979).
15. B. Worthington, "The operation and performance of a groove type chip former device", *Int. J. Prod.* Res. 14 (5): 529–558 (1976).
16. Mesquita, R.M.D., Barata Marques, M.J.M., "Effect of chip-breaker geometries on cutting forces", *Journal Of Materials Processing Technology*, 31 (1-2): 317-325 (1992).
17. Ning, F., "Influence of the geometrical parameters of the chip groove on chip breaking performance using new-style chip formers", *Journal Of Materials Processing Technology*, 74 (1-3): 268-275 (1998).
18. J., D. Kim, O., B. Kweun, "A chip-breaking system for mild steel in turning", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 37 (5): 607-617 (1997).
19. J. Q. Xie, A. E. Bayoumi and H. M. Zbib, "FEA modeling and simulation of shear localized chip formation in metal cutting", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38 (9): 1067-1087 (1998).
20. Chang, S-II., Lee, Y.M., Yang, S.H., "Assessment of chip-breaking characteristics using new chip-breaking index", *Journal of Materials Processing Technology*, 173:166-171 (2006).
21. K. P. Maity and N. S. Das, "A slip-line solution to metal machining using a cutting tool with a step-type chip-breaker", *Journal of Materials Processing Technology*, 79 (1-3), 217-223 (1998).
22. K. H. W. Seah, M. Rahman, X. P. Li and X. D. Zhang, "A three-dimensional model of chip flow, chip curl and chip breaking for oblique cutting", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 36 (12): 1385-1400 (1996).
23. John S. Strenkowski, Albert J. Shih and Jong-Cherng Lin, "An analytical finite element model for predicting three-dimensional tool forces and chip flow", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42 (6) 723-731 (2002).
24. G. Sutter, "Chip geometries during high-speed machining for orthogonal cutting conditions", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45 (6): 719-726 (2005).

25. A. Moufki and A. Molinari, "A new thermomechanical model of cutting applied to turning operations. Part II. Parametric study", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45 (2): 181-193 (2005).
26. Friedman, M.Y. And Lenz, E., "Investigation of the tool-chip contact length in metal cutting", *Int. Journal of Machine Tool Design an Research*, 10: 401-406 (1970)
27. Marinov, V.R. "Hybrid analytical numerical solution for the shear angle in orthogonal metal cutting-Part II: Experimantal Verification", *Int. Journal of Mech. Sceince*, 43: 415-426 (2001)
28. Toropov, A. And Ko, S.L., "Prediction of tool-chip contact length using a new slip-line solution for orthogonal cutting", *Inter. Journal of Machine Tools and Manuf.*, 43: 1209-1215 (2003)
29. Toropov, A. And Ko, S.L., "Determination of the stress state in chip formation zone by central slip-line field", *Inter. Journal of Precision Eng. And Manufacturing.*, 6(3): 24-28 (2005)
30. Toropov, A. And Ko, S.L., "A new slip-line theory for orthogonal cutting and its application", *Proc. of the 3rd Inter. Asia Pasific Forum on Precision Surface Finishing and Deburring Technology*, Melbourne Australia, 200-212 (2003)
31. Şahin, Y., "Kesici takım geometrisi ve seçimi", *Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt-I*, Ankara (2000).
32. A. H. Redford, "The Effect on Cutting tool wear of varios types of chip control device", *Ann. CIRP*, 29 (1) (1980)
33. Topçu, M., Taşgetiren, S., "Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodu", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Denizli, Ders Kitapları Yayın No: 007 (1998).
34. Kurt, A., "Talaş Kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve mekanik gerilmelerin deneysel olarak incelenmesi ve matematiksel modellerinin oluşturulması", Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2006).
35. TS 10329 (ISO 3685), "Torna Kalemleri-Ömür deneyi", *Türk Standartları Enstitüsü*, (1992).
36. Firma Katalogları, "Turning Tools, Rotating Tools, Tooling Solutions Genel Katalogu", *Mitsubishi* (2005).

