



T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖRGÜ KEÇELERİN AŞINMA
DAVRANIŞININ MODELLENMESİ

Resul ONGUN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI

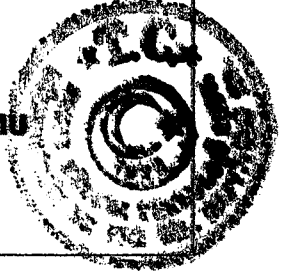
TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Ercan ERTÜRK

GEBZE
2005



**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU



Resul ONGUN'un tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.02.2005 Tarih ve 2005/8 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Enerji Sistemleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd.Doç.Dr. Ercan ERTÜRK

ÜYE

: Doç.Dr. Mahmut AKŞİT

ÜYE

:Yrd.Doç.Dr. Hasan SADIKOĞLU

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

09.06.2005 Tarih ve 2005/8 sayılı kararı.

İMZA/MUHÜR

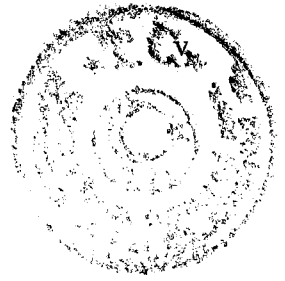
Yrd.Doç.Dr. Ahmet CAPOĞLU
G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bil.
Enstitüsü Müdür Yardımcısı



ÖZET

Türbo makinalarda sızdırmazlık sorunları verimi direk etkileyen önemli bir konudur. Yüksek sıcaklıkta hem esnekliğin korunması, hem de uzun aşınma ömrü sağlanması çözülmesi zor bir problemdir. Son yıllarda esnek metal örgü keçelerin kullanımına başlanmasıyla; yüksek sıcaklık sızdırmazlık uygulamalarında servis ömrünün arttırılması ve termal kaçıklıkların tolere edilmesi mümkün olmuştur. Bu tip keçelerin değişik işletme koşulları altında keçe aşınma ömrünün değerlendirilmesi ile ilgili analitik çözümlerin yetersizliği, kesin çalışma ömrünün belirlenmesi için kapsamlı laboratuvar ve saha testleri gerektirmektedir. Ağ örgülü yapıların aşınma davranışını karakterize eden bir model, metal örgü keçelerin aşınma ömürlerini tespit etmekte yararlı olmakla beraber, halat örgülü keçeler gibi diğer örgülü yapıların aşınma ömürlerinin tespitinde de kullanılabilir. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla, bir girişim olarak basit bir aşınma modeli geliştirilmiştir. Model, Archard'ın aşınma denklemi baz alınarak, standart aşınma testlerinden elde edilen aşınma katsayısı bilgileri ve örgü geometrisi birleştirilerek hazırlanmıştır.

SUMMARY



Sealing problems in turbomachinery is an important issue that has a direct effect on efficiency. Maintaining flexibility without sacrificing extended service life in high-temperature, high-pressure sealing applications poses real challenges to turbomachinery seal designers. The introduction of flexible metal cloth seals provided a means to tolerate thermal misalignments while they demonstrated the promise to extend the service life for high temperature sealing applications. Due to the recent development of such seals, lack of analytical solutions to estimate seal wear life under various operating conditions require extensive laboratory and field testing before service life can be estimated. An analytical model characterizing wear behavior of meshed structures would be useful to estimate wear life of metal cloth seals as well as wear of other meshed structures such as braided rope seals. In an attempt to fill this need a simple wear model for metal mesh has been developed. The model is based on Archard's wear equation incorporating mesh geometry and wear coefficient data, which is obtained through standard coupon wear tests.



TEEKKR

Bu alışmanın ortaya ıkarılmasında bana her trl bilgi, öneri ve desteği sağlayan tez danışmanı hocam Sayın Doç. Dr. Mahmut F. Akşit'e ve idari konularda desteğini esirgemeyen tez danışmanı hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ercan Ertürk'e teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca bana katkıda bulunan tüm Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Enerji Sistemleri Bölümü ğretim görevlilerine ve eğitimimi tamamlamam için bana izin veren şirketim Sarkuysan A.ř. yöneticilerine teşekkür ederim. Her zaman olduğu gibi bu konuda da beni yalnız bırakmayan ve manevi olarak destekleyen aileme de teşekkür ederim.





İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Aşınma Türleri	4
1.1.1. Abrasyon Aşınma	4
1.1.2. Adhezyon ve Kayma Aşınması	5
1.1.3. Erozyon Aşınması	7
1.1.4. Korozyon Aşınması	8
1.2. Elyafların, İpliklerin ve Kumaşların Sürtünmesini Etkileyen Faktörler	8
1.2.1. Amonton Kanunu ve Elyaf Sürtünmesi	9
1.3. Archard Aşınma Denklemi	12
2. METAL ÖRGÜ KEÇELER	16
2.1. Örgü Tipleri	16
2.1.1. Düz Dokuma Tipi	16
2.1.2. Düz Dutch Dokuma Tipi	17
2.1.3. Twill Dutch Dokuma Tipi	18
2.1.4. Stranded Dokuma Tipi	18
2.2. Örgü Tipi Seçimi	18
3. METAL ÖRGÜ KEÇE AŞINMA MODELİ	20
3.1. Temas Basıncı	20
3.2. Twill Dutch Örgü Geometri Kabulleri	21
3.2.1. Twill Dutch Örgü Temas Alanı Hesabı	22
3.2.1.1. Üst Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	22
3.2.1.2. Elipsoid Köşelerin Temas Alanı Hesabı	24

3.2.1.3. Alt Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	27
3.2.1.4. Eğik Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	28
3.2.1.5. Toplam Temas Alanı Hesabı	29
3.2.2. Twill Dutch Örgü Hacim Kaybı Hesabı	32
3.3. Düz Dokuma Tipi Geometri Kabulleri	35
3.3.1. Düz Örgü Temas Alanı Hesabı	36
3.3.1.1. Elipsoid Köşelerin Temas Alanı Hesabı	36
3.3.1.2. Eğik Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	37
3.3.1.3. Toplam Temas Alanı Hesabı	37
3.3.2. Düz Örgü Hacim Kaybı Hesabı	39
3.4. Düz Dutch Örgü Geometri Kabulleri	42
3.4.1. Düz Dutch Örgü Temas Alanı Hesabı	42
3.4.1.1. Elipsoid Köşelerin Temas Alanı Hesabı	42
3.4.1.2. Eğik Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	43
3.4.1.3. Silindirik Tel Par. Tem. Alanı Hes.	44
3.4.1.4. Toplam Temas Alanı Hesabı	44
3.4.2. Düz Dutch Örgü Hacim Kaybı Hesabı	47
3.5. Aşınma Oranı Hesabı	48
4. GÖRÜŞ VE SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	58
EKLER	

SİMGELER VE KISALTMALAR

θ	: Açı
α	: Açı, sabit sayı, çevresel etki faktörü
β	: Açı, sabit sayı, geometrik etki faktörü
ϕ	: Bitiş faktörü
μ	: Sürtünme katsayısı
a	: Elips uzun kenar boyunun yarısı
a	: Sabit sayı
A	: Temas Alanı
$A_{düz}$	: Düz tel temas alanı
$A_{köşe}$	: Temas halindeki köşe alanı
A_m	: Örgü temas alanı
A_{nom}	: Nominal temas alanı
b	: Sabit sayı
c	: Kiriş boyu
c_c	: Elips kısa kenar boyu
D	: Çap
d	: Yarı çap ile aşınma derinliği arasındaki fark
D_a	: Atkı tel çapı
$D_ç$	: Çözümlü tel çapı
F	: Yük, kuvvet
F_0	: Adhezyon kuvveti
h	: Aşınma derinliği
H	: Sertlik
H_d	: Disk sertliği
H_p	: Pim sertliği
j	: Film kalınlığı
K	: Aşınma katsayısı
k	: Oransallık katsayısı
K_w	: Boyutsal aşınma katsayısı
L	: Uzunluk
n_a	: Atkı tel sayısı

n_{temas}	: Temas halindeki tel sayısı
$n_{\text{ç}}$	: Çözümlü tel sayısı
PV	: Keçe dizaynında kullanılan basınç hız çarpım parametresi
R	: Tepki kuvveti
R, r	: Yarı çap
$R_{\text{ç}}$	: Çözümlü tel yarı çapı
s	: Yay boyu
t	: Zaman
TEM	: Transmisyon Elektron Mikroskobu
V	: Hacim, hız
$V_{\text{düz}}$	: Düz tel hacim kaybı
$V_{\text{kayıp}}$	: Toplam hacim kaybı
$V_{\text{köşe}}$	: Temas halindeki köşe hacim kaybı
W	: Aşınma oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Tipik bir örgü keçe dizaynı	3
1.2. Çelik ve çemberin kuru sürtünmesi sonucu gözlemlenen yüzey	5
1.3. Sert bir tel üzerinde dönen iplik tutamı	9
1.4. Dönen disk üzerine bastırılan çubuk	14
1.5. Kesişen iki silindir	14
1.6. Kaymalı yatak	15
1.7. Küresel yatak	15
2.1. Yaygın örgü tipleri	17
3.1. Nominal ve örgü temas alanları	20
3.2. Dutch Twill dokuma geometrisi	21
3.3. Dutch Twill dokuma geometrisi($h \geq D_a$)	22
3.4. Yatay silindirik tel parçası aşınma geometrisi	23
3.5. Tel aralığı	24
3.6. Elipsoid köşe geometrisi	25
3.7. Elipsoid köşe alt geometrisi	25
3.8. Küçük Elips geometrisi	26
3.9. Eğik silindirik tel kesiti	29
3.10. Twill Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre örgü temas alanı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	31
3.11. h aşınma derinliğine göre düz tel kesitinde hacim kaybı	32
3.12. Twill Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	34
3.13. Düz tip dokuma geometrisi	35
3.14. Düz Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre örgü temas alanı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	39
3.15. Düz Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	41
3.16. Düz Dutch tip dokuma geometrisi	42
3.17. Düz Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre örgü temas alanı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	46

3.18. Düz Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)	48
3.19. Haynes 25 örnek Dutch Twill dokuma için hesaplanan PV eğrileri	50
3.20. Haynes 25 örnek Düz dokuma için hesaplanan PV eğrileri	51
3.21. Haynes 25 örnek Düz Dutch dokuma için hesaplanan PV eğrileri	52
3.22. Örnek Dutch Twill ve Düz Dutch örgüler için PV eğrileri kıyaslama grafiği	54



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo

Sayfa

3.1. PV diyagramları için kullanılan dokuma parametreleri

53



1.GİRİŞ

Literatürde var olan bir çok aşınma modeline rağmen, örgü metal keçelerdeki aşınma ile ilgili bir model bulunmamaktadır. Bu çalışmada öncelikle metaller ve tel gibi dairesel kesitli malzemelerin aşınma davranışı ile ilgili araştırmalar özetlenmiş ve metal örgü keçelerin aşınma davranışlarının modeli çıkarılmıştır. Metallerin ve tel gibi dairesel kesitli malzemelerin aşınma modellerinin çıkarılması için bir çok araştırmacı çalışmıştır. Aşınma söz konusu olunca, verilen malzeme kombinasyonları, çevre koşulları, geometri, yük, hız, kaplamalar v.b. gibi girdilere karşılık aşınma oranını tahmini olarak verecek denklemler bulunmaya çalışılmıştır. Bir çok aşınma denklemi bu amaçla hazırlanmış, ancak sadece basit lineer aşınma denklemleri geniş çapta kullanım bulmuştur. Genel bir aşınma denkleminin bulunamamasının nedeni şaşırtıcı değildir. Archard'ın aşınma denklemi, pratikte deney sonuçlarından elde edilen bilgilerin uygunluğunu anlamakta yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

ASTM tarafından aşınma; katı yüzeydeki, genellikle sürekli malzeme kaybını içeren ve o yüzeyle temas eden bir madde veya maddeler arasındaki bağıl hareketten dolayı oluşan hasar olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamada belirtilen madde, ASTM tarafından sadece katı yüzeyler olarak tanımlanmamış, aynı zamanda parçalar, sıvılar, elektrik arkı veya gaz akımları olarak tanımlanmıştır [2].

Aşınma çalışmaları genellikle aşağıda sıralanan bir veya birden fazla neden ile ilgilidir;

- Belirli bir malzeme grubunun aşınma davranışının anlaşılması.
- Belirli bir uygulama için malzeme seçimi veya bu seçimin optimizasyonu.
- Bilinen değişkenlerin, belirli bir aşınma tipi veya prosesi üzerine etkilerinin anlaşılması.
- Özgül tribolojik sistemlerin aşınma modellerindeki, kestirimci ve tanımlayıcı gelişmelerinin desteklenmesi [3].

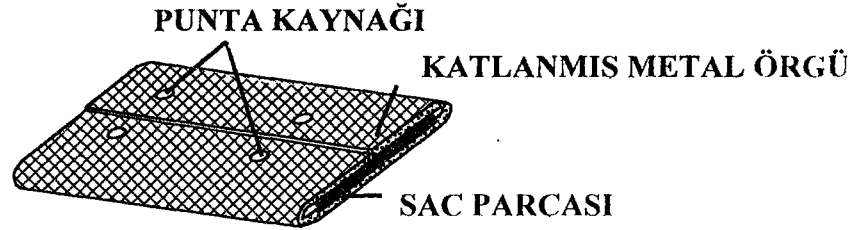
Aşınma modellerinin amaçları; bir yüzeyin yapısı ve özellikleri ile aşınma karşısındaki davranışı arasında temel bağıntıların açığa çıkarılması ve bu bağıntıların kullanılması sayesinde aşınma direnci iyileştirilmiş malzemeler ile özgül uygulamalar için yüzey sertleştirme yöntemlerinin geliştirilmesini sağlayacak, daha iyi, daha doğru aşınma modellerinin bulunmasıdır. Aşınma tiplerinin bir kaç sınıflandırma biçimi vardır, fakat genellikle, adhesyon aşınması, abrasyon aşınması, erozyon aşınması, korozyon aşınması, çarpma aşınması ve bunların değişik tipleri [3].

Bu çalışmada metal örgü keçelerin aşınma davranışlarına yaklaşım yapabilmek amacıyla, tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılan elyafların, kumaşların, ipliklerin ve rayonların sürtünme ölçümleri de göz önüne alınmıştır. Tekstil ürünlerinin üretimindeki tüm aşamalar üzerine, elyafların ve ipliklerin sürtünme özelliklerinin etkisi kanıtlanmıştır.

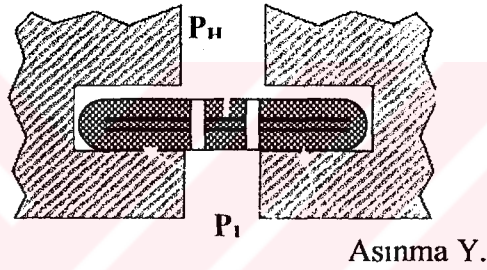
Türbomakinalarda 400°C 'nin üzerindeki işletme sıcaklıklarında, keçe tasarımcılarından, esneklikten ödün vermeden onbinlerce saatlik aşınma ömrüne ulaşmaları istenmektedir. Yüksek sıcaklık süper alaşımlı tellerden imal edilmiş metal örgülerin düşük bükülme dayanımları, keçenin bükülme dayanımının düşük olmasını sağlamaktadır. Ancak gözenekli yapıları bu tip örgülerin keçe uygulamaları için uygun olmamasına neden olmaktadır. Filtre endüstrisindeki gelişmeler; mesh yoğunluğunun arttırılmasını ve örgü içine yerleştirilen bir metal sac parça ile kombine olarak daha yoğun bir örgü biçimi elde edilerek sızıntıların engellenmesini sağlamıştır(Şekil 1.1) ve alışılmışın dışında metal örgü keçelerin yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılmasına imkan vermiştir [4].

Günümüzde metal örgü keçeler, gaz ve buhar türbinleri endüstrisinin farklı uygulamalarında görülmeye başlanmıştır[5-8]. Gaz türbinlerinde ileri sızdırmazlık uygulamaları iç soğutma akış yolları boyunca sabit komponentler arasındaki (nozullar, örtüler vb.) bağlantıları içermektedir. Tipik olarak, bitişik elemanlar çok düşük aşınma kayıpları olan ve birbirine göre titreşimli harekete karşı güçlendirilmiş olmalıdır. Buna ek olarak, bu elemanlar termal büyüme ve kaçıklığı tolere edebilmelidir. Bu tarz ara yüzeyler gaz türbinleri gibi birçok alt komponentle bir arada monte edilerek üretilen büyük montajlı makinalarda görülmektedir. Alt

sistemlerde oluşacak bir arıza durumunda montaj kolaylığı açısından termal büyüme, kaçıklığın ve işletme titreşiminin tolere edilmesi önemlidir.



Aşınma dirençli örgü



Şekil 1.1 . Tipik bir örgü keçe dizaynı

Örgü keçeler, aşınmaya dayanımlı dış örgü tabaka ile içine yerleştirilmiş yüksek dayanımlı metal sacdan oluşmaktadır. Şekil 1.1’de de görüldüğü gibi yüksek basınç yük değişimleri altında keçeğe basınç uygulanmaktadır. Temas noktaları arasındaki bağıl titreşimli hareket aşınmaya neden olmaktadır. Örgü keçe literatürünün çoğunda sızdırmazlık performansları yer almasına rağmen, keçe aşınması ile ilgili çalışmalar sınırlıdır [5-9] ve olanlar da genellikle nitelik ile ilgili performans değerlendirmeleridir. Servis ömrünün artırılmasına yönelik yoğunlaşmalar ile, keçe aşınma ömrünün analitik olarak değerlendirilebilmesi önemlidir.

Metalik olmayan örgüler tekstil endüstrisinde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Fakat, örgü aşınması söz konusu olduğunda yaygın yaklaşım yıkama ve kurutmadan dolayı meydana gelen niteliksel aşınma ve yırtılma ile ilgilidir. Metal örgülerin

temaslı sürtünmesi alışılmamış bir uygulamadır ve literatürde bu konu ile ilgili yapılan araştırmada özel bir aşınma modelinin veya metal örgüler ile ilgili analizin olmadığı görülmüştür.

1.1. Aşınma Türleri

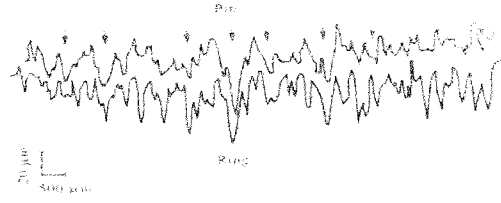
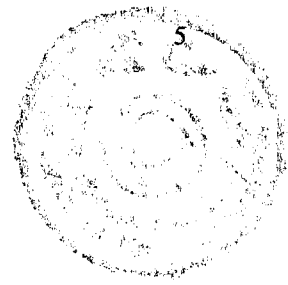
1.1.1. Abrasyon Aşınması

Abrasyon aşınması, genellikle yumuşak bir yüzeyin sert ve sivri bir parça ile aşındırılması sonucu oluşur. Ancak benzer metallerin sürtünmesi sonucunda da paralel aşınma yivleri olduğu bulunmuştur. Bu sert aşındırıcı tepeciklerin, çalışma sertleşmesi veya faz değişmesi gibi nedenlerle olduğu anlamına gelmektedir.

Krushev ve Bobichev'in çalışması, saf metallerin sertlik değerleri ile onların bağıl abrasyon dirençleri arasında lineer bir oransallık kurmuştur [10]. Daha sonra, çeliklerin Vickers sertlik değerlerine göre farklı eğimlerde iki farklı grafiğe bölündüğünü göstermiştir [11].

Genellikle iki gövde arasındaki abrasif aşınma modelleri, aşınan yüzeyin sertliği ve aşınan malzeme kayıpları sonucu oluşan keskin pürüz tepeciklerinin karakteristik açılarını içerir. Çalışma sertleşmesi, faz geçişi ve arayüzde üçüncü gövde oluşumu gibi nedenlerden dolayı sert abrasif tepecikler aşınma yüzeyinde biçimlenir.

Aşağıdaki Şekil 1.2, çelik çubuk ve diskin kuru sürtünmesi sonucu gözlemlenen aşınma yüzeylerinin kesit görüntüsünde, pürüz tepecikleri ile çukurların eşleşmesini göstermektedir. Herhangi bir noktadaki mikro sertlik değeri, maddenin ilk sertlik değerinin üç katından büyüktür. Bu bakış açısı abrasif sürtünmenin metallerin aşınmasında en genel durum olduğunu anlatmaktadır [12].