37. Kistler, Type 9257B Three Component Dynamometer, ***Operating Instructions*** (1997)
38. R.J.K. Wood , D.W. Wheeler , D.C. Lejeau , B.G. Mellor, “Sand erosion performance of CVD boron carbide coated tungsten carbide”, ***Wear***, 233-235, 134-150 (1999).
39. Shatla, M., Kerk, C. And Altan, T., “Process modeling in machining. Part II: validation and applications of the determined flow stress data”, ***Inter. Journal of Machine tools and Manuf.***, 41:1659-1680 (2001).
40. Lin Z.C., Jain, And Lo, S.P., “A study of determination of the machined workpiece and tool under different low cutting velocities with an elastic tool”, ***Inter. Journal of Mech. Science***, 40 (7): 663-681 (1998).
41. Wikgren, T., “Analysis of contact between insert and tip seat”, Msc. Thesis , ***Lulea Universty of Technolgy Institutionen för Maskinteknik Avdelningen för Datorstödd maskinkonstruktion***, 13-15 (2001).
42. Tjernström, E., “Clamping forces with RC-clamping mechanism”, ***AB sandvik Coromant***, Sandviken (1996).
43. Choudhury, I.A. And El-Baridie, M.A., “Machining nickel base super alloys: Inconel 718”, ***Proc. Of the Institution of Mechanical Engineers***, 212 (3):195-206 (1998)

EKLER

EK – 1 Analizlerde kullanılan kütük dosyalarına ait bir örnek

```

/COM *****
/COM, PSBNR 2525 M12 / STD kesici takımları
/COM (iş parçası: AISI 1050 ) için log dosyası a=1,6 mm)
/COM *****
RESUME, sablon-inco-a1 : kesme derinliği 1,6 mm için şablon dosyası çağrılır
/FILNAME,dosya_adi, : kaydedilecek dosya adı girilir (örneğin analiz numarası)
/TITLE,dosya_adi : deney bilgileri girilir (örneğin analiz numarası)
/COM --- yükleme girdileri için parametreler ---
*SET,FFX, Ff : her bir düğüme gelen ilerleme kuvveti değeri
*SET,FFP, Fp : her bir düğüme gelen pasif kuvvet değeri
*SET,EGM, m : esas kesme kuvvetinin yayılı yüklenmesi için gereken eğim değeri
*SET,BAS, p : esas kesme kuvvetinin yayılı yüklenmesi için gereken yük değeri
/COM --- talaş-takım temas alanının seçilmesi ---
ASEL, S, , ,
NSLA, S, 1
/NPlot
FLST,5, 10, 5 ,ORDE, 8
FITEM, 5, 4
.....: talaş-takım temas alanındaki düğümlerin belirlenmesi
FITEM,2,-2232
/COM --- ilerleme kuvvetinin uygulanması ---
F,P51X,FX,FFX : x-ekseni doğrultusundaki yük değeri
FLST,2,775,1,ORDE,40
FITEM,2, 1045
.....: yük uygulanacak düğümlerin belirlenmesi
/COM --- pasif kuvvetinin uygulanması ---
FITEM,2,-41
F,P51X,FY,FFP : y-ekseni doğrultusundaki yük değeri
ALLSEL, ALL
EPlot
/COM ---Esas kesme kuvvetinin yayılı yük olarak uygulanması ----
KWPLAN, -1, 20, 18, 10
KWPAVE, 39
CSWPLA, 11, 0, 1, 1, : yayılı yük için koordinat değeri
SFGRAD,PRES,11,X,0,EGM, : yayılı yük için eğim değeri
FLST,2,10,5,ORDE,8
FITEM,2,4
.....: yük uygulanacak alanların belirlenmesi
FITEM,2,39
SFA,P51X,1,PRES,BAS : yayılı yük için yük değeri
SBCTran
CSYS,0
/COM---- çözüm prosedürünün uygulanması ----
ANTYPE,0
SOLVE
FINISH
/COM---- Çözüm sonrası işleme (post processing) ----
AVPRIN,0, ,
PLNSOL,SEQV,0,1 : von Mises gerilme dağılımının gösterilmesi
SAVE

```

EK – 2 Kesme parametrelerine bağı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri
(Fc, Fa, Fp) değerleri

Çizelge 2.1. STD kaplamalı talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri
(Fc, Fa, Fp)

STD Talaş Kırıcı Formu, Kaplamalı Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
STD 1	150	0,15	1,6	367	255	556
STD 2		0,25		408	306	797
STD 3		0,35		466	384	1051
STD 4		0,15	2,5	551	319	833
STD 5		0,25		621	403	1198
STD 6		0,35		690	477	1617
STD 7	200	0,15	1,6	348	245	553
STD 8		0,25		392	300	797
STD 9		0,35		417	347	1021
STD 10		0,15	2,5	519	297	829
STD 11		0,25		602	382	1217
STD 12		0,35		707	474	1600
STD 13	250	0,15	1,6	344	246	543
STD 14		0,25		385	302	777
STD 15		0,35		444	369	1047
STD 16		0,15	2,5	521	303	833
STD 17		0,25		587	387	1201
STD 18		0,35		661	457	1577
STD 19	300	0,15	1,6	326	240	542
STD 20		0,25		358	297	745
STD 21		0,35		381	336	947
STD 22		0,15	2,5	474	289	791
STD 23		0,25		550	376	1143
STD 24		0,35		604	435	1476
STD 25	350	0,15	1,6	332	246	543
STD 26		0,25		378	299	778
STD 27		0,35		396	345	989
STD 28		0,15	2,5	476	297	809
STD 29		0,25		550	372	1180
STD 30		0,35		607	438	1541

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değeri

Çizelge 2.2. STD kaplamasız talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

STD Talaş Kırıcı Formu, Kaplamasız Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
STD 1	150	0,15	1,6	310	204	554
STD 2		0,25		367	265	796
STD 3		0,35		424	335	1059
STD 4		0,15	2,5	456	257	818
STD 5		0,25		549	338	1194
STD 6		0,35		690	431	1651
STD 7	200	0,15	1,6	294	199	532
STD 8		0,25		340	254	772
STD 9		0,35		394	318	1020
STD 10		0,15	2,5	414	241	783
STD 11		0,25		521	334	1180
STD 12		0,35		656	436	1587
STD 13	250	0,15	1,6	283	193	501
STD 14		0,25		329	240	731
STD 15		0,35		367	295	956
STD 16		0,15	2,5	389	226	732
STD 17		0,25		520	337	1207
STD 18		0,35		693	484	1750
STD 19	300	0,15	1,6	311	214	575
STD 20		0,25		383	287	860
STD 21		0,35		463	402	1140
STD 22		0,15	2,5	413	251	827
STD 23		0,25		623	395	1356
STD 24		0,35		816	574	1852
STD 25	350	0,15	1,6	308	213	593
STD 26		0,25		410	318	904
STD 27		0,35		539	453	1210
STD 28		0,15	2,5	478	287	911
STD 29		0,25		662	429	1378
STD 30		0,35		881	610	1883

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değeri

Çizelge 2.3. MS kaplamalı talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

MS Talaş Kırıcı Formu, Kaplamalı Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
MS 1	150	0,15	1,6	333	227	577
MS 2		0,25		383	293	852
MS 3		0,35		339	303	938
MS 4		0,15	2,5	458	272	776
MS 5		0,25		532	348	1149
MS 6		0,35		596	415	1518
MS 7	200	0,15	1,6	267	211	488
MS 8		0,25		373	290	858
MS 9		0,35		368	312	1091
MS10		0,15	2,5	502	302	872
MS11		0,25		568	369	1281
MS12		0,35		611	423	1678
MS13	250	0,15	1,6	328	232	581
MS14		0,25		359	294	850
MS15		0,35		374	324	1092
MS16		0,15	2,5	467	283	844
MS17		0,25		557	1. 379	1260
MS18		0,35		640	445	1683
MS19	300	0,15	1,6	339	250	584
MS 20		0,25		377	309	849
MS 21		0,35		383	343	1094
MS 22		0,15	2,5	468	296	854
MS 23		0,25		542	373	1276
MS 24		0,35		601	442	1664
MS 25	350	0,15	1,6	319	239	569
MS 26		0,25		338	288	818
MS 27		0,35		380	341	1071
MS 28		0,15	2,5	486	306	858
MS 29		0,25		529	373	1229
MS 30		0,35		605	449	1631