Şekil 1.2. Çelik çubuk ve diskin kuru sürtünmesi sonucu gözlemlenen yüzey.

Malzemelerin mikro yapılarındaki değişiklik, değişik abrasif aşınma davranışlarına neden olmaktadır ve bu sadece sertlik ve çalışma sertleşmesi ile açıklanamamaktadır. Moore ve Southwaite, aşınan yüzeylerde elektron mikroskopuyla bir dizi çalışma yapmıştır [13]. Aşınan yüzeylerde yapılan çalışmaların başlamasına ek olarak 1960'ların ortasındaki deneysel çalışmalar, çalışan malzemeye göre aşındırıcının bağlı sertliği üzerine daha ileri araştırmalar idi. Örneğin Nathan ve Jones, metal ve metal alaşımı geniş bantların abrasyon çalışmalarını yaptı [14].

Bir çok değişik tipte iki gövde arası abrasyon test aparatları dizayn edilmiştir.

1.1.2. Adhezyon ve Kayma Aşınması

Bowden ve Tabor(1950) teorisi, sürtünmenin varlığını açıklayan ilk modern çalışmaydı. Bu çalışmada karşılıklı yüklenmiş yüzeylerin kayması sonucunda pürüz tepeliklerinin teması temeline dayanmaktadır. Bu sürtünme sırasında gerçek temas basıncı yüksek olacağından sert malzemenin tepelikleri yumuşak malzemeyi plastik deformasyona uğratar ve bu şekilde aşınma devam eder.

Değişik araştırmacıların yaptığı araştırmalar açıkça göstermiştir ki, malzemelerin kaymaları sonucu kayma yüzeylerinde çok büyük plastik kayma gerilmeleri ve yüzey malzemesine yakın büyük gerilme gradyanları oluşmaktadır.

Rognar Holm 1958'de yeniden yayınlanan kitabında elektrik temas problemleri üzerine göze çarpan bir çalışma yayınlamıştır [15]. Bu çalışmasında atomik seviye transferinin rolünü düşünmüş ve birim kayma uzunluğunda hacimsel aşınma kaybı ile gerçek temas alanı arasında bir bağıntı amaçlamıştır.

Kristalin olmayan malzemeler bir kaplama veya çevreden dolayı genellikle ikinci bir faz içerirler. Fakat bazı sistemlerde ikinci bir faz oluşması görülmediğinden, küçük tane büyüklüğü dengesi açıklanamamaktadır. Kayma sırasında kristalin olmayan malzemelerin tane büyüklüğü 10-50 nm olur, fakat 3 nm'den küçük tanelerde TEM ile gözlenmiştir[16].

Başarılı bir aşınma modellenmesi için çatlakların kökü bilinmelidir. Yüzey altı çatlakları bazı çöküntülere ve hasarlara neden olabilir, fakat bu kanıtlanmamıştır. Tribolojik prosesler üzerine tartışmalarda, yapışma üzerine bir vurgulamada, aşınma ve sürtünmenin vakum altında havaya göre daha yüksek olacağı ileri sürülmüştür. Ancak bir çok malzeme kombinasyonu için tersi geçerlidir[16].

Aşınma ve sürtünmenin, kayma sırasında aniden değiştiği çok iyi bilinmektedir. Bunu açıklayan bir çok farklı nedenler bulunmaktadır.

Sertlik ve serliğin aşınma ile bağlantısı üzerine odaklanmak için iyi nedenler vardır. Sertliğin kayma davranışı üzerine etkileri çeşitli ve karmaşıktır. Kayan komponentler bir birlerine temas ettiği anda mekanik karışma ve transfer, bağıl sertliği düzenler. Karışım malzemesinin sertliği yüzey altı sertliğinden büyük veya küçük olabilir ve bu dibe doğru bir sıkışma veya yüzeyin yama ve plato şeklinde olduğunu belirler. Karışım malzemesi geniş bir aralıkta sertlik değerine sahiptir. Bu değer, parçanın hacimsel bölümlerindeki faz ve tane büyüklüğüne bağlıdır [16].

Kato, bir çentik açıcı ucun penetrasyon derecesi, abrasyon sırasında kayma gücü, hücum açısı ve kayma aşınması arasındaki sertlik oranı(H_d/H_p) arasındaki bağıntıyı incelemiştir. Bu oran testler sonunda 1'in altında hesaplanmış ise sert aşınma, 1 civarında ise yumuşak aşınma oluşur [17].



Kayma aşınmasının ilk evrelerindeki koşullar ile uzun zaman geçtikten sonraki durumun farklı olduğu bilinmektedir. Uzun kayma zamanlarının ardından; ortalama sürtünme katsayısı, sürtünme dalgalanmalarının büyüklüğü, yüzey pürüzlülüğü, deformasyona uğrayan tabakanın derinliği ve yüzey civarındaki mikro yapı kompozisyonu değişmeme eğilimi gösterir. Zharin temassız bir proba kayma sırasındaki aşınma izlerini sürekli izleyen bir sistem kurdu [18].

1953'de Archard aşınma modelini yayınladı. Bu modele göre; aşınan maddenin hacmi(V) ve uygulanan yük(F) ile sertlik(H) ve kayma uzunluğu(L) arasında bir oransallık(k) vardır: $(V/L)=k F/H$ [19-20].

1.1.3. Erozyon Aşınması

Katı bir yüzey üzerinde, sıvı veya katı parçacıkların etkisiyle oluşan hasar erozyon aşınması olarak tanımlanır. Sıvı erozyon aşınması ve katı erozyon aşınması olmak üzere iki farklı tipi vardır.

1958 ve 1960'da, Finnie sert parçacıkların yumuşak metallere çarpması sonucu oluşan erozyonun anlaşılması için dönüm noktası olan makaleler yayınladı. Bu tip erozyonu etkileyen en önemli faktörler, parçacık hızı, geliş açısı ve akım değişkenliği olarak tanımlanmıştır. Yumuşak metallerde en yüksek erozyon aşınmasının 15-30° geliş açısında olduğu tecrübelerle gözlemlenmiştir[3].

1977'de, Sheldan altı farklı saf metalin erozyon aşınması ile ilgili yaptığı çalışmada, erozyon oranları ile Vickers sertlik değerleri arasında logaritmik bir bağıntı göstermiştir[3].

Erozyon aşınması bir çok makine ve ürünün görünüşü açısından kontrol edilmesi gereken bir aşınma tipidir. Güncel araştırmalar ile özellikle yüksek sıcaklıktaki erozyon aşınmasının önlenmesi amacıyla metal ve alaşımlarına kaynak dolgusu ve kaplama yapılması üzerine odaklanılmıştır.



1.1.4. Korozyon Aşınması

Korozyon aşınması genellikle birbirine kenetlenme veya cıvata ile bağlanmış mekanik eklemlerde, taşıma sırasında, vibrasyon makinalarındaki elektrik bağlantılarında ve küçük genlikteki salınımlarda oluşur. R.B. Waterhouse bu aşınma tipindeki yayınlara son 50 yıldaki en önemli katkı sağlayan kişidir [3].

1.2. Elyafların(Liflerin), İpliklerin ve Kumaşların Sürtünmesini Etkileyen Faktörler

Elyafların ve ipliklerin sürtünme özelliklerinin; tekstil ürünlerinin bütün üretim aşamalarında önemli olduğu ispatlanmıştır. En önemli örnekler ise keçe üretimi, dokuma üretimi ve dikiş prosesleridir. Bunların dışında sürtünme, mamul haline gelmiş tekstil ürününün özelliklerinin belirlenmesi için önemlidir. Bu özellikler; kopma mukavemeti, iplik ve elyafların elastik özellikleri, yırtılma mukavemeti, abrasyon direnci ve elyafların yapı kararlılığıdır. Bu nedenlerden dolayı elyafların, ipliklerin ve kumaşların sürtünme özellikleri araştırılmaktadır[21].

Tekstil ürünleri üzerine aşınmanın etkisi ile ilgili bir çok inceleme vardır, ancak hem laboratuvar makinaları, hem de işletme ortamında yapılan testlerde sağlanan sonuçlarla ilgili fazla makale yayınlanmamıştır. Laboratuvar makinaları ile elde edilen sonuçlar, gerçek çalışma koşulları sonucu elde edilen değerlerle kıyaslanınca, sonuç ya şüpheli ya da hiç bulunmamaktadır. Aşınma sonucunda, elyafların fiziksel özelliklerinde değişiklikler görülür ve sonuçta kopmalar başlar. Bunun etkisiyle iplikler kopmaya başlar ve neticede kumaş üzerinde delikler gözlemlenir. Elyaf bozulmasının gerçek mekanizması kompleks ve anlaşılması zordur. Bu bir çok faktöre bağlı olmakla beraber bu faktörlerin önemi her bir özel aşınma tipine göre değişir. Örneğin, bu kuru veya ıslak koşullarda, diğer bir yüzeye sürtünme sonucu oluşan, elyaf boyunca iki tabaka arasındaki saf abrasyon aşınması olabilir. Aynı zamanda, elyafların bükülmesi tekrarlayan eğilme gerilmelerine neden olur. Bununla beraber, çok sayıda kopma gerilmesine maruz kalması durumunda yorulma etkisi görülür[24].

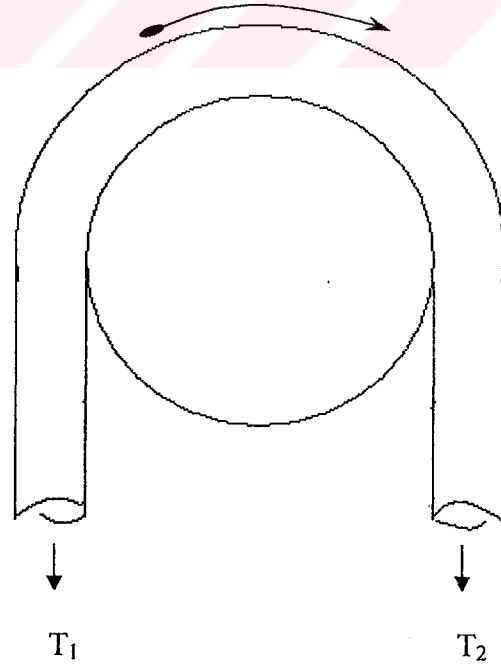


Elyafların bu tarz fiziksel muamelelere maruz kalması durumunda (değerli olarak, yüzeyin ve iç yapının incelenmesi gerekir. Optik mikroskopların ve temel lekeleme tekniklerinin kullanılması ile bazı araştırmacılar aşınan kumaşların kopan elyaf uçlarını incelemiş fakat çok az kesin sonuç elde edilmiştir. Asıl çekince ise optik tekniklerin yetersiz çözünürlüğüdür ve artırılmış çözünürlük değeriyle elektron mikroskobu bu alanda muazzam bir avantaj sağlamaktadır[24].

Bowden ve Tabor kitaplarının bir kısmını elyaf, iplik ve kumaşların sürtünmesi konusuna adanmıştır. Kaswell, Cormann, Langton ve Rainey 'de elyafların, ipliklerin ve kumaşların sürtünmesini incelemiştir [21].

1.2.1. Amonton Kanunu Ve Elyaf Sürtünmesi

Çok uzun bir süreden beri tekstil malzemelerinin Amanton'un sürtünme kanunlarına uymadığı bilinmektedir. Bu yüzden Morrow [9] birbirine paralel ve benzer iki pamuk veya viskoz rayon tutamı arasındaki tutamı çekmek için gerekli kuvvetin, ortalama basınç ve farklı temas alanına bağlı olduğunu buldu [9].



Şekil 1.3. Sert bir tel etrafında dönen iplik tutamı

Bu şekilden de görüldüğü gibi eğer Amonton Kanunu uygulanırsa;

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\mu\theta} \dots\dots\dots(1) \text{ olur.}$$

Burada μ sürtünme katsayısı, θ tur açısı, T_1 ve T_2 gerilme kuvvetleridir. Howell ve ondan bağımsız olarak Lincoln aşağıdaki bağıntıyı kullanarak[22-23];

$$F = C.L^\beta \dots\dots\dots(2)$$

her ikisi de aşağıdaki bağıntıyı elde etmiştir;

$$T_2^{1-\beta} - T_1^{1-\beta} = C(1-\beta)\rho^{1-\beta}\theta \dots\dots\dots(3)$$

Burada ρ eğrilik yarıçapıdır. C ve β temas yüzeyinin geometrik knofigürasyonuna bağlıdır. (2) no.lu eşitlik ya bir kürenin düz bir yüzey üzerinde kayması ya da iki kesişen silindirik lifin sürtünmesi gibi durumlarda deneysel olarak elde edilir. Ancak (3) no.lu eşitlik silindirik bir elemanın dışından geçen bir iplik için uygulanır ve iki eşitliğin geometrileri birbirinden farklıdır. Bu yüzden genel olarak aşağıdaki eşitlik kullanılır[22-23];

$$T_2^{1-n} - T_1^{1-n} = K(1-n)\rho^{1-n}\theta \dots\dots\dots(4)$$

Genel olarak $K \neq C$ ve $n \neq \beta$.

Sürtünme kuvveti(F) ve ince lifli malzemelerin normal tepki kuvveti(R) arasında genel bağıntı $F = \mu.R$ ile verilemeyeceği kanıtlanmıştır. Whitehead bakır üzerine bakır sürtünmesi ile yaptığı çalışmada 4 kg ile 40 g arasındaki yüklerde sürtünme katsayısının sabit olduğunu buldu, fakat daha küçük yüklerde örneğin 1 g yükte sürtünme daha önceki değerinin $\frac{1}{4}$ 'üne düşmüştür. Hafif yük durumunda gerçek sürtünme kuvvetinin bulunması için, yüzeydeki yağ filmleri arasındaki adhezyondan kaynaklanan küçük bir F_0 ek yükünün varlığı kabul edilmek zorundaydı. Ve bu durumda $F = \mu.R + F_0$ olmaktadır [22-23].

Howell viskoz rayonların ve suni ipek rayonlarının, selüloz asetat ve naylonun ticari elyaflarının sürtünme davranışı üzerine çalıştı ve düşük R değerleri aralığı (60 mg'a kadar)'ının üzerinde F değerinin lineer olabileceğini gösterdi. $F = \mu_0 R + \alpha \cdot A$, burada μ_0 ve α sabit, A ise görünen temas alanıdır[22].

Gralen, Amonton Kanunu'ndan hareketle bulduğu ampirik formülün terilen için daha uygun olduğunu göstermiştir. F ile R arasında $F = a \cdot R + b \cdot R^{1-\beta}$ ampirik formülünü önermiştir ($0 \leq \beta < 1$). β değeri, istatistik yöntemler ile bulunan a ve b değerlerine uygun olarak kabul edilir[22].

Yapılan bu çalışmaların bir araya getirilmesi sonucunda iplik ve elyafların Amonton Kanununa uymadığı ispatlanmıştır. Ancak sürtünme kuvveti ile normal yük arasında ampirik bir güç kanunu bağıntısı daha başarılı bir sonuç olarak bulunmuştur. Bu güç kanunu, basit kabullerin yardımı, sürtünmenin adhezyon teorisinin sonucu ve bu malzemeleri deformasyon modu sayesinde türetilir[21].

Sürtünme kuvvetinin gerçek temas alanına bağlı olduğu gerçeğiyle doğru orantılı olarak sürtünme kuvveti elyaf çapına da bağlıdır. Çeşitli araştırmacılar bu sonucu deneylerle elde etmiştir. Bunlardan Martin ve Mittelman, tiftik ve yün için lif çapının artmasıyla sürtünme katsayısının arttığını ispatlamıştır. Benzer olarak Gralen, terilen lifleri için aynı sonucu elde etmiştir. Pascoe ve Tabor, çalışmalarında birbiriyle kesişen üç farklı çapta naylon lifin sürtünmesini ve bir naylon yarıküre ile naylon düze yüzeyin sürtünmesini ölçmüştür. Numune çapı 320:1 aralığında değiştiği gibi bu aralıkta artan numune çapına karşılık, sürtünme kuvvetinin de arttığı bulunmuştur[21].

Amonton Kanununa göre, sürtünme kuvveti yüzey pürüzlülüğünden bağımsızdır. Ancak çeşitli araştırmacıların yaptığı deney sonuçlarına göre pürüzlülük arttıkça, sürtünme katsayısı düşmektedir. Lincoln, paslanmaz çelik yüzeyinde naylon lifler kullanarak değişik pürüzlülük dereceleri için bunu ispatlamıştır[21].

Morrow'un yaptığı araştırmalar sonucunda bir elik çubuk etrafına çapraz olarak sarılan pamuk ipliğinin bünyesindeki nemin artması ile buna orantılı olarak sürtünme katsayısının arttığı görülmüştür. Ortamdaki bağıl nemin örülebilirliğe etkisi ispatlanmıştır. Pamuk ipliğinin kuru ve ıslak çalışma şartlarında; artan ortam sıcaklığına karşın, sürtünme katsayısının düştüğü tespit edilmiştir[21].

Hızın artması sonucu sürtünme katsayısının arttığı 0 ile 600 m/dak. hız aralığında ölçümlenmiştir. (4) no.lu eşitlikte pamuk ve naylon iplikler için 0-66 m/dak. hız aralığında, hız arttıkça K değerinin arttığı ve n değerinin azaldığı bulunmuştur. Bu gözlemin açıklaması ise bu elemanların visko-elastik özellikleridir[21].

Düzgün ve özenle temizlenmiş kumaş yüzeylerinde kaymaya karşı güçlü bir direnç olduğu tespit edilmiştir. İplik ve elyaf üzerine yağlayıcı sürülmesi durumunda; eğer kötü bir yağlayıcı kullanılmışsa sürtünme katsayısı 0,35'e ve iyi bir yağlayıcı kullanılmışsa 0,1'e kadar düşebilir. Sürtünme kuvvetlerinin fazla olduğu durumların sürtünme kuvvetlerinin daha az olduğu durumlara göre daha fazla teknolojik problem yarattığı bilinmesine karşın tekstil malzemelerinin yağlanmasıyla ilgili çok fazla araştırma yapılmamıştır[21].

Bunlara ek olarak sürtünme yönü ve kumaş yüzeyleri de sürtünme katsayısına etki eden diğer faktörlerdir.

Sonuç olarak, tekstil malzemelerinin aşınma biçiminin örgü yapısı bakımından metal örgü keçelerin aşınma davranışlarına benzerlik gösterdiği bilinmektedir.

1.3. Archard Aşınma Denklemi

Tribolojik malzeme çiftleri arasındaki aşınma performansı genellikle deneysel araştırmalar sonucunda elde edilir. Elde edilen bilgiler geleneksel olarak aşınma kaybı, uygulanan yük ve kayma uzunluğu arasında lineer bir bağıntı olduğunu göstermektedir.

Daha öncede belirtildiği gibi bu denklem tribolojik uygulamalardaki tüm problemlerin çözümünde kullanılamamakla beraber, çok geniş bir alandaki koşullara uymaktadır. Buna adhezyon ve abrasyon aşınması da dahildir. Archard Aşınma Denklemi örgü metal keçelerin aşınması sırasında silindirik telin düzgün bir yüzey üzerinde hareketi sırasında oluşan aşınmanın hesaplanmasında da kullanılabilmektedir. En genel haliyle Archard denklemi aşağıdaki gibidir[1];

$$W = f\left(\alpha, \beta, \left[\frac{K\phi}{H}\right], j, F, V, T, t\right)$$

Fakat bizim çalışmamızda;

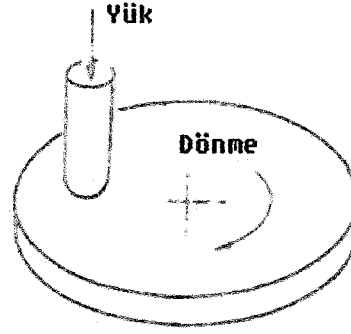
$$W = K_w \cdot \frac{F \cdot V}{3H} t \quad \dots\dots\dots(1)$$

olarak en genellenmiş hali kullanılacaktır.