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değeri

Çizelge 2.4. MS kaplamasız talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

MS Talaş Kırıcı Formu, Kaplamasız Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
MS 1	150	0,15	1,6	239	163	526
MS 2		0,25		289	217	801
MS 3		0,35		357	278	1115
MS 4		0,15	2,5	356	198	809
MS 5		0,25		467	288	1265
MS 6		0,35		552	359	1670
MS 7	200	0,15	1,6	235	162	528
MS 8		0,25		293	221	840
MS 9		0,35		345	279	1128
MS10		0,15	2,5	371	216	839
MS11		0,25		479	304	1292
MS12		0,35		529	367	1697
MS13	250	0,15	1,6	221	161	508
MS14		0,25		252	203	760
MS15		0,35		295	261	1001
MS16		0,15	2,5	361	220	779
MS17		0,25		411	284	1179
MS18		0,35		560	430	1700
MS 19	300	0,15	1,6	246	170	544
MS 20		0,25		274	222	820
MS 21		0,35		347	299	1095
MS 22		0,15	2,5	352	219	795
MS 23		0,25		420	295	1217
MS 24		0,35		569	432	1682
MS 25	350	0,15	1,6	239	173	533
MS 26		0,25		317	254	824
MS 27		0,35		388	355	1109
MS 28		0,15	2,5	386	239	842
MS 29		0,25		481	345	1289
MS 30		0,35		668	548	1816

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değerleri

Çizelge 2.5. GH kaplamalı talaş kırııcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

GH Talaş Kırııcı Formu, Kaplamalı Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
GH 1	150	0,15	1,6	424	272	651
GH 2		0,25		470	334	925
GH 3		0,35		491	386	1156
GH 4		0,15	2,5	577	318	932
GH 5		0,25		666	409	1323
GH 6		0,35		773	504	1761
GH 7	200	0,15	1,6	392	268	618
GH 8		0,25		442	322	903
GH 9		0,35		465	374	1159
GH 10		0,15	2,5	559	332	934
GH 11		0,25		640	406	1316
GH 12		0,35		771	523	1766
GH 13	250	0,15	1,6	361	248	609
GH 14		0,25		429	324	893
GH 15		0,35		455	374	1129
GH 16		0,15	2,5	548	325	906
GH 17		0,25		612	399	1314
GH 18		0,35		706	487	1688
GH 19	300	0,15	1,6	341	249	571
GH 20		0,25		366	284	826
GH 21		0,35		400	339	1067
GH 22		0,15	2,5	553	330	890
GH 23		0,25		638	409	1342
GH 24		0,35		679	476	1678
GH 25	350	0,15	1,6	363	253	617
GH 26		0,25		384	296	865
GH 27		0,35		435	367	1120
GH 28		0,15	2,5	551	331	906
GH 29		0,25		606	406	1297
GH 30		0,35		610	407	1645

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değerleri

Çizelge 2.6. SA kaplamalı talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

SA Talaş Kırıcı Formu, Kaplamalı Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
SA 1	150	0,15	1,6	457	204	645
SA 2		0,25		587	254	969
SA 3		0,35		740	308	1324
SA 4		0,15	2,5	675	295	971
SA 5		0,25		962	407	1516
SA 6		0,35		1201	513	2019
SA 7	200	0,15	1,6	391	171	597
SA 8		0,25		580	235	979
SA 9		0,35		710	312	1295
SA 10		0,15	2,5	620	277	946
SA 11		0,25		878	371	1483
SA 12		0,35		1145	495	2012
SA 13	250	0,15	1,6	382	185	588
SA 14		0,25		516	231	906
SA 15		0,35		633	283	1209
SA 16		0,15	2,5	564	250	883
SA 17		0,25		821	364	1415
SA 18		0,35		1069	457	1928
SA 19	300	0,15	1,6	369	172	592
SA 20		0,25		527	224	928
SA 21		0,35		650	287	1244
SA 22		0,15	2,5	525	254	882
SA 23		0,25		773	331	1397
SA 24		0,35		1001	435	1854
SA 25	350	0,15	1,6	327	159	545
SA 26		0,25		491	232	881
SA 27		0,35		626	271	1209
SA 28		0,15	2,5	535	262	886
SA 29		0,25		760	337	1383
SA 30		0,35		1027	442	1889