Bu denklem adhesif ve abrasif koşullarının her ikisi için de kullanılmaktadır. Bu denklemin bir versiyonu Preston tarafından camın abrasif parlatılması bağıntısı olarak kabul edilir ve bu Preston denklemi olarak bilinir. Sabit sayı K_w 'nin nümerik değeri şartlara göre değişir; yumuşak aşınma $10^{-9} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ 'den küçük değerler üretir, $10^{-4} \text{ mm}^3/\text{Nm}$ veya daha büyük değerler ise çoğu tribolojik koşul için kabul edilemeyecek kadar kötüdür[1].

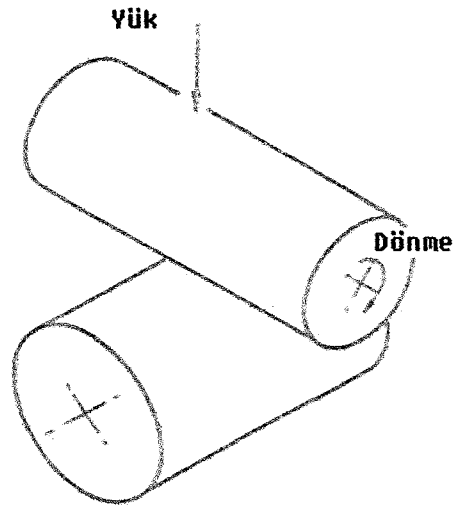
K_w değerinin tesbitinde, genellikle Şekil.1.4 de de gösterildiği gibi kendisine göre aşınmaya dayanıklı bir karşı yüzey olan disk üzerine belli bir yük ile bastırılan ve aşınan elemanı temsil eden prizmatik çubuk kullanılır. Aşınma miktarı, ya çubuğun boyundaki değişme ya da kütle veya hacim kaybı ile bulunur. Burada yük genellikle ölü ağırlık olarak uygulanır ve kayma boyu diskin dönme sayısına bağlıdır. Bu düzenleme ile aşınma yüzeyinin aşındırıcı diske paralel kaldığı ispatlanmıştır ve test boyunca gerçek temas alanı ile buna bağlı olarak pin üzerindeki nominal basıncın sabit kalması avantajı sağlanmaktadır. Fakat, ayar sırasında eksenleme probleminden kurtulmak için çubuğun ucu genellikle gittikçe aşınan küresel şekilli olarak verilir ve proses sırasında, artan temas alanına karşılık yük sabit

kalır. Çok sınırlı bir kısmın Archard denklemine uymasına karşın, bir baştan diğer başa boyutsal kayıp artan kayma uzunluğuna rağmen lineer olarak artmaz[1].



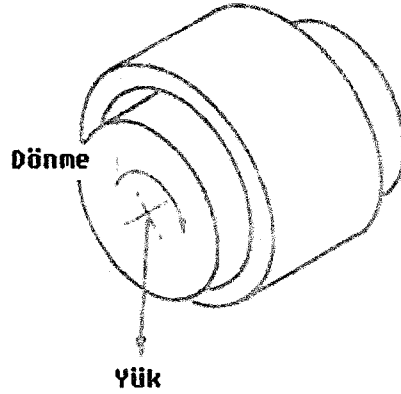
Şekil 1.4. Dönen disk üzerine bastırılan çubuk

Bu alanda, potansiyel test geometrileri ve deney cihazlarında, kayma uzunluğu ve/veya aşınma ile değişen gerçek temas alanı koşulunun bir çok farklı durumu vardır. Aşağıdaki şekiller bu durumları göstermektedir. Şekil 1.5 üst silindirin döndüğü kesişen iki silindrin söz konusu olduğu bir test geometrisini örneklemektedir. Bu, alttaki silindir üzerinde oluşacak tek aşınma izi üzerine yoğunlaşmak üzere daha sert veya aşındırıcı da olabilir, dairesel aşınma izinin test sırasında oluşmasını sağlamak amacıyla daha yumuşak da olabilir[1].



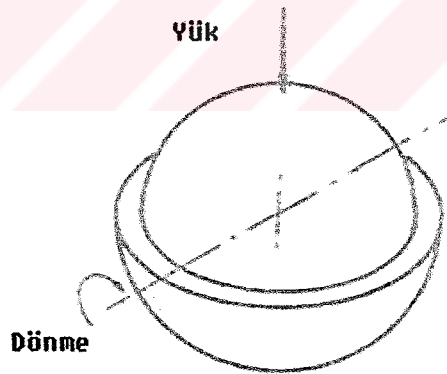
Şekil 1.5. Kesişen iki silindir

Şekil.1.6 dönen bir milin, yatak gömleği içinde giderek artan eksenel bir yiv şeklinde aşınmaya yol açtığı basit bir kaymalı yatak düzenlemesi örneklenmektedir[1].



Şekil 1.6. Kaymalı yatak

Şekil.1.7 küresel bir yuva içinde dönen sert bir küre ile meydana gelen küresel yatağı göstermektedir[1].



Şekil 1.7. Küresel yatak

Her koşulda, yumuşak malzemenin özel bir noktadaki aşınma davranışının o noktadaki lokal yük ve lokal kayma uzunluğunun lineer bir bağıntısı olarak (1) no.lu bağıntıya uymasına rağmen, bu durum bütün temas alanı için de doğrudan doğruya kesin bir lineer bağıntı sergilemez[1].

2. METAL ÖRGÜ KEÇELER

2.1. Örgü Tipleri

Metal tel örgüler filtre endüstrisinde yıllardan beri kullanılmaktadır. Düz dokuma tipinin nispeten büyük parçaların filtrelenmesinde kullanılmasına rağmen, farklı tiplerdeki diğer metal tel dokumalar ince parçaların filtrelenmesi için geliştirilmiştir. Daha sıkı dokumalar sayesinde toplamda örgü gözenekliliğini azaltan bir yapı sağlanmakta ve bunun sayesinde mikron seviyesindeki parçacıkların filtrelenmesi gerçekleşmektedir. Birçok metal örgü dokuma tipi olmakla beraber, en yaygın olanları; Düz, Dutch, Dutch Twill ve Stranded dokumalardır.(Şekil 2.1)

Pratikte kullanılan örgü keçeler ile ilgili genel terminoloji aşağıda verilmiştir.

Bolting cloth	: Normalden ince tel çaplı ve ağ yapılı örgü
Mesh	: Ağ yapısı (Doğrusal olarak inç başına tel sayısı)
Off count	: Normalden fazla tel sayılı örgü
Open area	: Açık alanın toplam alana oranı
Opening	: İki paralel birbirine yakın tel arasındaki mesafe
Selvage	: Örgünün köşesi veya kenarı
Shute wires	: Örgüde bulunan atkı telleri
Square mesh	: Atkı ve çözgü tellerinin eşit olduğu yapı
Warp wires	: Çözgü telleri
Wire Diameter	: Örgüdeki tel çapları

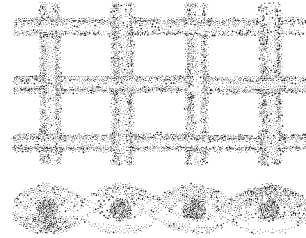
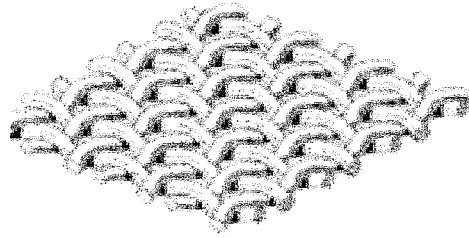
2.1.1. Düz Dokuma Tipi

En yaygın kullanılan örgüdür. Atkı ve çözgü telleri aynı çaptadır ve her bir atkı teli çözgü tellerinin birinin altından, diğerinin üstünden geçerek bu örgü biçimini oluşturur.

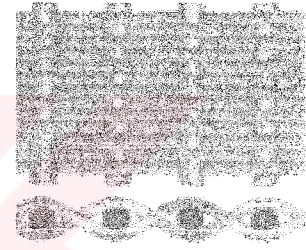
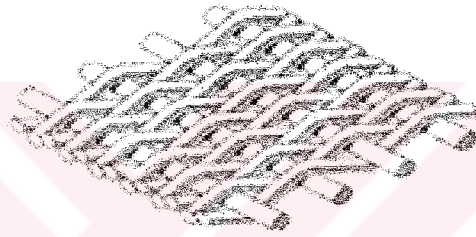


2.1.2. Düz Dutch Dokuma Tipi

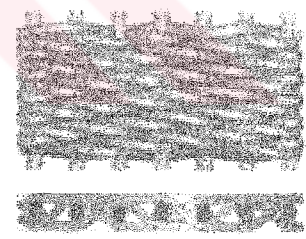
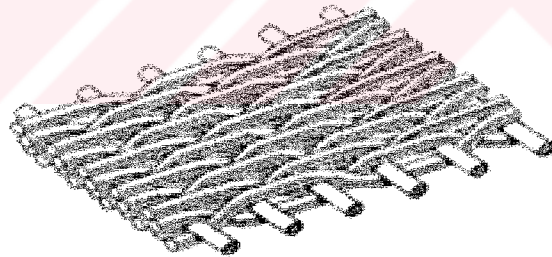
Düz tip ile aynıdır ancak atkı teller daha ince çaplı telden yapılmıştır. Atkı ve çözgü teller birbirlerine çok sıkı biçimde dokunmuştur.



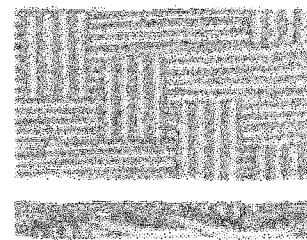
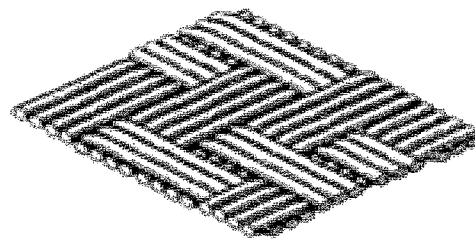
a) Düz Dokuma



b) Dutch Dokuma



c) Dutch Twill Dokuma



d) Stranded Dokuma

Şekil 2.1 . Yaygın örgü tipleri



2.1.3. Twill Dutch Dokuma Tipi

Twill dokuma biçimi şaşırtmalı bir düzene sahiptir. Düz Dutch tipiyle aynıdır fakat daha kabarık şekildedir. Her bir atkı tel iki çözgü telin üzerinden ve sonra diğer ikisinin altından geçer. Bu tipte de çözgü tellerin çapı atkılardan büyüktür. Yoğun bir dokuma yapısına sahip olmasından dolayı sızdırmazlık uygulamaları için çok uygun bir örgüdür. Daha sıkı dokuma tipleri de vardır ancak bunlar mikron seviyesinde filtreleme için dizayn edildiğinden, yüksek yoğunluğa ulaşmak için ince teller kullanılmaktadır. Bununla beraber, yüksek sıcaklık gaz türbini sızdırmazlığı söz konusu olunca oksidasyon direnci açısından tel çapı kritik önem arz etmektedir.

2.1.4. Stranded Dokuma Tipi

Genellikle düz tip örgü biçiminde dokunmuştur. Atkı ve çözgü teller grup veya demet halindedir ve ince çaplı tellerden oluşurlar.

2.2. Örgü Tipi Seçimi

Aşınma ve kaçak performansı ile ilgili ana parametrelerle beraber, ağ bütünlüğü de metal örgü dokuma tipi seçiminde önemlidir. Düz tipi örgü en düşük yoğunluk ve ağ bütünlüğüne sahiptir. Düz Dutch tipi daha yüksek yoğunluğa ve daha iyi ağ bütünlüğüne sahiptir. Fakat Dutch Twill tipi daha iyi aşınma yüzeyi sağlamaktadır. Stranded tipte ise yüksek yoğunluk ve iyi aşınma yüzeyi olmasına rağmen, ağın lokal kesilmeler sonucu yıpranma ve ağ bütünlüğünü kaybetme riski vardır. Bu yüzden yüksek yoğunlukla birbiriyle bütünleşmiş ağ yapısı ve nispeten büyük tel çapları ile örgü keçe tasarımında kullanılmak üzere optimal örgü biçimi olarak bu çalışmada Dutch Twill örgü biçimi seçilmiştir. Bu çalışmada kullanılan model temel olarak Dutch twill dokuma tipine göre hazırlanmıştır. Ancak diğer örgü tipleri için de model hazırlanmıştır.

Dutch twill dokuma tipi gibi sıkı bir ağ örgüsünde teller arasındaki hareketin en az seviyeye indirilmesi için örgü uçları deforme edilmektedir. Fakat, gaz türbinleri



keelerinde tipik olarak yüksek basınç temas sürtünmesi vardır ve bu dış tabakanın sert yüzeyle karşı kayması sırasında aşınmasına neden olur. Belli bir çalışma sresinden sonra kalan örgü kalınlığının tahmin edilmesi keçe tasarımcıları için kritiktir. Bu yüzden, metal örgülerin aşınma modeli için gerçek sürtünme temas alanının hesaplanması gereklidir. Keçe tasarımcılarına yardımcı olacak bir girişim olarak, bu çalışma, basit bir metal örgü keçe aşınma modelini sunmaktadır.

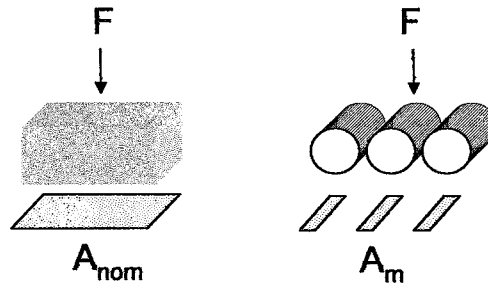


3. METAL ÖRGÜ KEÇE AŞINMA MODELİ

Büyük hacimli metal parçalardan farklı olarak, dokunmuş tellerden oluşan ağ yapılı parçalar kalınlıkları boyunca daha kararsız bir aşınma prosesi sergilemektedir. Dokuma tipinin temas alanına bağlı olarak, örgü karşı tarafa sürtündüğünde aşınma hızı değişir. Örgü aşınma oranı aynı zamanda dokuma yönlendirmesinden de etkilenmektedir. Bu aslında tellerin kayma öncesi nispi yuvarlanmalarından dolayıdır. Dokuma yönelimine bağlı olarak, bu yuvarlanma hareketi kayma hızında düşük de olsa nispi bir azalmaya neden olabilir ve bu yüzden aşınma oranına etki edebilir. Sunulan bu model sadelik açısından bu tel yuvarlanması ve yönlendirmeye bağımlılığını yok sayacaktır.

3.1. Temas Basıncı Hesabı

Belli bir ölçüdeki metal örgü düz bir yüzey karşısında sürtündüğünde, tellerin düz yüzey ile buluştuğu noktadaki temas alanı, temas halindeki örgünün geometrik alanından küçüktür. Gerçek temas alanı terimi, temas halindeki tepeciklerin toplam alanını ifade etmek için kullanılır. Burada örgü temas alanı A_m , tel örgünün eşlenik düz yüzey ile temas halindeki alanını ifade etmektedir. Örgünün temas halindeki geometrik alanı ise A_{nom} olarak ifade edilecektir.



Şekil 3.1. Nominal ve örgü temas alanları.

Bir örgü parçası verilen bir yük altında düz bir yüzeye bastırıldığında, nominal temas basıncı;

$$P_{nom} = \frac{F}{A_{nom}}$$

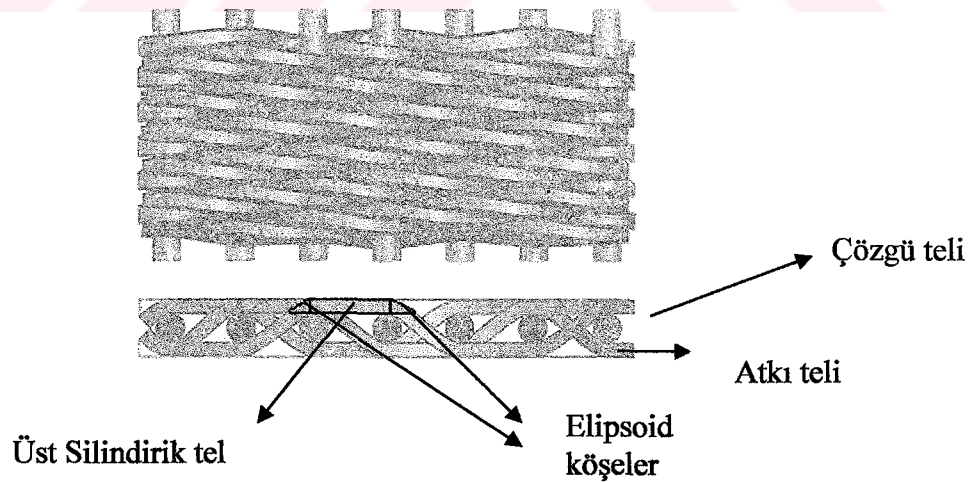
aşınma derinliği ile A_{nom} değişmediğinden sabittir. Fakat örgü için gerçek temas basıncı;

$$P_m = \frac{F}{A_m}$$

A_m örgü temas alanı ile değişir.

3.2. Twill Dutch Örgü Geometri Kabulleri

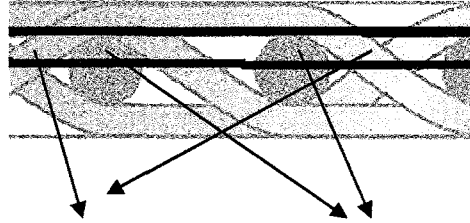
Bu çalışmada aşınma çözgü tellerinin merkezine gelene kadar inceleneceğinden aşınma derinliği atkı tel çapına gelinceye kadarki kısım ayrı, aşınma derinliği çözgü tel yarıçapına gelinceye kadar ki kısım ayrı incelenecektir.



Şekil 3.2. $h=D_a$ değerine kadar olan bölüm için Dutch twill dokuma geometrisi.

Şekil 3.2 'de de görüldüğü gibi Dutch Twill dokuma geometrisinde atkı telleri aşınma prosesi sırasında düz yüzeye temas eden iki farklı kesite sahiptir. Öncelikle düz yüzey ile silindirik tel sürtünür. Ancak sürtünme başladıktan sonra elipsoid şeklindeki köşeler de aşınmaya başlar. Temas alanı hesabında, aşınma derinliğine bağlı olarak iki kesitin de hesaba katılması gerekir.

Aşınma devam edip $h \geq D_a$ değerine ulaştığında ise aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi eğik silindir ve alt düz tel parçası geometrileri ortaya çıkmaktadır.



Eğik silindirik tel

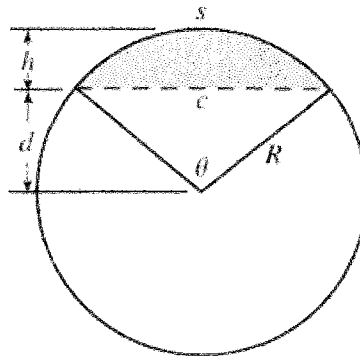
Alt silindirik tel

Şekil 3.3. Twill Dutch Dokuma geometrisi ($h \geq D_a$)

3.2.1. Twill Dutch Örgü Temas Alanı Hesabı

3.2.1.1. Üst Silindirik Tel Parçasının Temas Alanı Hesabı

Aşınma h derinliğine ulaştığında, karşı yüzeye temas eden atkı tel parçasının alt düzlem kesiti dikdörtgen şeklindedir. Şekil 3.4 'de aşınan kısım taranmış daire dilimi olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Atkı silindirik tel parçasının aşınma geometrisi.

Temas halindeki her bir tel parçasının temas alanının hesaplanabilmesi için öncelikle c giriş boyunun bilinmesi gerekmektedir. c giriş boyu aşağıda verilen bağıntılar aracılığı ile hesaplanabilmektedir.

$$R_a = h + d_a$$

$$s_a = R_a \theta$$

$$d_a = R_a \cos\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$d_a = \frac{1}{2} c_a \cdot \cot\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$d_a = \frac{1}{2} \sqrt{4 R_a^2 - c_a^2}$$

$$c_a = 2 \cdot R_a \sin\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$c_a = 2 \cdot \sqrt{R_a^2 - d_a^2}$$

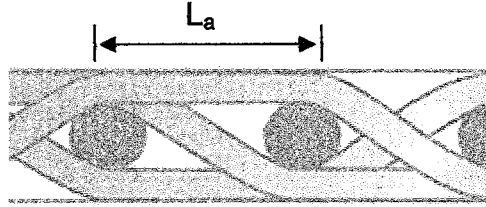
$$c_a = 2 \sqrt{h(2 R_a - h)}$$

Daha sonra buradan temas alanı hesaplanabilir;

$$A_{üst-düzlem} = L_a \cdot c_a$$

$$A_{üst-düzlem} = 2 \cdot L_a \sqrt{h \cdot (2 \cdot R_a - h)}$$

Burada atkı tellerin L_a temas boyu, Şekil 3.5'de gösterilen geometriye göre değerlendirilir.



Şekil 3.5. Tel aralığı

$$L_a = \frac{(1 - D_\zeta)}{(n_\zeta - 1)}$$

Burada L birim boyundaki n_ζ çözgü tel yoğunluğudur.

3.2.1.2. Elipsoid köşelerin Temas Alanı Hesabı

Elipsoid köşelerin temas alanı hesabının basitleştirilmesi için temas alanının aşınma derinliği $h=R_a$ değerine kadar yarım elips şeklinde olduğu kabul edilmiştir. elipsoid köşelerin hesabında a boyu Şekil 3.6 'da da gösterildiği gibi atkı tellerin köşelerdeki eğiminden faydalanılarak bulunabilir.;

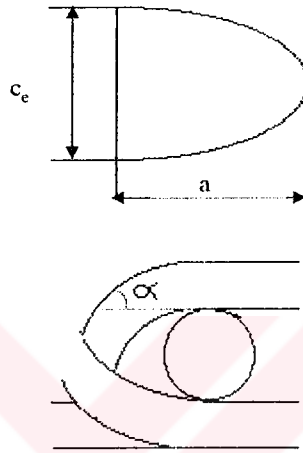
$$a = \frac{h}{\tan \alpha}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{D_\zeta + D_a}{L_a} \right)$$

Dokuma geometrisine bağlı olarak elipsoid köşelerin $h=R_a$ değerine kadar temas alanı hesabı ($A_{k\ddot{o}ş1}$) aşağıdaki gibidir;

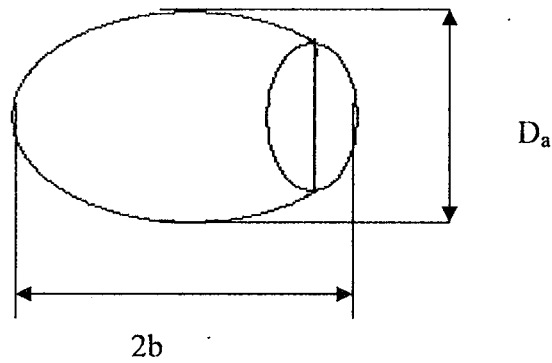
$$A_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{\pi}{2} a \frac{c_a}{2}$$

$$A_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{\pi}{4} \frac{h}{\tan \alpha} c_a$$



Şekil 3.6. Elipsoid köşe geometrisi.

$D_a > h > R_a$ aralığında ise aşağıdaki şekildeki geometri kullanılmaktadır. Bu kabulde $h = D_a$ değeri için tam bir elips kesiti ortaya çıkmasından hareketle; $D_a > h > R_a$ aralığında taranmış alanı koparılmış elips parçasının kesiti hesaplanacaktır. Bu kesitin hesabında, öncelikle tam elipsin kesit alanı hesaplanacak ve taralı olan elipsin alanının yarısı bu alandan çıkarılacaktır.



Şekil 3.7. Elipsoid köşe alt geometrisi ($D_a > h > R_a$)

Burada b değeri ise;

$$2b = \frac{h}{\tan \alpha}$$

$$b = \frac{1}{2} \frac{D_a}{\tan \alpha}$$

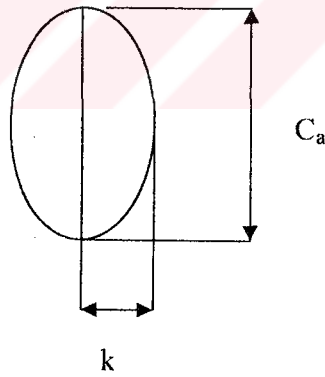
Buna büyük elipsin alanı ;

$$A_{b-elips} = \frac{\pi b D_y}{2}$$

$$A_{b-elips} = \pi \frac{1}{4} \frac{D_a^2}{\tan \alpha}$$

Küçük elipsin alanı ise;

$$A_{k-elips} = \frac{\pi c_a k}{2}$$



Şekil 3.8. Küçük elips geometrisi

Burada c değeri silindirik tel için hesaplanan giriş boyu ve k değeri ise;

$$k = 2b - a$$

olmaktadır. Bu durumda küçük elipsin alanı;



$$A_{k-elips} = \frac{\pi \cdot c_a (2 \cdot b - a)}{2}$$

$$A_{k-elips} = \frac{\pi}{2} c_a \left(\frac{D_a}{\tan \alpha} - \frac{h}{\tan \alpha} \right)$$

$$A_{k-elips} = \frac{\pi \cdot c_a}{2 \tan \alpha} (D_a - h)$$

$D_a > h > R_a$ aralığında hesaplanan köşe kesit alanı ($A_{köş2}$) ise;

$$A_{köş2} = A_{b-elips} - \frac{A_{k-elips}}{2}$$

$$A_{köş2} = \pi \frac{1}{4} \frac{D_a^2}{\tan \alpha} - \pi \frac{1}{4} \frac{c_a}{\tan \alpha} (D_a - h)$$

$$A_{köş2} = \frac{\pi}{4 \tan \alpha} [D_a^2 - c_a (D_a - h)]$$

bulunur.

3.2.1.3. Alt Silindirik Tel Parçasının Temas Alanı Hesabı:

Aşınma $h \geq D_a$ değerine ulaştığında Şekil 3.3 'deki geometri geçerlidir. Temas halindeki her bir tel parçasının temas alanının hesaplanabilmesi için üst tel parçasının temas alanı hesabındaki gibi c_ϕ giriş boyu hesaplanır.



$$R_{\phi} = (h - D_a) + d_{\phi}$$

$$s_{\phi} = R_{\phi} \theta$$

$$d_{\phi} = R_{\phi} \cos\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$d_{\phi} = \frac{1}{2}c_{\phi} \cdot \cot\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$d_{\phi} = \frac{1}{2}\sqrt{4R_{\phi}^2 - c_{\phi}^2}$$

$$c_{\phi} = 2 \cdot R_{\phi} \sin\left(\frac{1}{2}\theta\right)$$

$$c_{\phi} = 2 \cdot \sqrt{R_{\phi}^2 - d_{\phi}^2}$$

$$c_{\phi} = 2 \cdot \sqrt{(h - D_a) [2R_{\phi} - (h - D_a)]}$$

Temas alanı ise;

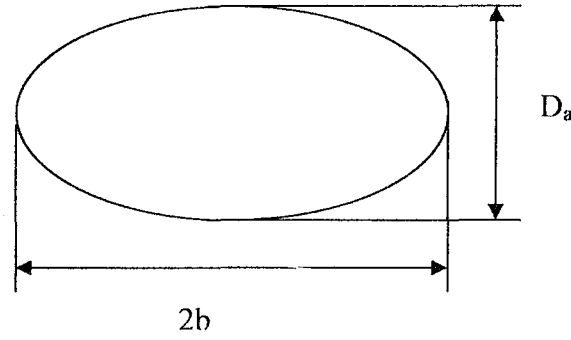
$$A_{alt-düzlem} = L_{\phi} \cdot c_{\phi}$$

$$A_{alt-düzlem} = 2 \cdot L_{\phi} \sqrt{(h - D_a) [2R_{\phi} - (h - D_a)]}$$

Burada atkı tellerin L_{ϕ} temas boyu kullanılan dokuma parçasının enidir.

3.2.1.4. Eğik Silindirik Tel Parçaları Temas Alanı Hesabı

Eğik silindirik tel parçalarının kesit alanlarının tam elips olduğu, elipsoid köşelerin hesabında görülmüştü. Bu kesit elipsoid kesit alanında hesaplanan büyük elipsin alanına eşittir. Buna göre;



Şekil 3.9. Eğik silindirik tel kesiti

$$2b = \frac{h}{\tan \alpha}$$

$$b = \frac{1}{2} \frac{D_a}{\tan \alpha}$$

Buna göre elips alanı;

$$A_{egik-sil} = \frac{\pi b D_a}{2}$$

$$A_{egik-sil} = \pi \frac{1}{4} \frac{D_a^2}{\tan \alpha}$$

3.2.1.5. Toplam Temas Alanı Hesabı

Örgüdeki temas halindeki tellerin toplam alanını bulmak için nominal temas alanı içinde temas halindeki tel sayısının bilinmesi gerekir. Unutulmamalıdır ki Dutch Twill dokuma tipinde her bir atkı tel iki çözü telin üzerinden geçer ve sonra altından geçer. Bu desen her 4 çözü telde bir, düz yüzeye temas halinde olan düz bir tel kesiti oluşturur (iki çözü tel üzerinde). Bu yüzden;

$$n_{temas-a} = n_a \frac{n_{\zeta}}{4} A_{nom}$$

$$n_{temas-\zeta} = \frac{n_{\zeta}}{2} A_{nom}$$

Toplam temas halindeki tel sayısı biliniyorsa buradan hareketle $R_a \geq h > 0$ aralığı için toplam örgü temas alanı hesabı ;

$$A_{m1} = (A_{üst-düz} + 2A_{köse1})n_{temas-a}$$

$$A_{m1} = \left(2L_a \sqrt{h(2R_a - h)} + \frac{\pi h c_a}{2 \tan \alpha} \right) n_{temas-a}$$

$D_a > h > R_a$ aralığı için toplam örgü temas alanı hesabı ;

$$A_{m2} = (A_{üst-düz} + 2A_{köse2})n_{temas-a}$$

$$A_{m2} = \left(2L_a \sqrt{h(2R_a - h)} + \frac{\pi}{2 \tan \alpha} [D_a^2 - c_a(D_a - h)] \right) n_{temas-a}$$

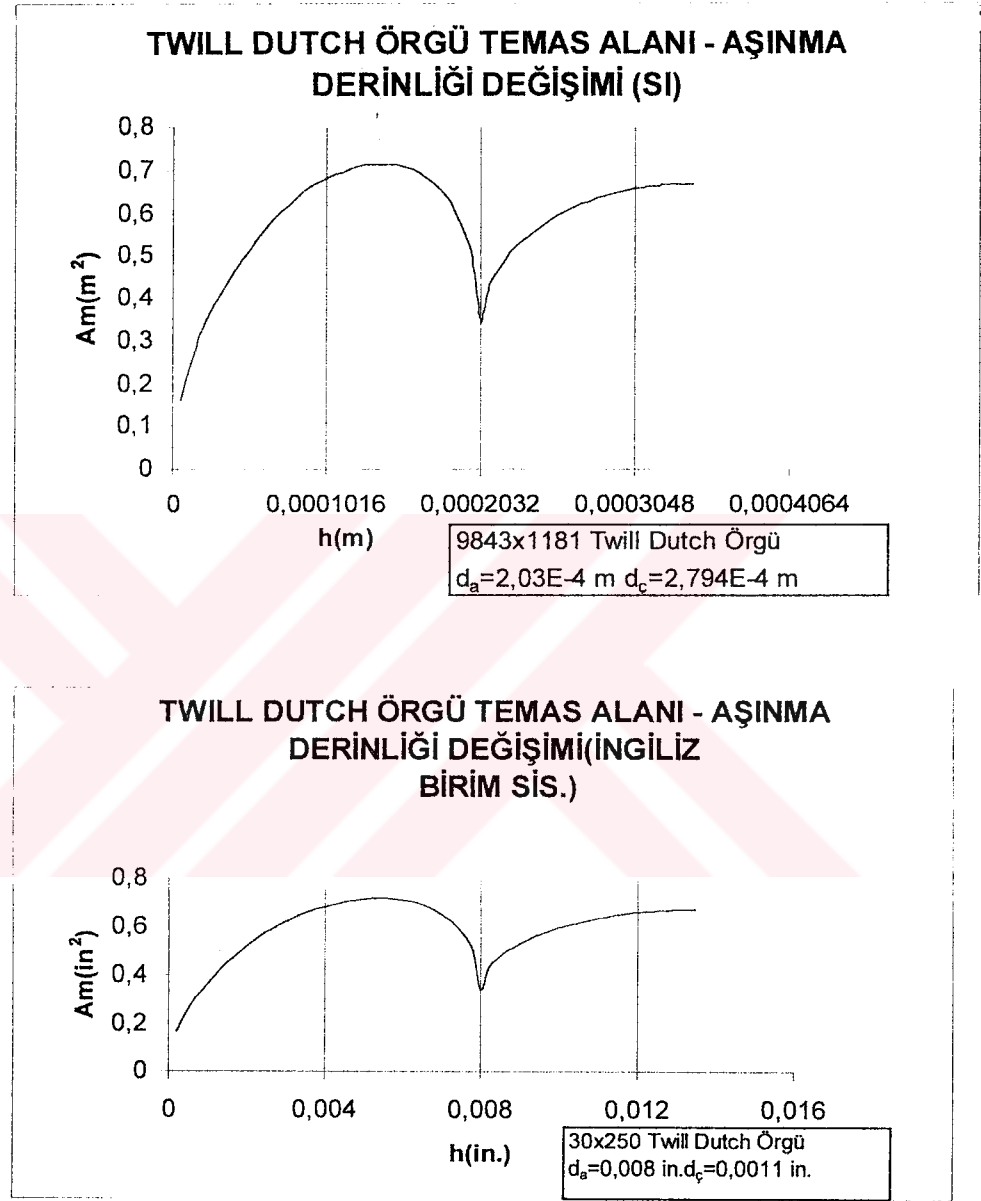
$(R_{\zeta} + D_a) > h \geq D_a$ değerleri için toplam temas alanı hesabı;

$$A_{m3} = 2A_{alt-düz}n_{temas-\zeta} + 2A_{egik-sil}n_{temas-a}$$

$$A_{m3} = 4 \left(L_{\zeta} \sqrt{(h - D_a)[2R_{\zeta} - (h - D_a)]} \right) n_{temas-d} + \pi \frac{D_a^2}{2 \tan \alpha} n_{temas-a}$$

Bu denklemler kullanılarak artık A_m hesaplanabilir.

Örnek Twill Dutch dokuma için hazırlanan Şekil 3.10 'daki grafiklerden de görüldüğü gibi $h=D_a$ değerine ulaştığında temas alanı azalır, ancak çözgü teller aşınmaya başlayınca temas alanı tekrar artar.



Şekil 3.10. Twill Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre örgü temas alanı değişimi (İngiliz ve SI birimleri için)

3.2.2. Twill Dutch Örgü Hacim Kaybı Hesabı

$R_a > h > 0$ aralığı için hacim kaybı hesabı Şekil 3.2'de de görüldüğü gibi düz tel parçasının hacim kaybının hesabı ile köşe kısmının hacim kaybının iki katının toplamıdır. Düz tel geometrisi için hacim kaybı hesabı Şekil 3.4 ve 3.11 göz önüne alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır. Aşınma derinliği $h \leq R_a$ ise;

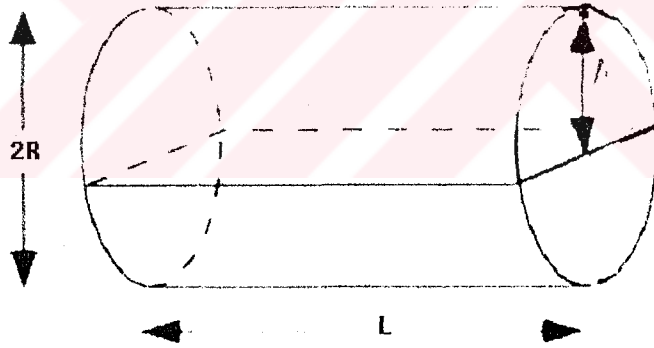
$$V_{üst-düzl} = L_a \left[R_a^2 \cos^{-1} \left(\frac{R_a - h}{R_a} \right) - (R_a - h) \sqrt{2R_a h - h^2} \right]$$

$$h = R_a \Rightarrow$$

$$V = \pi \cdot R_a^2 L_a / 2$$

$$h = 2R_a \Rightarrow$$

$$V = \pi \cdot R_a^2 L_a$$



Şekil 3.11. h aşınma derinliğine göre düz tel kesitinde hacim kaybı

Elipsoid köşelerin hacim kaybı hesabında ise geometrinin çeyrek elipsoid olduğu kabul edilmiştir. Ve hacim yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntı ile bulunur;

$$V_{k\ddot{o}ş1} = \frac{1}{6} \pi a c_a h$$

veya

$$V_{k\ddot{o}ş1} = \frac{h^2}{6 \tan \alpha} \pi c_a$$

Örgü temas alanı hesabına benzer olarak $R_a \geq h > 0$ aralığında toplam hacim kaybı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$V_{kayıp1} = (V_{üst-düz1} + 2V_{k\ddot{o}ş1}) n_{temas-a}$$

$D_a > h > R_a$ aralığında ise temas alanı hesaplanan elips parçasının yükseklik ile çarpılmasıyla elde edilen hacim ile silindirik düz tel hacim kaybı toplanır;

$$V_{üst-düz2} = L_a \left[\left(R_a^2 \cos^{-1} \left(\frac{R_a - h}{R_a} \right) - (R_a - h) \sqrt{2R_a h - h^2} \right) - \pi R_a^2 / 2 \right]$$

$$V_{k\ddot{o}ş-2} = A_{k\ddot{o}ş2} \cdot (h - R_a)$$

$$V_{kayıp2} = (V_{üst-düz2} + 2V_{k\ddot{o}ş2}) n_{temas-a}$$

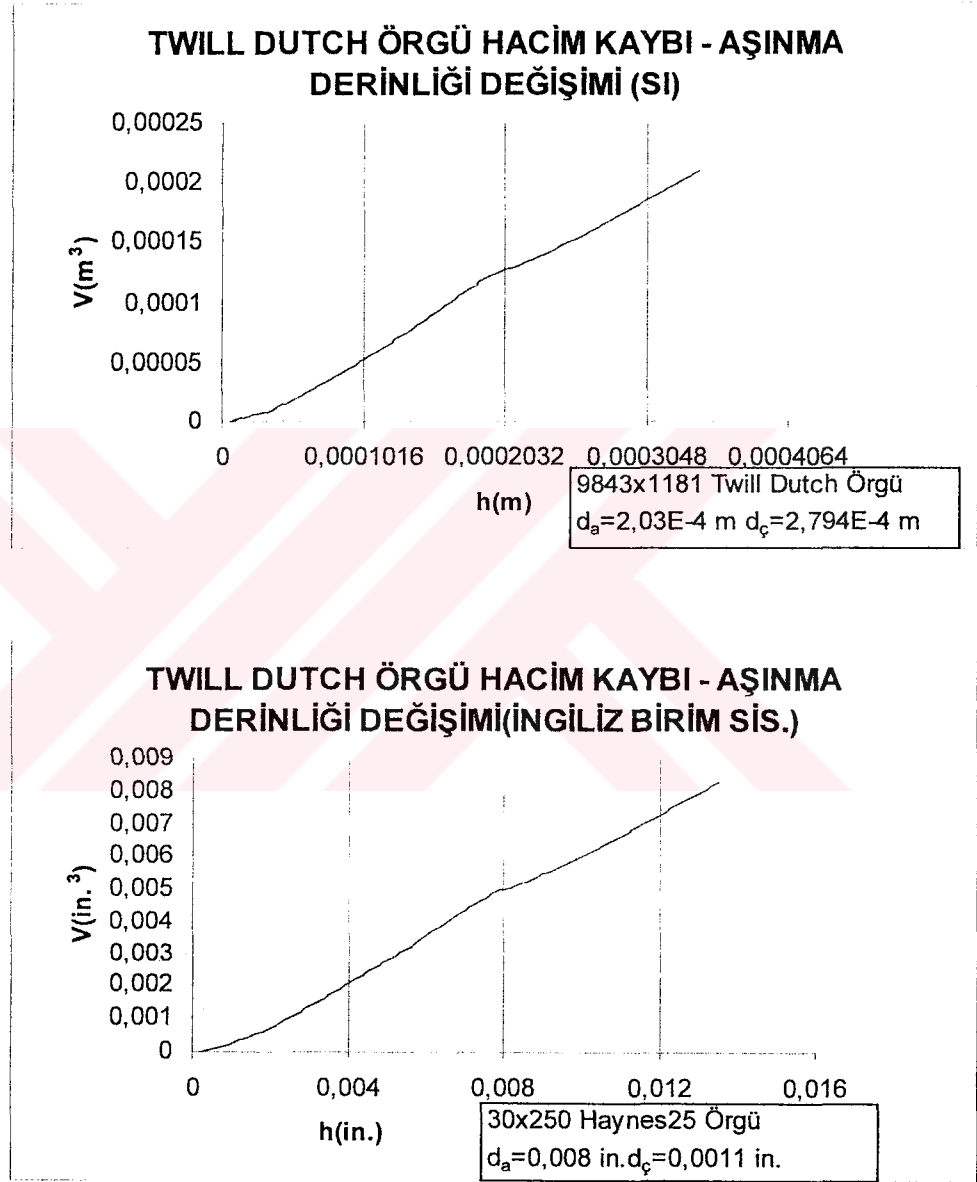
$(R_c + D_a) > h \geq D_a$ değerleri için hacim kaybı hesabı eğik silindirik telin hacminin iki katı ve alt düz silindirik telin hacminin iki katının toplamıdır. Bu hesap;

$$V_{eğik-sil} = A_{eğik-sil} \cdot (h - D_a)$$

$$V_{alt-düz} = L_c \left[R_c^2 \cos^{-1} \left(\frac{R_c - (h - D_a)}{R_c} \right) - (R_c - (h - D_a)) \sqrt{2R_c (h - D_a) - (h - D_a)^2} \right]$$

$$V_{kayıp3} = 2V_{alt-düz} n_{temas-ç} + 2V_{eğik-sil} n_{temas-a}$$

Bu eşitlikler aşınma derinliğinin ve temas alanının bir fonksiyonu olarak toplam hacim kaybı için bir bağıntı sağlamaktadır; $V_{\text{kayıp}}=f(h, A_{\text{nom}})$. Örnek Twill Dutch örgü tipi için hazırlanan aşınma derinliğine bağlı hacim kaybı hesapları Şekil.3.12’de sunulmuştur.