EK – 2 (Devam) Kesme parametrelerine bağı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp) değeri

Çizelge 2.7. MA kaplamalı talaş kırıcı ile elde edilen deneysel kesme kuvvetleri (Fc, Fa, Fp)

MA Talaş Kırıcı Formu, Kaplamalı Takım						
Dosya Adı	V (m/min)	F (mm/rev)	a (mm)	Fa (N)	Fp (N)	Fc (N)
MA 1	150	0,15	1,6	321	216	557
MA 2		0,25		380	282	811
MA 3		0,35		474	363	1148
MA 4		0,15	2,5	519	288	873
MA 5		0,25		628	378	1295
MA 6		0,35		733	458	1745
MA 7	200	0,15	1,6	336	226	576
MA 8		0,25		376	286	825
MA 9		0,35		418	338	1073
MA 10		0,15	2,5	438	250	806
MA 11		0,25		529	327	1204
MA 12		0,35		670	428	1639
MA 13	250	0,15	1,6	300	214	546
MA 14		0,25		363	282	820
MA 15		0,35		450	369	1115
MA 16		0,15	2,5	454	272	826
MA 17		0,25		586	362	1238
MA 18		0,35		668	436	1646
MA 19	300	0,15	1,6	307	224	547
MA 20		0,25		352	288	810
MA 21		0,35		406	348	1070
MA 22		0,15	2,5	477	286	826
MA 23		0,25		529	345	1237
MA 24		0,35		664	442	1695
MA 25	350	0,15	1,6	290	210	557
MA 26		0,25		364	281	826
MA 27		0,35		432	350	1116
MA 28		0,15	2,5	468	285	835
MA 29		0,25		515	335	1227
MA 30		0,35		611	394	1648

Ek – 3 Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.1. STD kaplamalı talaş kırıcı ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
STD 1	150	0,15	1,6	2466	-2667.6	3757.7
STD 2		0,25		2802.6	-3026.7	4276.1
STD 3		0,35		3332.1	-3561.4	5050.5
STD 4		0,15	2,5	2230.1	-2360.8	3320.7
STD 5		0,25		2572.3	-2725.4	3855.9
STD 6		0,35		2906.7	-3073.4	4368.3
STD 7	200	0,15	1,6	2345.3	-2537.9	3576.7
STD 8		0,25		2715.5	-2925.3	4136.2
STD 9		0,35		2998	-3195.4	4533.5
STD 10		0,15	2,5	2100.1	-2216.7	3119.4
STD 11		0,25		2488.9	-2625.7	3716.1
STD 12		0,35		2959.4	-3123.6	4434.3
STD 13	250	0,15	1,6	2325.3	-2520.5	3554.2
STD 14		0,25		2693.3	-2896.5	4099.3
STD 15		0,35		3188.4	-3401.9	4826
STD 16		0,15	2,5	2112.7	-2232.8	3143.2
STD 17		0,25		2442	-2585	3661.8
STD 18		0,35		2786.5	-2943.6	4185.3
STD 19	300	0,15	1,6	2218.9	-2408	3399.3
STD 20		0,25		2564	-2744.3	3892.6
STD 21		0,35		2809.8	-2982	4240.6
STD 22		0,15	2,5	1937.3	-2052.5	2893.8
STD 23		0,25		2302.6	-2445.4	3467.4
STD 24		0,35		2566.5	-2721.3	3873.7
STD 25	350	0,15	1,6	2265	-2457.6	3470.2
STD 26		0,25		2653.7	-2850.9	4036.1
STD 27		0,35		2905.3	-3085.5	4385.6
STD 28		0,15	2,5	1953.1	-2072.1	2923.7
STD 29		0,25		2301	-2437.3	3456.9
STD 30		0,35		2584.1	-2735.4	3896.8