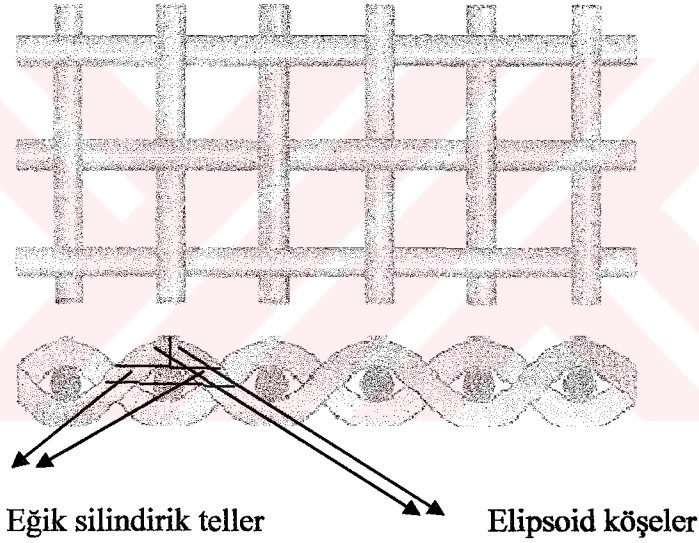


Şekil 3.12. Twill Dutch Örgü örnek dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)

3.3. Düz Dokuma Tipi Geometri Kabulleri

Düz dokuma tipine benzer geometrik özellikler sergilediğinden detaylı olarak incelenmemekle beraber farklılıklar bu bölümde ele alınacaktır. Dutch Twill dokuma tipinden farklı olarak bu dokuma tipinde aşağıda görüldüğü gibi her bir atkı tel, çözgü tellerin birinin altından diğerinin üzerinden geçer. Aşınma $h=D_a$ değerine ulaşınca kadar elipsoid köşeler mevcuttur.

Aşınma devam edip $h \geq D_a$ değerine ulaştığında ise aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi eğik silindir ve alt düz tel parçası geometrileri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.13. Düz tip dokuma geometrisi

Düz tip örgüde atkı ve çözgü tel çapları eşittir. Hesaplamalar eşit tel çaplarına göre yapılacaktır.

3.3.1. Düz Örgü Temas Alanı Hesabı

3.3.1.1. Elipsoid Köşeler Temas Alanı Hesabı:

Elipsoid köşelerin temas alanının, 3.2.1.2. bölümde anlatıldığı gibi aşınma derinliği üst telin yarıçapı değerine gelene kadar yarım elips şeklinde olduğu kabul edilmiştir.

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{2D}{1-D}}{n_c - 1} \right)$$

Dokuma geometrisine bağlı olarak elipsoid köşelerin aşınma değerinin atkı telin yarıçapına kadar olan değerleri için temas alanı hesabı aşağıdaki gibidir;

$$A_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{\tan \alpha} c$$

Aşınma derinliğinin atkı tel yarıçapı ile çapı arasında olduğu durumda 3.2.1.2. bölümde anlatıldığı gibi $A_{k\ddot{o}\ddot{s}2}$ hesaplanır.

$$\begin{aligned} A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} &= A_{b-elips} - \frac{A_{k-elips}}{2} \\ A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} &= \pi \frac{1}{4} \frac{D^2}{\tan \alpha} - \pi \frac{1}{4} \frac{c}{\tan \alpha} (D - h) \\ A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} &= \frac{\pi}{4 \tan \alpha} [D^2 - c(D - h)] \end{aligned}$$

bulunur.

3.3.1.2. Eğik Silindirik Tel Parçaları Temas Alanı Hesabı

Eğik silindirik tel parçalarının kesit alanlarının hesabı 3.2.1.4. bölümde anlatıldığı gibi bulunur;

$$A_{egik - sil} = \frac{\pi b D}{2}$$

$$A_{egik - sil} = \pi \frac{1}{4} \frac{D^2}{\tan \alpha}$$

3.3.1.3. Toplam Temas Alanı Hesabı

Nominal temas alanı içinde temas halindeki tel sayısının bilinmesi için, Düz dokuma tipinde her bir atkı telin bir çözgü telin önce üzerinden, sonra altından geçtiği göz önüne alınır. Bu desen her 2 çözgü telde bir, düz yüzeye temas halinde olan düz bir tel kesiti oluşturur ve atkı ile çözgü tellerde aynı geometri mevcuttur. Bu yüzden;

$$n_{temas} = n_a n_{\phi} A_{nom}$$

$$n_{temas} = n^2 A_{nom}$$

Toplam temas halindeki tel sayısı biliniyorsa; buradan hareketle aşınma derinliğinin atkı telin yarıçapı değerine kadar aldığı değerler için toplam örgü temas alanı hesabı ;

$$A_{m1} = 2 A_{kösel} n_{temas}$$

$$A_{m1} = 2 \left(\frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{\tan \alpha} c \right) n_{temas}$$

Atkı telin yarıçapı ile çapı arasındaki değerler için toplam örgü temas alanı hesabı ;

$$A_{m2} = 2A_{köse2} n_{temas}$$

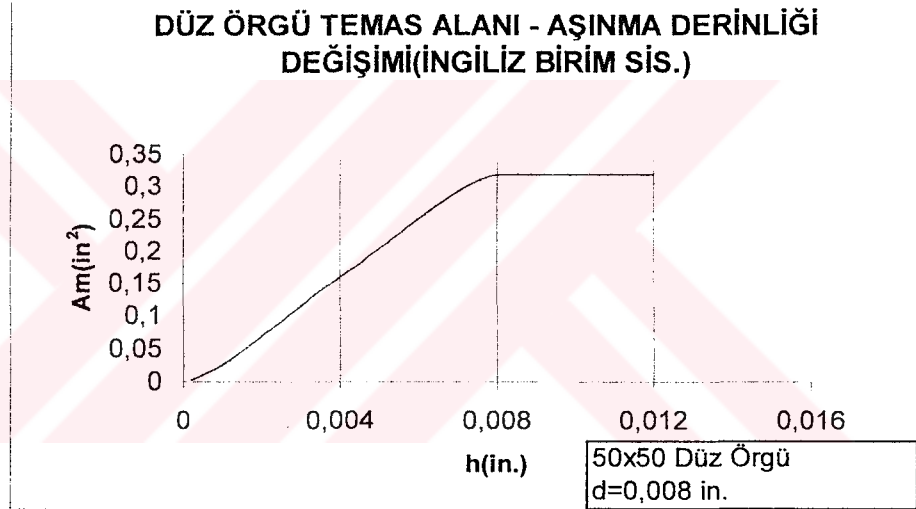
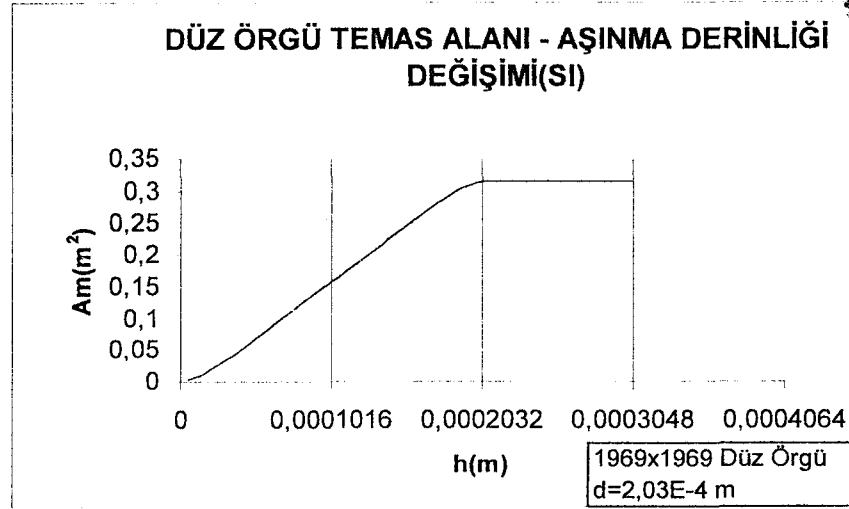
$$A_{m2} = \left(\frac{\pi}{2 \tan \alpha} [D^2 - c (D - h)] \right) n_{temas}$$

Aşınmanın atkı tel çapı ile örgü telin merkezi arasında olduğu durumda toplam temas alanı hesabı şöyle yapılır;

$$A_{m3} = 2A_{egik-sil} n_{temas}$$

$$A_{m3} = 2 \left[\pi \frac{1}{4} \frac{D^2}{\tan \alpha} \right] n_{temas}$$

Örnek Düz örgü için aşınma derinliğine göre temas alanı değişimi grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Örnek Düz dokuma tipi için aşınma derinliğine göre temas alanı (İngiliz ve SI birimleri için)

3.3.2. Düz Örgü Hacim Kaybı Hesabı

Aşınma derinliği değerlerinin atkı telin yarıçapına kadar aldığı değerler için hacim kaybı hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$V_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{h^2}{6 \tan \alpha} \pi c$$

$$V_{kayip1} = 2V_{k\ddot{o}\ddot{s}1} n_{temas}$$

Aşınma derinliğinin atkı telin yarıçapı ile çapı arasında olduğu durumda ise aşağıdaki denklem geçerlidir;

$$V_{k\ddot{o}\ddot{s}-2} = A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} \cdot (h - R)$$

$$V_{kayip2} = 2V_{k\ddot{o}\ddot{s}2} \cdot n_{temas}$$

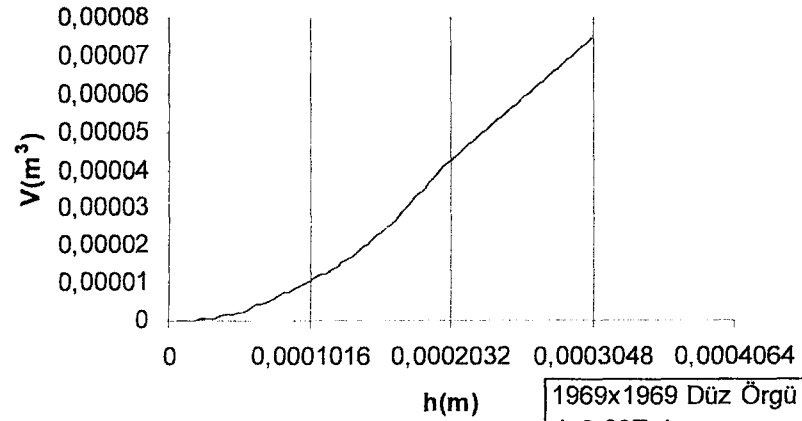
olarak bulunur. Aşınmanın atkı telin çapı ile çözgü tel yarıçapı arasında olduğu durumda hacim kaybı;

$$V_{egik-sil} = A_{egik-sil} \cdot (h - D)$$

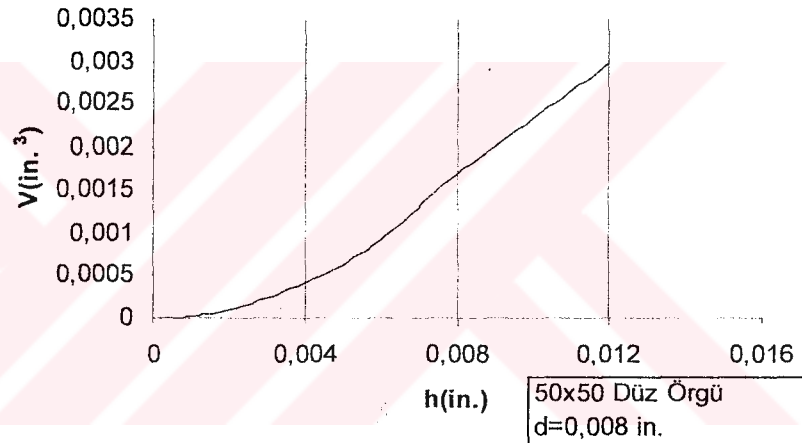
$$V_{kayip3} = 2V_{egik-sil} n_{temas}$$

Örnek Düz örgü için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi eğrisi aşağıdaki gibidir;

DÜZ ÖRGÜ HACİM KAYBI - AŞINMA DERİNLİĞİ DEĞİŞİMİ(SI)

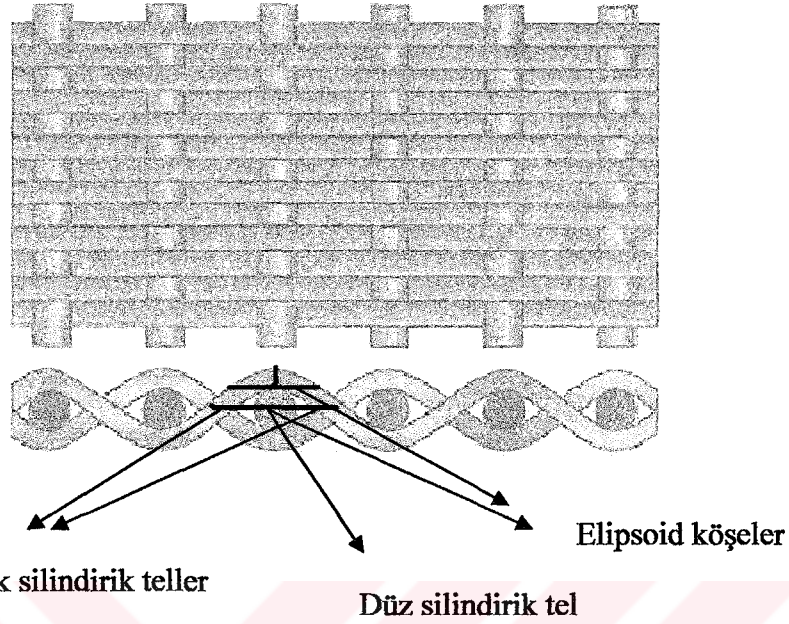


DÜZ ÖRGÜ HACİM KAYBI - AŞINMA DERİNLİĞİ DEĞİŞİMİ(AMERİKAN BİRİM SİS.)



Şekil 3.15. Örnek Düz dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi(İngiliz ve SI birimleri için)

3.4. Düz Dutch Örgü Geometri Kabulleri



Şekil 3.16. Düz Dutch tip dokuma geometrisi

Dutch Twill dokuma tipinden farklı olarak bu dokuma tipinde yukarıda görüldüğü gibi her bir atkı tel çözgü tellerin birinin altından diğerinin üzerinden geçer. Aşınma $h=D_a$ değerine ulaşınca kadar elipsoid köşeler mevcuttur.

Aşınma devam edip $h \geq D_a$ değerine ulaştığında ise yukardaki şekilde de görüldüğü gibi eğik silindir ve alt düz tel parçası geometrileri ortaya çıkmaktadır.

3.4.1. Düz Dutch Örgü Temas Alanı Hesabı

3.4.1.1. Elipsoid Köşeler Temas Alanı Hesabı:

Elipsoid köşelerin temas alanı hesabı 3.2.1.2. bölümde anlatıldığı gibi $h=R_a$ değerine kadar yarım elips şeklinde olduğu kabul edilmiştir.

$$a = \frac{h}{\tan \alpha}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\frac{D_a + D_\varphi}{1 - D_\varphi}}{n_\varphi - 1} \right)$$

Dokuma geometrisine bağılı olarak elipsoid köşelerin $h=R_a$ değerine kadar temas alanı hesabı($A_{k\ddot{o}\ddot{s}1}$) aşağıdaki gibidir;

$$A_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{\tan \alpha} c_a$$

$D_a > h > R_a$ aralığında ise yine 3.2.1.2. bölümde anlatıldığı gibi $A_{k\ddot{o}\ddot{s}2}$ hesaplanır.

$$A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} = \frac{\pi}{4 \tan \alpha} [D_a^2 - c_a (D_a - h)]$$

bulunur.

3.4.1.2. Eğik Silindirik Tel Parçaları Temas Alanı Hesabı

Eğik silindirik tel parçalarının kesit alanlarının hesabı 3.2.1.4. bölümde anlatıldığı gibi bulunur;

$$A_{egik - sil} = \frac{\pi b D_a}{2}$$

$$A_{egik - sil} = \pi \frac{1}{4} \frac{D_a^2}{\tan \alpha}$$

3.4.1.3. Silindirik Tel Parçasının Temas Alanı Hesabı:

Aşınma $h \geq D_a$ değerine ulaştığında ise temas alanı;

$$A_{düz} = L_a \cdot c_a$$

$$A_{düz} = 2 \cdot L_\zeta \sqrt{(h - D_a) [2R_\zeta - (h - D_a)]}$$

olarak bulunur. Burada atkı tellerin L_ζ temas boyu kullanılan dokuma parçasının enidir.

3.4.1.4. Toplam Temas Alanı Hesabı

Nominal temas alanı içinde temas halindeki tel sayısının bilinmesi için, Düz Dutch dokuma tipinde her bir atkı telin bir çözgü telin önce üzerinden, sonra diğerinin altından geçtiği göz önüne alınır. Atkı tel için $n_{\text{temas-a}}$ ve çözgü teller için $n_{\text{temas-ç}}$;

$$n_{\text{temas-a}} = \frac{n_a n_\zeta A_{\text{nom}}}{2}$$

$$n_{\text{temas-ç}} = n_\zeta A_{\text{nom}}$$

Toplam temas halindeki tel sayısı biliniyorsa buradan hareketle $R_a \geq h > 0$ aralığı için toplam örgü temas alanı hesabı ;

$$A_{m1} = 2A_{köse1}n_{temas-a}$$

$$A_{m1} = 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot \frac{h}{\tan \alpha} c_a \right) n_{temas-a}$$

olarak bulunur. $D_a > h > R_a$ aralığı için toplam örgü temas alanı hesabı aşağıdaki gibidir;

$$A_{m2} = 2A_{köse2}n_{temas-a}$$

$$A_{m2} = \left(\frac{\pi}{4 \tan \alpha} \left[D_a^2 - c_a (D_a - h) \right] \right) n_{temas-a}$$

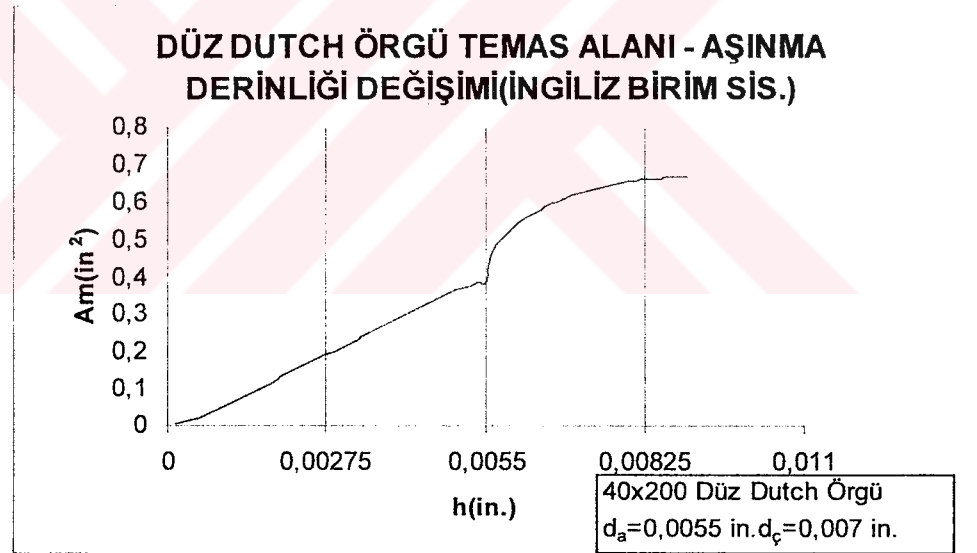
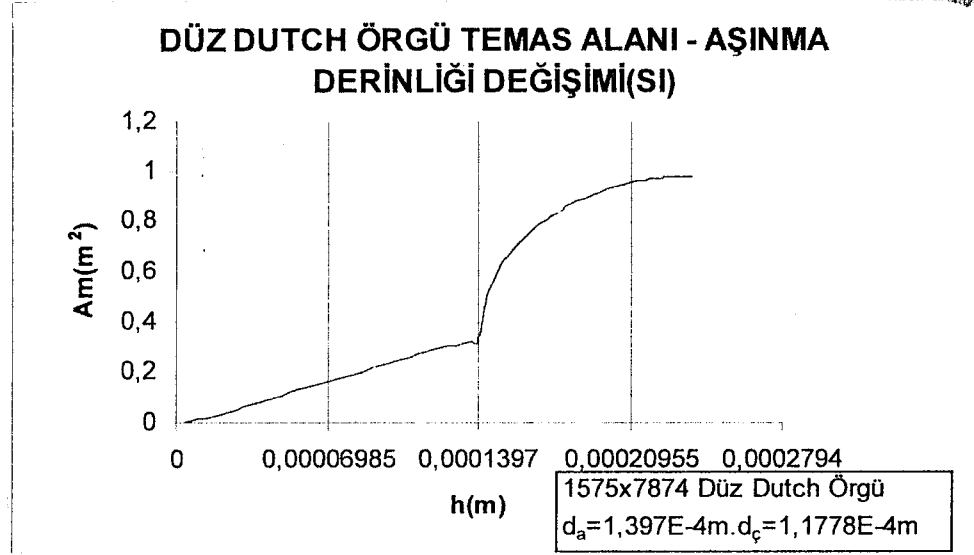
$(R_\zeta + D_a) > h \geq D_a$ değerleri için toplam temas alanı hesabı;

$$A_{m3} = A_{alt-düz}n_{temas-\zeta} + 2A_{egik-sil}n_{temas-a}$$

$$A_{m3} = 2 \left(L_\zeta \sqrt{(h - D_a) [2R_\zeta - (h - D_a)]} \right) n_{temas-\zeta} + \pi \frac{D_a^2}{2 \tan \alpha} n_{temas-a}$$

olacaktır.

Bu hesaplamalar sonucu elde edilen aşınma derinliği- temas alanı değişimi grafiği örnek Düz Dutch örgü için aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.17. Örnek Düz Dutch dokuma tipi için aşınma derinliğine göre temas alanı değişimi (İngiliz ve SI birimleri için)



3.4.2. Düz Dutch Örgü Hacim Kaybı Hesabı

$R_a > h > 0$ aralığı için hacim kaybı hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$V_{k\ddot{o}\ddot{s}1} = \frac{h^2}{6 \tan \alpha} \pi c_a$$

$$V_{kayip1} = 2V_{k\ddot{o}\ddot{s}1} n_{temas-a}$$

$D_a > h > R_a$ aralığında ise;

$$V_{k\ddot{o}\ddot{s}-2} = A_{k\ddot{o}\ddot{s}2} \cdot (h - R_a)$$

$$V_{kayip2} = 2V_{k\ddot{o}\ddot{s}2} \cdot n_{temas-a}$$

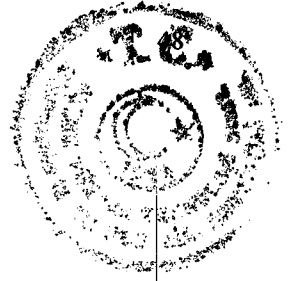
olmaktadır.

$h \geq D_a$ değerleri için hacim kaybı;

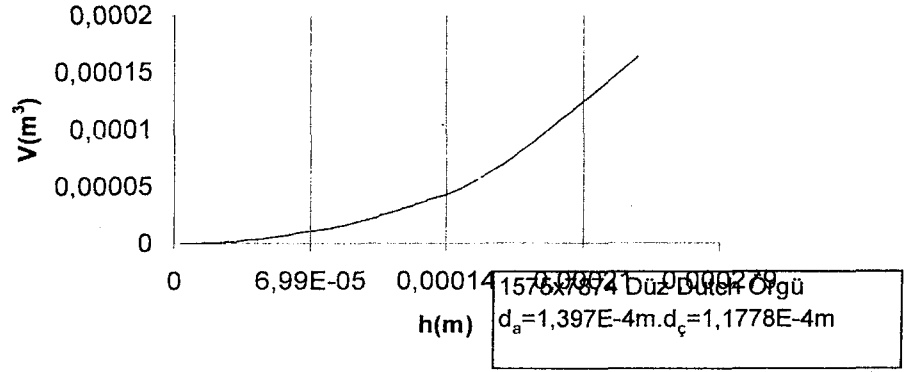
$$V_{egik-sil} = A_{egik-sil} \cdot (h - D_a) + V_{düz-te1}$$

$$V_{kayip3} = 2V_{egik-sil} n_{temas-a} + V_{düz-te1} \cdot n_{temas-c}$$

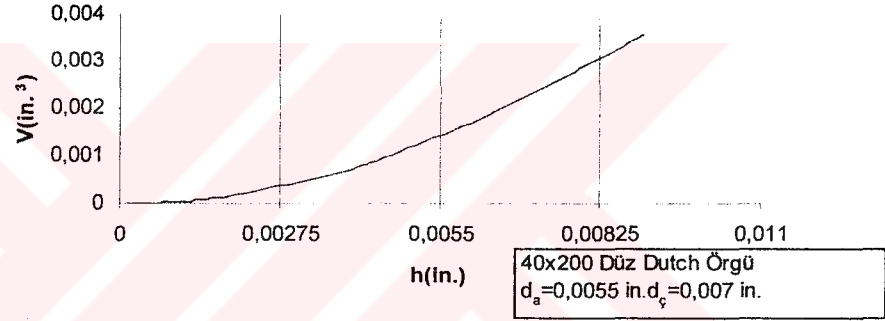
Bu hesaplamalar yardımıyla örnek Düz Dutch örgü için aşınma derinliğine bağlı olarak aşınma kaybı değişim grafikleri Şekil.3.18 'de sunulmuştur.



DÜZ DUTCH ÖRGÜ HACİM KAYBI - AŞINMA DERİNLİĞİ DEĞİŞİMİ(SI)



DÜZ DUTCH ÖRGÜ HACİM KAYBI - AŞINMA DERİNLİĞİ DEĞİŞİMİ(İNGİLİZ BİRİM SİS.)



Şekil 3.18. Örnek Düz Dutch dokuma tipi için aşınma derinliğine göre hacim kaybı değişimi (İngiliz ve SI birimleri için)

3.5. Aşınma Oranı Hesabı

Belli bir t zamanında, aşınan kısmın hacmi W, uygulanan F yüküne, H mutlak sertlik değerine ve V kayma hızına, oransal olarak K aşınma katsayısına Archard tarafından gösterildiği gibi bağlıdır.

$$W = K \frac{FV}{3H} t$$



Bu $W=f(FV,t)$ fonksiyonunu gösterir. Hesaplanan aşınma kaybı, Archard eşitliğinde verilen aşınma kaybına eşit olmalıdır.

$$V_{kayıp}(h, A_{nom}) = W(FV, t)$$

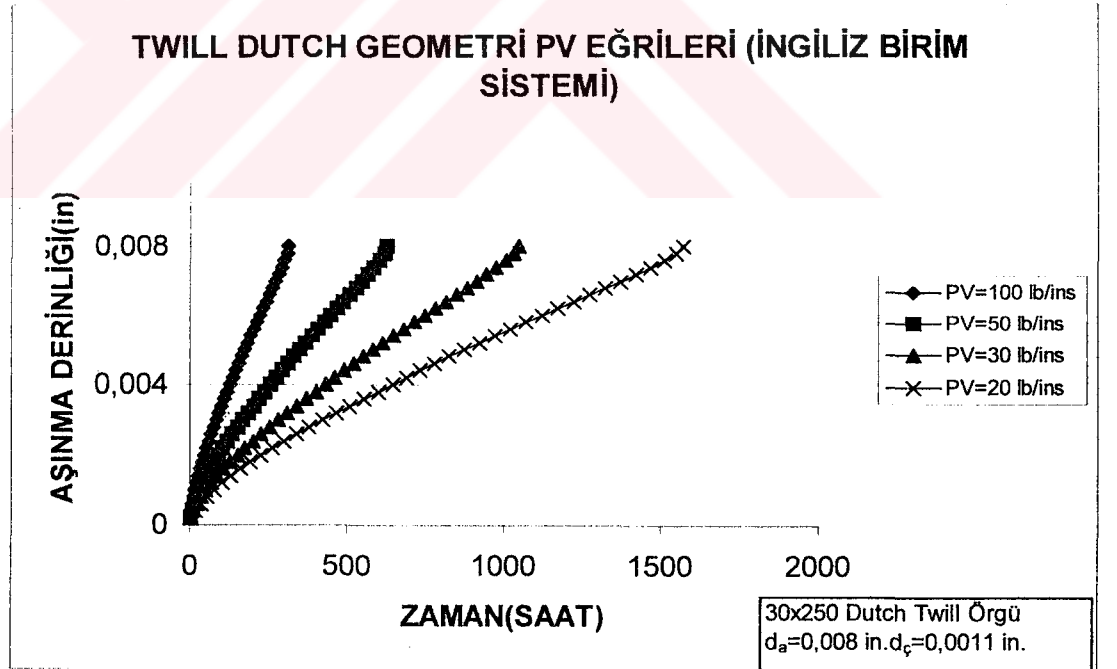
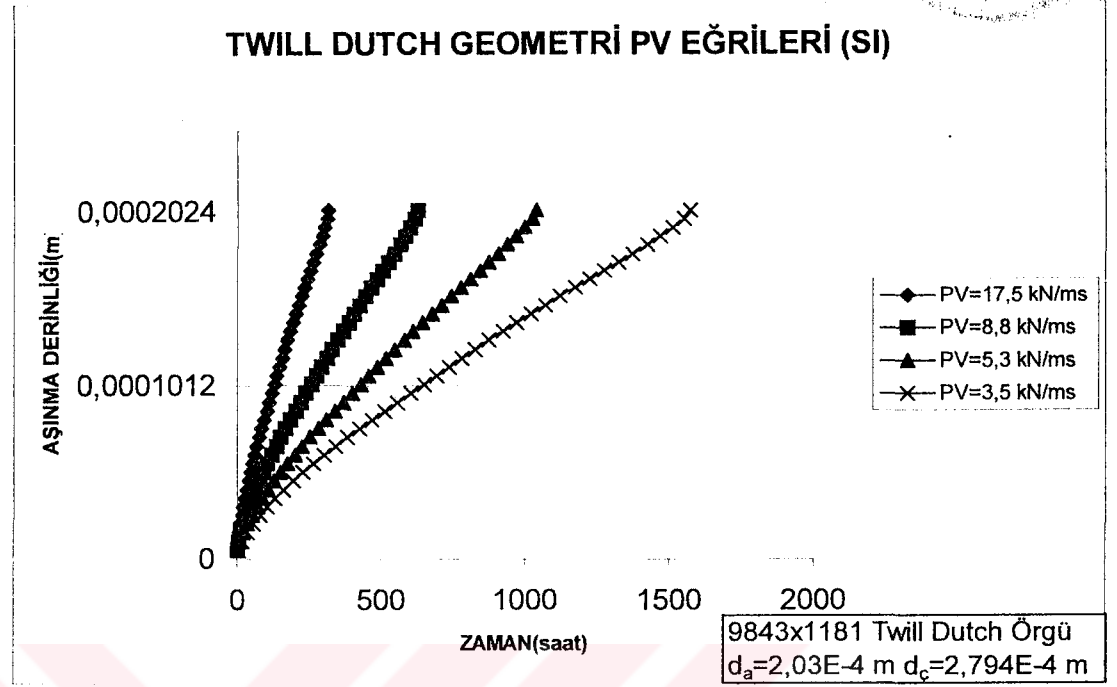
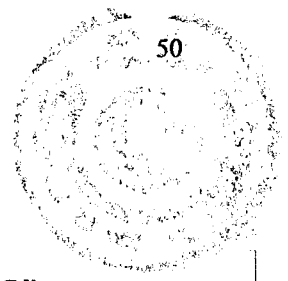
Her iki taraf A_{nom} nominal temas alanına bölünür ise, aşağıdaki bağıntı elde edilir,

$$\frac{V_{kayıp}(h)}{A_{nom}} = K \frac{PV}{3H} t$$

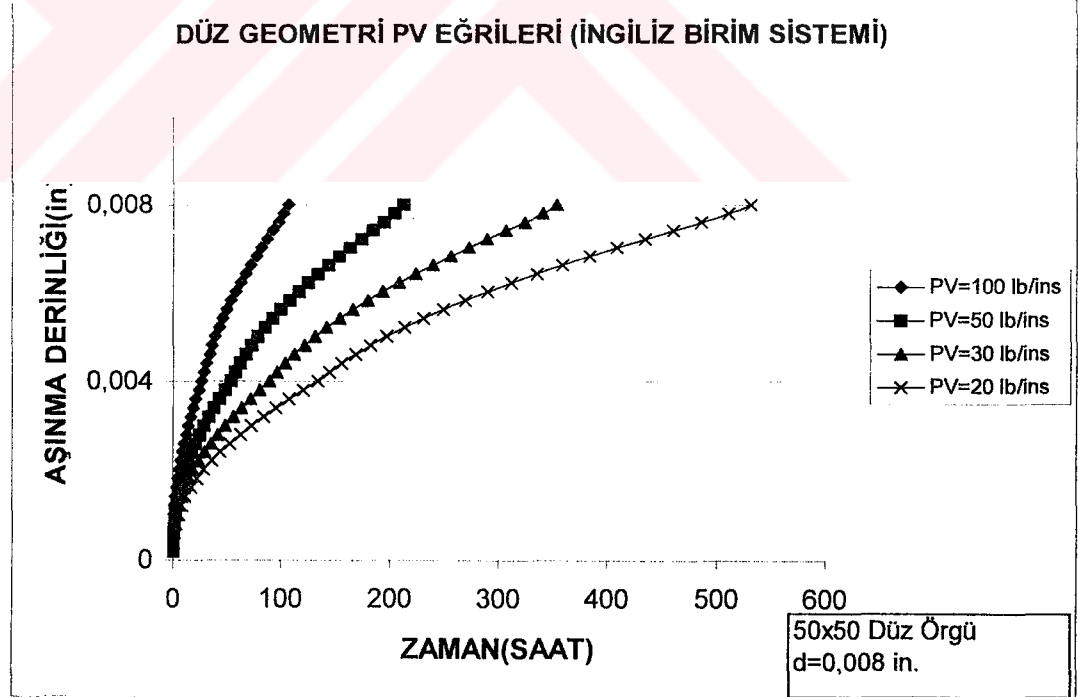
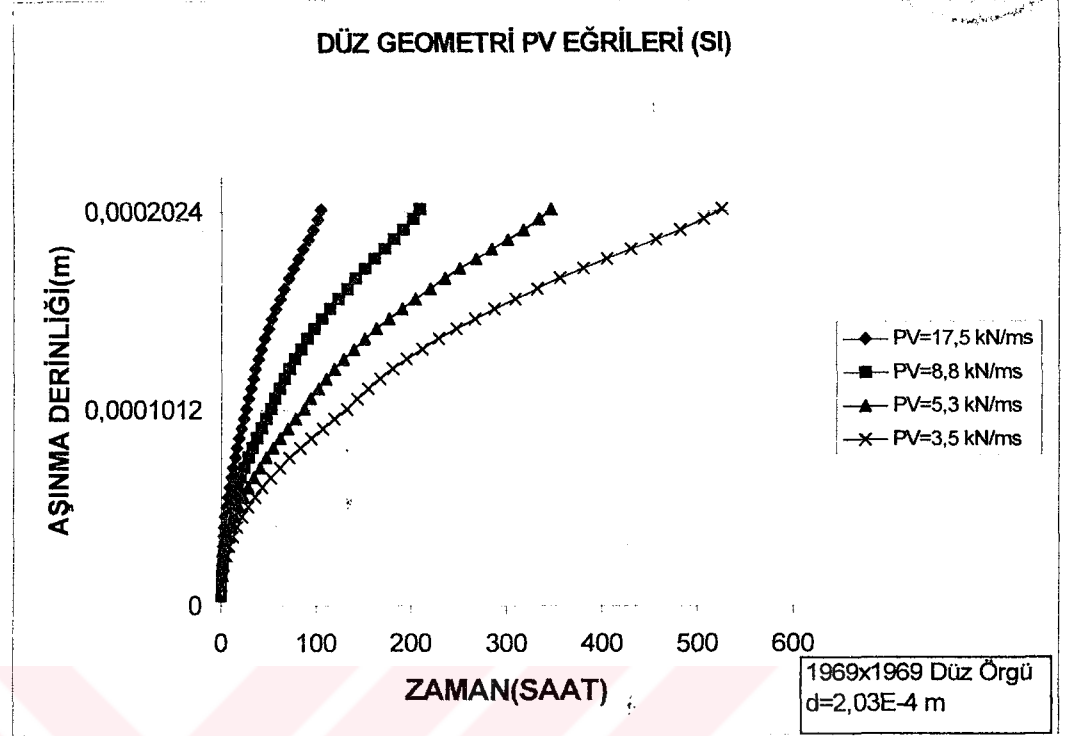
burada P nominal temas basıncıdır. Bu bağıntı açık olarak $h=f(PV,t)$ şekline indirgenebilir. Fakat, belli bir h aşınma derinliğine ulaşılan zaman, verilen bir PV değeri için aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$t = f(PV, h)$$