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.2. STD kaplamasız talaş kırıcı ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
STD 1	150	0,15	1,6	2063	-2218.1	3116.7
STD 2		0,25		2490.8	-2689.3	3792.1
STD 3		0,35		2975.9	-3192.3	4517.2
STD 4		0,15	2,5	1842.3	-1939.7	2730.5
STD 5		0,25		2259.4	-2376.6	3362.4
STD 6		0,35		2856	-2994.1	4245.7
STD 7	200	0,15	1,6	1966.6	-2119.4	2980.8
STD 8		0,25		2330.2	-2516.2	3552.5
STD 9		0,35		2791.1	-2986.7	4229.9
STD 10		0,15	2,5	1682.6	-1772.3	2498.4
STD 11		0,25		2159.7	-2276.6	3225.4
STD 12		0,35		2741.9	-2891.6	4105
STD 13	250	0,15	1,6	1894.9	-2044.5	2876.1
STD 14		0,25		2238.4	-2417.9	3410.7
STD 15		0,35		2595.5	-2777.8	3933.4
STD 16		0,15	2,5	1580.4	-1664.8	2346.6
STD 17		0,25		2161.1	-2277.9	3229.5
STD 18		0,35		2799.8	-2975	4239.4
STD 19	300	0,15	1,6	2086.9	-2251.2	3168.2
STD 20		0,25		2627.6	-2837.5	4006.6
STD 21		0,35		3380.5	-3604	5118.5
STD 22		0,15	2,5	1691.6	-1784.1	2519.5
STD 23		0,25		2574.8	-2716	3844.5
STD 24		0,35		3434.6	-3656.6	5190
STD 25	350	0,15	1,6	2069.7	-2231.7	3141.4
STD 26		0,25		2850.2	-3071.2	4342.1
STD 27		0,35		3874.9	-4149.4	5885.1
STD 28		0,15	2,5	1951.5	-2060.4	2906.6
STD 29		0,25		2741.1	-2903.6	4108.5
STD 30		0,35		3690.8	-3932.7	5574.6

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.3. MS kaplamalı talaş kırıcı formu ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
MS 1	150	0,15	1,6	9314.2	-7126.3	11018
MS 2		0,25		11317	-8344.9	13264
MS 3		0,35		10857	-7762.4	12593
MS 4		0,15	2,5	8030.1	-6321.6	9581.1
MS 5		0,25		9721.3	-7411.1	11496
MS 6		0,35		11212	-8355.8	13184
MS 7	200	0,15	1,6	7993.8	-5897.5	9363.7
MS 8		0,25		11111	-8149	13006
MS 9		0,35		11482	-8223.7	13348
MS10		0,15	2,5	8848.4	-6939.5	10545
MS11		0,25		10359	-7890.6	12250
MS12		0,35		11483	-8528.1	13496
MS13	250	0,15	1,6	9324.8	-7068.4	11002
MS14		0,25		10970	-7943.7	12800
MS15		0,35		11796	-8438.7	13699
MS16		0,15	2,5	8257.7	-6454.4	9832.7
MS17		0,25		10354	-7807.8	12207
MS18		0,35		12041	-8958.8	14155
MS19	300	0,15	1,6	9816.7	-7377.7	11553
MS 20		0,25		11445	-8496.2	13417
MS 21		0,35		12286	-8773.1	14246
MS 22		0,15	2,5	8417.6	-6517	9992.4
MS 23		0,25		10132	-7604.1	11931
MS 24		0,35		11601	-8499.8	13583
MS 25	350	0,15	1,6	9309.8	-6961.7	10943
MS 26		0,25		10540	-7599.9	12269
MS 27		0,35		12200	-8714.4	14147
MS 28		0,15	2,5	8719.7	-6767.5	10357
MS 29		0,25		9990.9	-7464.5	11749
MS 30		0,35		11720	-8584.3	13719