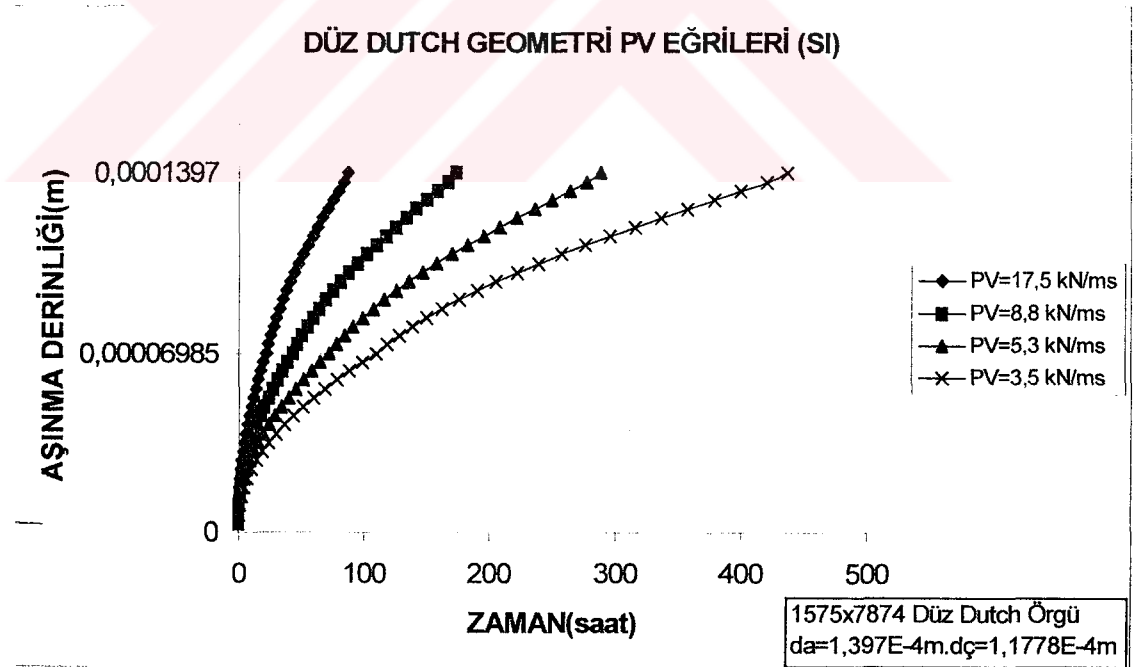
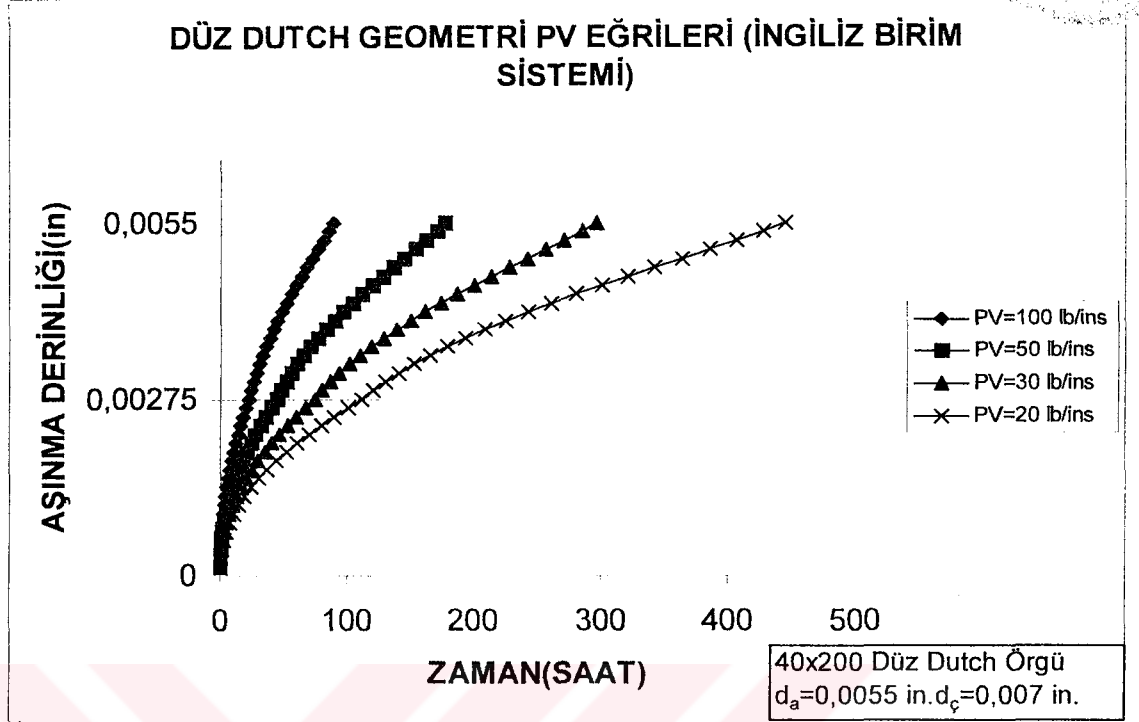
Belli bir sıcaklıkta, malzeme çiftine göre uygun aşınma katsayısının kullanılması durumunda, bu bağıntılar herhangi Dutch Twill, Düz ve Düz Dutch örgülerin sürtünme teması için PV diyagramlarının çıkarılmasında kullanılabilir. Çalışma sıcaklığındaki malzeme çiftinin aşınma katsayısı basit aşınma testleri ile elde edilebilmektedir. Aşağıdaki şekiller 3.19, 3.20 ve 3.21 ile; bu çalışma için ele alınan dokuma tiplerine ait yapılan örnek hesaplamalarla elde edilen PV diyagramları sunulmaktadır.



Şekil 3.19. Haynes 25 örnek Dutch twill dokuma için hesaplanan PV eğrileri



Şekil 3.20. Haynes 25 örnek Düz dokuma için hesaplanan PV eğrileri



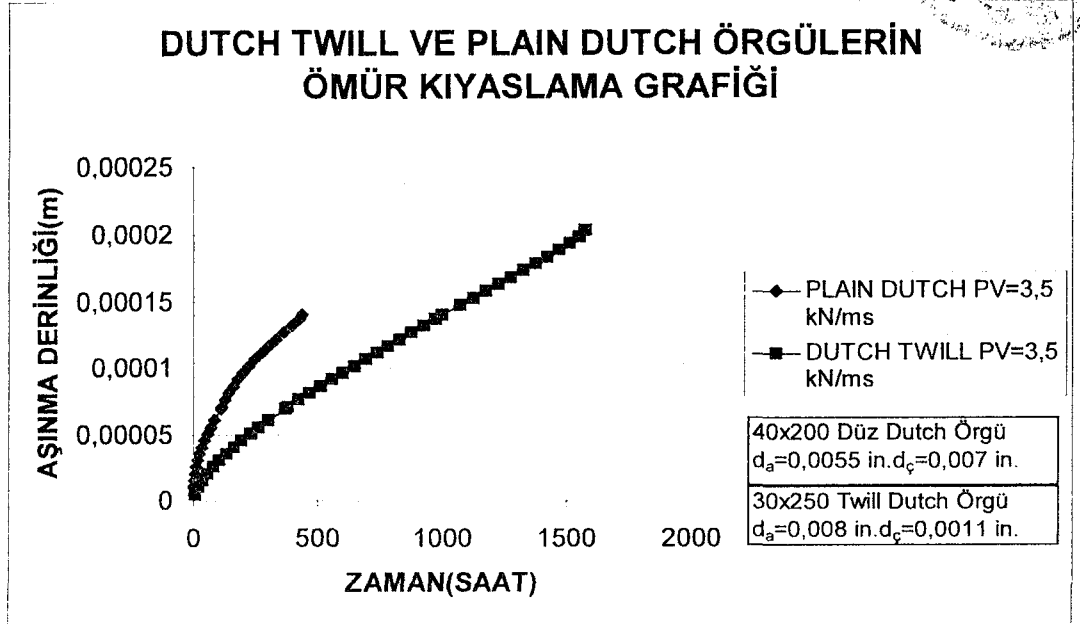
Şekil 3.21. Haynes 25 örnek Düz Dutch dokuma için hesaplanan PV eğrileri

Bu eğriler, Haynes 25 kobalt alaşımlı tellerin aşağıdaki Tablo 3.1'de verilen dokuma parametreleri kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 3.1. PV diyagramları için kullanılan dokuma parametreleri

	SI Birim Sis.	İngiliz Birim Sis.
Sertlik	1.17 GPa	1.7E+5 psi
Aşınma Katsayısı	2.25E-5	2.25E-5
Dutch Twill Dokuma Özellikleri		
Atkı tel çapı(D_a)	2.03E-4 m	0.008 in
Çözümlü Tel Çapı(D_c)	2.79E-4 m	0.011 in
n_a	9843 / m	250 / in
n_c	1181 / m	30 / in
Düz Dokuma Özellikleri		
Atkı tel çapı(D_a)	2.03E-4 m	0.008 in
Çözümlü Tel Çapı(D_c)	2.03E-4 m	0.008 in
n_a	1969 / m	50 / in
n_c	1969 / m	50 / in
Düz Dutch Dokuma Özellikleri		
Atkı tel çapı(D_a)	1.397E-4 m	0.0055 in
Çözümlü Tel Çapı(D_c)	1.778E-4 m	0.007 in
n_a	7874 / m	200 / in
n_c	1575 / m	40 / in

Daha önce de yüksek yoğunluğu ve iyi bir aşınma yüzeyi elde edilmesinin yanısıra ağ bütünlüğü açısından Dutch Twill dokuma tipinin en uygun keçe malzemesi olduğu söylenmişti. Aşağıdaki Şekil.3.22'de de yakın tel yoğunluğuna sahip Dutch Twill ve Düz Dutch dokuma tipleri için hesaplanan ($PV=3,5$ kN/ms) ömür eğrilerinin kıyaslaması görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi aynı şartlar altında Düz dutch örgüden daha iyi bir aşınma ömrüne sahiptir.

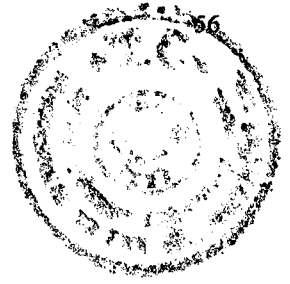


Şekil 3.22. Örnek Dutch Twill ve Düz örgüler için PV eğrileri kıyaslama grafiği

4. GÖRÜŞ VE SONUÇLAK

Sürtünme temasında metal örgünün keçe olarak kullanılması oldukça sıra dışı bir uygulamadır. Yapılan literatür taramasında metal örgü keçe analizi veya aşınma modeliyle ilgili özel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma ömrünün artırılması üzerine odaklanmasıyla, keçe aşınma ömrünün analitik olarak hesaplanabilmesi çok kritiktir. Tasarımcılara yardımcı olacak bir girişim olarak, bu çalışmada Dutch twill, Düz ve Düz Dutch metal dokuma tipleri için birer matematiksel aşınma modeli sunulmaktadır. Modeller, aşınma derinliğinin bir fonksiyonu olarak örgü temas alanındaki değişimi yaklaşık olarak vermektedir. Sonuçlara göre; tel uçlarındaki düşük temas alanından dolayı başlangıçta yüksek aşınma görülmektedir. Dutch Twill dokuma tipi için tellerin kalınlığı boyunca aşınma işlemi devam ettikçe, aşınma atkı tellerin yarıçapına ulaşana kadar artan tel temas alanı ve azalan aşınma hızı, yarıçap çap arası ise azalan temas alanı ve artan aşınma hızı söz konusudur. Diğer dokuma tiplerinde ise yarıçaptan sonra da elipsoid köşelerin baskınlığından dolayı temas alanı artmakta ve aşınma hızı yavaşlamaktadır. Bu süreç her bir tel tabakası için tekrarlanır. Aşınma derinliği model sonuçları tasarımıda kullanım kolaylığı açısından, nominal temas alanının bir fonksiyonu olarak sunulmaktadır. Ve sunulan PV diyagramları, seçilen bir çalışma ömrü için uygun keçe nominal temas alanı seçilmesi için tasarımcılara yardımcı olabilecektir. Sonuç olarak, bu çalışmada sunulan modellerin, konusunda bir ilk olarak mühendislere hem keçe tasarımında hem de diğer örgü metal aşınma problemlerinin çözümünde faydalı olacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR



1. Kauzlarich, J.J. and Williams, J.A. - Proc. Instn. Mech. Eng. Vol 215 Part J 2001 387-403.
2. ASTM- Annual Book of Standards Vol. 3.02 ASTM Philadelphia, 1993
3. Blau, P. J. - Fifty years of research on the wear of metals, Tribology International, GB, 1997
4. Dinc, O.S., Bagepalli, B., Aksit, M., Wolfe, C.E., Turnquist, N., A New Metal Cloth Stationary Seal for Gas Turbine Applications, AIAA/SAE/ASME/ASEE 33rd Joint Propulsion Conf., AIAA 97-2732, 1997.
5. Dogu, Y., Aksit, M.F., Bagepalli, B., Burns, J., Sexton, B., and Kellock, I., Thermal and Flow Analysis of Cloth-Seal in Slot for Gas Turbine Shroud Applications, AIAA/SAE/ASME/ASEE 34th Joint Propulsion Conf., AIAA 98-3174, 1998.
6. Aksit, M.F., Bagepalli, B.S., Demiroglu, M., Dinc, M., Kellock, I., and Farrell, T., Advanced Flexible Seals for Gas Turbine Shroud Applications, AIAA/SAE/ASME/ASEE 35th Joint Propulsion Conf., AIAA 99-2827, 1999.
7. Aksit, M.F., Bagepalli, B.S., and Aslam, S., "Life and Performance Optimization of High Performance Combustor Cloth Seals," AIAA/ASME/SAE/ASEE 36th Joint Propulsion Conference, AIAA Paper 00-3510, 2000.
8. Aksit, M.F., Bagepalli, B.S., Burns, J., Stevens, P., and Wehr, J., "Parasitic Corner Leakage Reduction in Gas Turbine Nozzle-Shroud Inter-segment Locations," AIAA/ASME/SAE/ASEE 37th Joint Propulsion Conference, AIAA Paper 01-3981, 2001.
9. Morrow, A., Textile Inst. Trans. 1931.
10. Krushev, M.M. and Babishev, M.A. - Friction and Wear in Machines 1, Ind. Akad. Nauk SSR, 1941 - 69
11. Larsen-Basse, J. - The Abrasion resistance of some hardened and tempered carbon steels. Trans. ASME 1966, 236. 1461-1466
12. Kato, K. - Abrasive wear of metals, Tribology International, GB, 1997
13. Moore, M.A. and Southwaite, R.M. - Plastic Deformation below worn surfaces, Metall. Trans. 1976, 7A. 1833-1839.



14. Nathan, G.K. and Jones, W.J.D. - Influence of abrasives on the abrasive wear of metals, *Proc. Inst. Of Mech. Engr.* 1966-7 181. 215-221
15. Holm, R. - *Electric Contacts Handbook*, 3rd Edn. Springer Ver. Berlin, 1958
16. Rigney, D.A. - Comments on the sliding wear of metals, *Tribology International*, GB, 1997
17. Kato, K and Hokkirigawa K. *Abrasive wear diagram* Amsterdam, 1985
18. Zharin, A.L. *Method of continuous monitoring of friction processes* Russia, 1993
19. Archard, J.F., "Contact and Rubbing of Flat Surfaces," *J. Applied Phys.*, 24. (8), pp. 981, 1953.
20. Archard, J.F. and Hirst, W., *The Wear of Metals Under Unlubricated Conditions*, *Proc. Roy. Soc.*, A236, pp. 397-410, 1956.
21. Rubenstein, C. - Review on the factors influencing the friction of fibres, yarns and fabrics , *British Cotton Industry Research Association*, Shirley Institute, Didsbury, Manchester, GB 1958-59
22. Howell, H.G. and Mazur, J., "Amonton's Law and fibre friction," *Journal of the Textile Institute*, Manchester, 1953.
23. Howell, H.G., "The friction of a fibre round a cylinder and its dependence upon cylinder radius," *Journal of the Textile Institute*, Manchester, 1954.
24. Chippendale, P- *Wear of fabrics during actual service and laundering.*

ÖZGEÇMİŞ



Resul Ogun 1976 yılında Adana Tufanbeyli’de doğdu. İlköğretimi Çayırova İlköğretim Okulu’nda, liseyi Gebze Sarkuysan Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1993 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği öğrenimini 1997 yılında tamamladı. 1998 yılından beri Sarkuysan A.Ş.’de Makina Bakım Şefi olarak halen çalışmaktadır. 1999-2000 öğretim yılında Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi MIS İngilizce Hazırlık sınıfını tamamladı. 2001-2002 bahar yarıyılında G.Y.T.E. Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.



EK.1-DUTCH TWILL ÖRGÜ AŞINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (İNGİLİZ BİRİM SİSTEMİ)

Keçe Sertliği [pa]	170000
Aşınma Katsayısı	2,25E-05

L_y (in)	1
L_x (in)	0,034103448
$n_{trans-1}$	1875
$n_{trans-2}$	15
α (radyan)	0,508299602
α (derece)	29,12342192
R_d (in)	0,004
R_d (in)	0,0095

Yatay tel çapı (D_y) (in)	0,0080
Dikey tel çapı (D_x) (in)	0,0110
Keçe Boyu (in)	1,00
Genişlik (in)	1,00
Geo. alan (in ²) A_{geo}	1,00
n_s	250
n_s	30