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.4. MS kaplamasız talaş kırıcı formu ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
MS1	150	0,15	1,6	6685.3	-5064.7	7918.9
MS 2		0,25		8464.9	-6202.2	9946.4
MS 3		0,35		10658	-7713.8	12483
MS 4		0,15	2,5	6103.3	-4798	7317.8
MS 5		0,25		8344.2	-6357.2	9914.1
MS 6		0,35		10095	-7552.3	11938
MS 7	200	0,15	1,6	6605.2	-4987.2	7817.2
MS 8		0,25		8605.5	-6286.6	10106
MS 9		0,35		10498	-7559	12264
MS10		0,15	2,5	6465	-5038.2	7727.1
MS11		0,25		8654.6	-6558	10264
MS12		0,35		9949	-7314.2	11711
MS13	250	0,15	1,6	6365.4	-4741.8	7505.2
MS14		0,25		7641.8	-5522.9	8935.9
MS15		0,35		9398.7	-6709	10925
MS16		0,15	2,5	6394.6	-4950.6	7622.7
MS17		0,25		7697.2	-5708.1	9073.4
MS18		0,35		11005	-7968.9	12883
MS 19	300	0,15	1,6	6919.6	-5225.5	8188.8
MS 20		0,25		8330.3	-6019.3	9738.4
MS 21		0,35		10891	-7813.6	12684
MS 22		0,15	2,5	6287.8	-4835.5	7481.5
MS 23		0,25		7922.2	-5850.6	9328.1
MS 24		0,35		11116	-8066.6	13025
MS 25	350	0,15	1,6	6862.8	-5127.1	8096.9
MS 26		0,25		9564.4	-6954.2	11201
MS 27		0,35		12545	-8990.3	14577
MS 28		0,15	2,5	6879.7	-5305.4	8191
MS 29		0,25		9141.9	-6754.6	10759
MS 30		0,35		13521	-9780.7	15787

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.5. GH kaplamalı talaş kırıcı formu ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
GH 1	150	0,15	1,6	6363.5	-7676.0	12007
GH 2		0,25		7207.8	-8838.0	13722
GH 3		0,35		7725.5	-9624.5	14845
GH 4		0,15	2,5	4002.1	-6225.1	7468.8
GH 5		0,25		4699.4	-7468.5	8823.9
GH 6		0,35		5515.0	-8873.5	10390
GH 7	200	0,15	1,6	5962.3	-7270.6	11323
GH 8		0,25		6818.5	-8394.0	13011
GH 9		0,35		7362.9	-9204.2	14176
GH 10		0,15	2,5	3922.0	-6184.5	7354.0
GH 11		0,25		4542.3	-7263.8	8546.6
GH 12		0,35		5545.3	-8986.7	10477
GH 13	250	0,15	1,6	5495.6	-6704.8	10437
GH 14		0,25		6679.2	-8271.6	12793
GH 15		0,35		7252.2	-9097.9	13996
GH 16		0,15	2,5	3844.1	-6059.4	7207.6
GH 17		0,25		4366.1	-7019.8	8228.8
GH 18		0,35		5096.0	-8287.8	9637.8
GH 19	300	0,15	1,6	5267.4	-6493.5	10068
GH 20		0,25		5738.8	-7135.7	11016
GH 21		0,35		6434.4	-8108.0	12450
GH 22		0,15	2,5	3883.1	-6126.0	7284.5
GH 23		0,25		4537.0	-7271.0	8541.8
GH 24		0,35		4918.2	-8024.8	9310.6
GH 25	350	0,15	1,6	5544.2	-6780.7	10545
GH 26		0,25		6009.9	-7465.0	11529
GH 27		0,35		6988.4	-8801.6	13520
GH 28		0,15	2,5	3873.8	-6119.9	7269.7
GH 29		0,25		4347.4	-7023.7	8209.8
GH 30		0,35		4372.0	-7077.8	8239.3

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.6. SA kaplamalı talaş kırıcı formu ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
SA 1	150	0,15	1,6	30751	-36307	42460
SA 2		0,25		39690	-46231	54225
SA 3		0,35		50336	-57712	67939
SA 4		0,15	2,5	20305	-23674	27736
SA 5		0,25		29088	-33443	39302
SA 6		0,35		36278	-41822	49111
SA 7	200	0,15	1,6	26398	-30899	36204
SA 8		0,25		39601	-44957	53056
SA 9		0,35		47914	-56121	65734
SA 10		0,15	2,5	18586	-21850	25549
SA 11		0,25		26554	-30485	35833
SA 12		0,35		34524	-39981	46895
SA 13	250	0,15	1,6	25386	-31085	36004
SA 14		0,25		34719	-40984	47922
SA 15		0,35		42612	-50242	58757
SA 16		0,15	2,5	16938	-19834	23211
SA 17		0,25		24315	-29714	34361
SA 18		0,35		32300	-37220	43705
SA 19	300	0,15	1,6	24662	-29637	34522
SA 20		0,25		35736	-41321	48546
SA 21		0,35		43848	-51435	60222
SA 22		0,15	2,5	15564	-18937	21940
SA 23		0,25		23349	-26923	31609
SA 24		0,35		30180	-34985	41021
SA 25	350	0,15	1,6	21718	-26641	30830
SA 26		0,25		32767	-39561	46032
SA 27		0,35		42352	-49288	57813
SA 28		0,15	2,5	15827	-19405	22414
SA 29		0,25		22837	-26700	31246
SA 30		0,35		30998	-35809	42022

Ek – 3 (Devam) Kesme parametrelerine bağılı olarak elde edilen deneysel kesme kuvvetlerinin (F_c , F_a , F_p) kesici takım üzerinde oluşturduğu gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV}) değerleri

Çizelge 3.7. MA kaplamalı talaş kırıcı formu ile elde edilen gerilmeler (S_1 , S_3 , S_{EQV})

Dosya Adı	V (m/min)	f (mm/rev)	a (mm)	S_1	S_3	S_{EQV}
MA 1	150	0,15	1,6	2155.1	-2179.7	3219.7
MA 2		0,25		2742.4	-2624.2	3980.0
MA 3		0,35		3529.5	-3284.6	5062.2
MA 4		0,15	2,5	20833	-32726	46456
MA 5		0,25		25476	-40506	57237
MA 6		0,35		29885	-47833	67422
MA 7	200	0,15	1,6	2252.9	-2281.8	3367.4
MA 8		0,25		2759.4	-2610.3	3979.3
MA 9		0,35		3232.7	-2932.2	4574.3
MA 10		0,15	2,5	17642	-27834	39446
MA 11		0,25		21536	-34399	48524
MA 12		0,35		27418	-44014	61971
MA 13	250	0,15	1,6	2087.4	-2062.4	3073.6
MA 14		0,25		2704.3	-2531.6	3878.5
MA 15		0,35		3493.9	-3173.0	4937.1
MA 16		0,15	2,5	18424	-29224	41333
MA 17		0,25		23874	-38085	53749
MA 18		0,35		27453	-44180	62147
MA 19	300	0,15	1,6	2159.3	-2123.3	3166.0
MA 20		0,25		2707.3	-2487.4	3838.7
MA 21		0,35		3259.3	-2891.8	4553.7
MA 22		0,15	2,5	19369	-30704	43436
MA 23		0,25		21749	-34963	49202
MA 24		0,35		27389	-44202	62113
MA 25	350	0,15	1,6	2044	-1997.3	2994
MA 26		0,25		2703	-2533	3881
MA 27		0,35		3347.2	-3031.2	4733.2
MA 28		0,15	2,5	19049	-30260	42775
MA 29		0,25		21158	-34016	47867
MA 30		0,35		25025	-40289	56663

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜRBÜZ, Hüseyin
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20.05.1982 Batman
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 346 24 29
 Yabancı Dil : İngilizce
 e-mail : huseyin.gurbuz72@mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü	2004
Lise	Batman Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2006	Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi (Dışarıdan Görevlendirme)

Hobiler

Yüzme, Bilgisayar teknolojileri, Futbol