																			PV1(lb/ins)		100 PV2(lb/ins)		50 PV3(lb/ins)		30 PV4(lb/ins)		20	
Birim üst düz tel tem. Al.	Birim El. Kõe Tem. Al.1	Birim El. Kõe Tem. Al.2	Birim alt düz tel tem. Al.	Birim Egik silindir temas Al.	Örgü Temas Alan-1	Örgü Temas Alan-2	Örgü Temas Alan-3	Üst tel Kiri Boyu	Anma Derinliği	Alt Tel Kiri Boyu	Alt Anma Dgr.	Birim üst düz tel Hacim kayb	Birim El. Kõe Hacim Kayb1	Birim El. Kõe Hacim Kayb2	Birim Egik silindir Hacim Kayb	Birim alt düz tel Hacim Kayb	Hacim Kayb-1	Hacim Kayb-2	Toplam hacim kayb / Nominal Alan	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	
(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in)	(in)	(in)	(in-D _y)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³ /in ²)	s	h	s	h	s	h	s	h	
A _{üst-düz}	A _{el1}	A _{el2}	A _{alt-düz}	A _{egik}	A _{Alan-1}	A _{Alan-2}	A _{Alan-3}	C _y	h	C _x	(h-D _y)	V _{kayb-üst}	V _{el1}	V _{el2}	V _{egik}	V _{alt-düz}	V _{y1}	V _{y2}	V _{toplam}	t	t	t	t	t	t	t	t	
8.31904E-05	7.04299E-07				0.182373095			0.002497999	0.0002			0.000000011	9.39089E-11				2.17588E-05		2.17588E-05	4.93E+03	1.3899839	9.88E+03	2.7399878	1.84E+04	4.566613	2.47E+04	8.8499195	
0.000118923	1.96635E-06				0.230354048			0.003487119	0.0004			0.000000032	5.24381E-10				8.2049E-05		8.2049E-05	1.41E+04	3.9067908	2.81E+04	7.8135818	4.89E+04	13.022636	7.03E+04	19.533954	
0.000143721	3.96457E-06				0.282843734			0.004214282	0.0006			0.000000058	1.42983E-09				0.000114888		0.000114888	2.80E+04	7.2322888	5.21E+04	14.484574	3.68E+04	24.107823	1.30E+05	38.181434	
0.000163697	5.41335E-06				0.327231083			0.0048	0.0008			0.000000089	2.88712E-09				0.000178105		0.000178105	4.04E+04	11.214034	8.07E+04	22.428087	1.35E+05	37.380112	2.02E+05	56.070168	
0.000180458	7.45957E-06				0.366333039			0.005291503	0.001			0.000000124	4.97304E-09				0.000250541		0.000250541	5.88E+04	15.774824	1.14E+05	31.549648	1.89E+05	52.582747	2.84E+05	78.874121	
0.000194388	9.86478E-06				0.401563838			0.005713143	0.0012			0.000000161	7.7318E-09				0.00033132		0.00033132	7.51E+04	20.880898	1.50E+05	41.721797	2.50E+05	89.536328	3.75E+05	104.30449	
0.000207331	1.19985E-05				0.433740199			0.006079474	0.0014			0.000000201	1.11986E-08				0.000419781		0.000419781	9.52E+04	26.430632	1.90E+05	52.881263	3.17E+05	88.102105	4.78E+05	132.13316	
0.000218282	1.44356E-05				0.463374841			0.0064	0.0016			0.000000244	1.5398E-08				0.000515372		0.000515372	1.17E+05	32.449325	2.34E+05	64.898651	3.89E+05	108.18442	5.84E+05	162.24863	
0.000227896	1.69539E-05				0.490806979			0.006881317	0.0018			0.000000289	2.03447E-08				0.000617808		0.000617808	1.40E+05	38.88642	2.80E+05	77.772839	4.87E+05	129.6214	7.00E+05	194.4321	
0.000238279	1.95337E-05				0.519298877			0.007332121	0.002			0.000000335	2.8045E-08				0.000728043		0.000728043	1.85E+05	45.713837	3.29E+05	91.427873	5.49E+05	152.37949	8.23E+05	228.50918	
0.000243843	2.21571E-05				0.539913359			0.007744228	0.0022			0.000000383	3.24971E-08				0.000840255		0.000840255	1.90E+05	52.904919	3.81E+05	105.80894	6.35E+05	178.34973	9.32E+05	264.3246	
0.000250051	2.48071E-05				0.561871406			0.008173121	0.0024			0.000000433	3.96913E-08				0.000959829		0.000959829	2.18E+05	60.433898	4.35E+05	120.8874	7.25E+05	201.44566	1.09E+06	302.18849	
0.000255571	2.74876E-05				0.582199604			0.008493998	0.0028			0.000000483	4.76106E-08				0.01084357		0.01084357	2.48E+05	68.274359	4.92E+05	136.54872	8.19E+05	227.5812	1.23E+06	341.3718	
0.000260281	3.01234E-05				0.600951811			0.008783154	0.003			0.000000535	5.62303E-08				0.01213425		0.01213425	2.75E+05	78.40083	5.50E+05	152.80168	9.17E+05	254.88943	1.38E+06	382.00415	
0.000264184	3.27991E-05				0.618154308			0.009174587	0.003			0.000000587	6.55181E-08				0.01346608		0.01346608	3.05E+05	84.788439	6.10E+05	169.57288	1.02E+06	282.62146	1.53E+06	423.93219	
0.000268715	3.53988E-05				0.633813639			0.009578387	0.0032			0.000000640	7.54343E-08				0.01483469		0.01483469	3.38E+05	93.403821	6.73E+05	188.80724	1.12E+06	311.3454	1.68E+06	487.01911	
0.000269741	3.79107E-05				0.64792917			0.009940488	0.0034			0.000000694	8.59309E-08				0.01623552		0.01623552	3.68E+05	102.22384	7.36E+05	204.44759	1.23E+06	340.74548	1.84E+06	511.11322	
0.00027148	4.03988E-05				0.660474735			0.009795899	0.0038			0.000000748	9.69518E-08				0.01768377		0.01768377	4.00E+05	111.21835	8.01E+05	222.43269	1.35E+06	370.72115	2.00E+06	556.08173	
0.000272486	4.28021E-05				0.671419587			0.009899994	0.0038			0.000000803	1.08432E-07				0.01911439		0.01911439	4.33E+05	120.34986	8.67E+05	240.89972	1.44E+06	401.1862	2.17E+06	601.7493	
0.000272828	4.51112E-05				0.680718791			0.0098	0.004			0.000000857	1.20297E-07				0.02058199		0.02058199	4.67E+05	129.59033	9.33E+05	259.18065	1.53E+06	431.98778	2.33E+06	647.55164	
0.000272486		4.74204E-05				0.688738317		0.007989994	0.0042			0.000000912		9.48408E-09			0.02196032		0.02196032	4.98E+05	138.2687	9.88E+05	278.5374	1.66E+06	480.89587	2.49E+06	691.3435	
0.00027148		4.98259E-05				0.695834477		0.007959899	0.0044			0.000000968		1.99303E-08			0.02337217		0.02337217	5.30E+05	147.15812	1.06E+06	294.31824	1.77E+06	490.52707	2.65E+06	735.70961	
0.000289741		5.23117E-05				0.701933017		0.007909488	0.0046			0.000001020		3.1387E-08			0.02481877		0.02481877	5.63E+05	158.29373	1.13E+06	312.50745	1.86E+06	520.84578	2.81E+06	781.28863	
0.000287315		5.48628E-05				0.706951056		0.007838387	0.0048			0.000001074		4.38901E-08			0.02629284		0.02629284	5.96E+05	169.54749	1.19E+06	331.09498	1.98E+06	551.82498	2.98E+06	827.73744	
0.000284184		5.74634E-05				0.71079548		0.007745967	0.005			0.000001127		5.74634E-08			0.02779859		0.02779859	6.30E+05	179.02815	1.26E+06	350.05631	2.10E+06	583.42718	3.15E+06	879.14077	
0.000280281		6.00991E-05				0.71336081		0.007631514	0.0052			0.000001180		7.21189E-08			0.02933171		0.02933171	6.65E+05	184.68113	1.35E+06	369.38225	2.22E+06	615.50378	3.32E+06	923.40564	
0.000255571		6.27548E-05				0.714528379		0.007483998	0.0054			0.000001231		8.78567E-08			0.03088931		0.03088931	7.00E+05	194.48827	1.40E+06	388.97894	2.35E+06	648.29423	3.50E+06	972.44134	
0.000250051		6.54194E-05				0.714152527		0.007332121	0.0056			0.000001282		1.04665E-07			0.03246792		0.03246792	7.38E+05	204.42763	1.47E+06	408.85528	2.49E+06	681.42543	3.68E+06	1022.1381	
0.000243643		6.80654E-05				0.71207537		0.007144228	0.0058			0.000001331		1.22518E-07			0.03406337		0.03406337	7.72E+05	214.47307	1.54E+06	429.94613	2.57E+06	714.91022	3.86E+06	1072.3853	
0.000238278		7.08887E-05				0.708099434		0.006982803	0.006			0.000001379		1.41377E-07			0.03587077		0.03587077	8.09E+05	224.59374	1.62E+06	449.18749	2.65E+06	748.64581	4.04E+06	1122.9887	
0.000227858		7.32686E-05				0.701988993		0.006881317	0.0062			0.000001429		1.61191E-07			0.03728437		0.03728437	8.45E+05	234.75342	1.69E+06	469.50884	2.82E+06	782.5114	4.23E+06	1173.7871	
0.000218282		7.57888E-05				0.693442052		0.0064	0.0064			0.000001470		1.81888E-07			0.03888739		0.03888739	8.82E+05	244.90948	1.76E+06	489.81899	2.94E+06	818.36493	4.41E+06	1224.5474	

EK.2-DUTCH TWILL ÖRGÜ AŞINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (SI BİRİM SİSTEMİ)

Keçe Sertliği (GPa)	1172108890
Aşınma Katsayısı	0,0000225

$L_y(m)$	1
$L_x(m)$	0,000888227588
ρ_{magma}	2908255,813
ρ_{magma}	990,5511811
$\alpha(rad/yan)$	0,508299802
$\alpha(der/ace)$	28,12342192
$R_d(m)$	0,0001018
$R_d(m)$	0,0001397

Yatay tel çapı(D_h)mm	0,00020320
Dikey Tel Çapı(D_v)mm	0,00027840
Keçe Boyu [m]	1
Genişlik [m]	1
Geo. alan [m^2] A_{geom}	1
n_h	8843
n_v	1181

Birim üst düz tel tem. Al. K1		Birim El. Kõe Tem. Al.1	Birim El. Kõe Tem. Al.2	Birim alt düz tel tem. Al.1	Birim Egik silindir temas Al. K1	Örgü Teması Alan-1	Örgü Teması Alan-2	Örgü Teması Alan-3	Üst tel Kiri Boyu	Anma Derinliği	Alt Tel Kiri Boyu	Alt Anma Der.	Birim üst düz tel Hacim kayb	Birim El. Kõe Hacim Kayb1	Birim El. Kõe Hacim Kayb2	Birim Egik silindir Hacim Kayb	Birim alt düz tel Hacim Kayb	Hacim Kayb-1	Hacim Kayb-2	Toplam hacim kayb/ Nominal Alan	PV1(kN/ms)		17,5/PV2(kN/ms)		8,8/PV3(kN/ms)		5,3/PV4(kN/ms)		3,5
$A_{silindir}$	A_{top1}	A_{top2}	$A_{alt-düz}$	$A_{egik-silindir}$	A_{top1}	A_{top2}	A_{top3}	c_1	h	c_2	$(m-D_h)$	(m)	$V_{alt-düz}$	V_{top1}	V_{top2}	$V_{egik-silindir}$	$V_{alt-düz}$	V_{top1}	V_{top2}	V_{top1}/A_{top1}	s	t	s	t	s	t	s	t	t
5,49614E-08	4,54385E-10				0,182373095			8,34682E-05	5,08E-08				0,00000000000018708712	1,53885E-15						5,52688E-07	4935,518342	1,3709788	9814,947771	2,7283742	16298,518222	4,52688101	24877,581771	8,35488338	
7,67242E-08	1,26881E-09				0,230354048			8,85728E-05	1,02E-05				0,000000000000052510863	8,38273E-15						1,57805E-08	14074,83578	3,9088222	27889,34048	7,7748188	48472,88721	12,90913	70373,19391	19,548111	
9,27229E-08	2,29972E-09				0,282843734			0,000107042	1,52E-05				0,000000000000089718950	2,33831E-14						2,91759E-08	26058,10188	7,2375282	51814,12296	14,392812	86030,98812	23,897499	130275,5064	38,187841	
1,0981E-07	3,49247E-09				0,327231083			0,00012192	2,03E-05				0,000000000000148197581	4,73114E-14						4,52387E-08	40389,77892	11,222181	80340,48944	22,318737	133386,4984	37,054305	201993,8948	58,110804	
1,18425E-07	4,81281E-09				0,368333038			0,000134404	2,54E-05				0,000000000000202868573	8,14938E-14						6,38375E-08	58830,5241	15,788257	113015,2488	31,393124	187847,9369	52,124432	284132,8205	78,931283	
1,29702E-07	6,23531E-09				0,401563838			0,000148114	3,05E-05				0,000000000000264225791	1,28702E-13						8,41583E-08	75183,86079	20,878017	149483,3027	41,514808	248148,38	68,930244	375788,3039	104,38008	
1,33782E-07	7,74098E-09				0,433740199			0,000154419	3,58E-05				0,000000000000330175927	1,83513E-13						1,08824E-05	98219,23193	26,449787	189358,4271	52,599008	314403,1243	87,334201	479086,1597	132,24893	
1,40814E-07	9,31327E-09				0,483374841			0,000182258	4,08E-05				0,000000000000399957349	2,52327E-13						1,30804E-05	119502,2327	32,472842	232478,031	64,576675	383987,9382	107,22185	584511,1836	162,36421	
1,47004E-07	1,0938E-08				0,490808979			0,000198709	4,57E-05				0,000000000000473097044	3,33389E-13						1,58872E-05	140082,5681	38,914802	278593,1712	77,388892	482588,7937	128,49181	700482,5305	194,57301	
1,52438E-07	1,28024E-08				0,518288277			0,000179879	5,08E-05				0,000000000000549184821	4,28801E-13						1,84415E-05	164888,0809	45,748967	327508,685	90,974082	543784,7011	131,05131	822445,4045	229,73483	
1,57189E-07	1,42849E-08				0,539919359			0,000181483	5,58E-05				0,000000000000627856717	5,2831E-13						2,13425E-05	180895,74	52,943281	379025,8192	105,28488	628325,5585	174,81265	982978,6398	264,71831	
1,61323E-07	1,60045E-08				0,561871408			0,000186238	6,1E-05				0,000000000000708783705	6,30424E-13						2,43797E-05	217718,9871	60,477486	432963,8948	120,26775	718883,4479	199,88885	1083394,935	302,38748	
1,64884E-07	1,7721E-08				0,582186604			0,000190348	6,6E-05				0,000000000000791883887	7,80198E-13						2,75427E-05	249983,8239	68,32384	489138,5818	135,87127	812151,3052	225,59758	1229829,119	341,6192	
1,6791E-07	1,94344E-08				0,600951811			0,00019384	7,11E-05				0,0000000000008791863887	9,21449E-13						3,0821E-05	279242,3201	78,4562	547356,8866	152,04358	908818,9815	252,44972	1378211,601	382,281	
1,70429E-07	2,11348E-08				0,618154308			0,000196748	7,62E-05				0,000000000000962174271	1,07365E-12						3,42038E-05	305452,3903	84,847888	607433,7508	188,73159	1008599,213	280,15811	1527261,932	424,23843	
1,72461E-07	2,28127E-08				0,633815839			0,000198089	8,13E-05				0,000000000001043288304	1,23815E-12						3,78801E-05	338498,7284	93,471313	688189,8304	185,88045	1111074,103	308,3317	1682483,342	487,35857	
1,74028E-07	2,44583E-08				0,64792917			0,000200901	8,64E-05				0,000000000001137315584	1,40818E-12						4,12382E-05	368271,8254	102,28773	732358,7458	203,43258	1215981,878	337,77582	1841359,127	511,48888	
1,75138E-07	2,60823E-08				0,660474735			0,000202181	9,14E-05				0,000000000001226021589	1,58978E-12						4,4888E-05	400889,0138	111,29888	796734,8708	221,32918	1322383,725	387,48982	2003345,089	556,48474	
1,75797E-07	2,78142E-08				0,671419587			0,000202948	9,65E-05				0,000000000001315177198	1,77888E-12						4,85058E-05	433573,4919	120,43708	862220,0123	239,50556	1431810,586	387,88881	2178867,48	602,18541	
1,78017E-07	2,9104E-08				0,680718791			0,0002032	0,000102				0,000000000001404586789	1,97131E-12						5,22783E-05	468883,2838	129,68425	928421,3026	257,89481	1541529,71	428,2027	233437,418	643,42123	
1,79797E-07	3,05937E-08				0,688738317			0,000202948	0,000107				0,000000000001493836380							5,57792E-05	498128,0892	138,36891	990595,5922	278,16544	1644782,493	458,87847	2490840,348	691,84454	
1,79133E-07	3,21458E-08				0,695834477			0,000202181	0,000112				0,000000000001583092008							5,93853E-05	530153,1797	147,26477	1054281,891	292,85808	1750505,782	488,25818	2857785,889	793,12388	
1,74029E-07	3,37494E-08				0,701933017			0,000200901	0,000117				0,000000000001671798014							6,30348E-05	562921,0873	158,38897	1119445,344	310,98704	1858071,703	518,30903	2814805,437	781,83484	
1,72461E-07	3,53952E-08				0,708851058			0,000199085	0,000122				0,000000000001758825273							6,67838E-05	598402,8751	165,86747	1188028,445	329,45235	1969254,776	547,01522	2982014,378	828,33733	
1,70429E-07	3,70731E-08				0,71079548			0,000196748	0,000127				0,000000000001848938038							7,06084E-05	630558,0098	175,155	1253950,588	343,1981	2082031,184	578,34199	3152730,049	875,77901	
1,8791E-07	3,87733E-08				0,71338081			0,00019384	0,000132				0,000000000001932898151							7,45025E-05	665333,8874	184,81497	1323107,182	367,52977	2196887,208	610,23811	3328889,487	924,07488	
1,84884E-07	4,04889E-08				0,714528379			0,000190348	0,000137				0,000000000002017449817							7,84589E-05	700885,1938	194,82922	1393388,283	387,04875	2313517,149	642,64385	3503325,989	971,1481	
1,81323E-07	4,22034E-08				0,715152527			0,000186238	0,000142				0,000000000002100329873							8,24885E-05	738472,82	204,37578	1464578,831	408,82884	2431749,877	675,43808	3682364,1	1022,8789	
1,87189E-07	4,3913E-08				0,717207537			0,000181483	0,000147				0,000000000002181258681							8,6521E-05	772682,807	214,6285	1538544,957	428,81804	2551244,457	708,87902	3883131,035	1073,1425	
1,82438E-07	4,56055E-08				0,71829978			0,000179879	0,000152				0,000000000002259928757							9,08038E-05	809123,4499	224,75651	1609052,315	448,95889	2671634,033	742,12058	404817,248	1123,7826	
1,8791E-07	4,72898E-08				0,71938081			0,000175978	0,000157				0,000000000002338016834							9,47023E-05	845724,7884	234,92359	1681839,084	467,17752	2792487,502	775,89097	4228823,932	1174,8178	
1,84884E-07	4,90468E-08				0,720899434			0,000169705	0,000163				0,000000000002409158229																

EK.3-DÜZ ÖRGÜ AŞINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (İNGİLİZ BİRİM SİSTEMİ)

Keçe Sertliği [psi]	170000
Aşınma Katsayısı	2,25E-05

L[ın]	0,020244898
r_{temas}	2500
α [radyan]	0,668812158
α [derece]	38,32011394
R[ın]	0,004

Tel Çapı(D)[in]	0,0080
Keçe Boyu [in]	1,00
Genişlik [in]	1,00
Geo. alan [in ²] _{A_{nom}}	1,00
n	50

															PV1(lb/ins)		100 PV2(lb/ins)		50 PV3(lb/ins)		30 PV4(lb/ins)		20
Birim El. Kde Tem. Al.1	Birim El. Kde Tem. Al.2	Birim Egik silindir temas Al. (in ²)	Örgü Temas Alan-1 (in ²)	Örgü Temas Alan-2 (in ²)	Örgü Temas Alan-1 (in ²)	Üst tel Kiri Boy (in.)	Anma Derinlii (in.)	Alt Anma Der. (H-D)	Birim El. Kde Hacim Kayb1 (in ³)	Birim El. Kde Hacim Kayb2 (in ³)	Birim Egik silindir Hacim Kayb (in ³)	Hacim Kayb-1 (in ³)	Hacim Kayb-2 (in ³)	Toplam hacim kayb / Nominal Alan (in ³ /in. ²)	Zaman t	Zaman h	Zaman s	Zaman h	Zaman s	Zaman h	Zaman s	Zaman h	
A _{el1}	A _{el2}	A _{egik-sil}	A _{m1}	A _{m2}	A _{m3}	c	h	(H-D)	V _{el1}	V _{el2}	V _{egik-sil}	V _{kay1}	V _{kay2}	V _{kayp/A_{nom}}	t	h	s	h	s	h	s	h	
4,96487E-07			0,002482434			0,002497999	0,0002		6,62E-11			3,30991E-07		3,30991E-07	7,50E+01	0,02084019	1,50E+02	0,041680381	2,50E+02	0,069467301	3,75E+02	0,104200951	
1,38618E-06			0,006930783			0,003487119	0,0004		3,698E-10			1,84821E-08		1,84821E-08	4,19E+02	0,116368695	8,39E+02	0,23273739	1,40E+03	0,38789565	2,09E+03	0,581843474	
2,5128E-06			0,012584009			0,004214282	0,0006		1,005E-09			5,0258E-08		5,0258E-08	1,14E+03	0,316426884	2,28E+03	0,832853768	3,80E+03	1,054756281	5,70E+03	1,582134421	
3,81807E-06			0,019080367			0,0048	0,0008		2,035E-09			1,01762E-05		1,01762E-05	2,31E+03	0,640723429	4,81E+03	1,281446857	7,69E+03	2,135744762	1,15E+04	3,203817143	
5,25853E-06			0,026292859			0,005291503	0,001		3,506E-09			1,75284E-05		1,75284E-05	3,97E+03	1,103642481	7,95E+03	2,207284963	1,32E+04	3,878808271	1,99E+04	5,518212407	
6,81305E-06			0,034065268			0,005713143	0,0012		5,45E-09			2,72522E-05		2,72522E-05	8,18E+03	1,715880191	1,24E+04	3,431780381	2,08E+04	5,719600638	3,09E+04	8,579400953	
8,45823E-06			0,042291152			0,006079474	0,0014		7,894E-09			3,94717E-05		3,94717E-05	8,95E+03	2,485257803	1,79E+04	4,970515805	2,98E+04	8,284192675	4,47E+04	12,42628901	
1,01782E-05			0,050880978			0,0064	0,0016		1,085E-08			5,4273E-05		5,4273E-05	1,23E+04	3,41719162	2,48E+04	6,834383239	4,10E+04	11,39063873	6,15E+04	17,0859581	
1,19514E-05			0,05975718			0,006681317	0,0018		1,434E-08			7,17088E-05		7,17088E-05	1,83E+04	4,51498892	3,25E+04	9,02997384	5,42E+04	15,0495564	8,13E+04	22,5749346	
1,37701E-05			0,068850343			0,006928203	0,002		1,836E-08			9,18005E-05		9,18005E-05	2,08E+04	5,780028813	4,16E+04	11,56005763	6,94E+04	19,26878271	1,04E+05	28,96014407	
1,56194E-05			0,078096849			0,007144228	0,0022		2,291E-08			0,000114542		0,000114542	2,80E+04	7,211906504	5,19E+04	14,42381301	8,65E+04	24,03988835	1,30E+05	38,05953252	
1,74874E-05			0,087437225			0,007332121	0,0024		2,798E-08			0,0001399		0,0001399	3,17E+04	8,808490835	6,34E+04	17,81698167	1,06E+05	29,38183812	1,59E+05	44,04245417	
1,9363E-05			0,096814943			0,007493998	0,0026		3,356E-08			0,000167813		0,000167813	3,80E+04	10,56597646	7,81E+04	21,13195292	1,27E+05	35,21992154	1,90E+05	52,82988231	
2,12351E-05			0,106175474			0,007631514	0,0028		3,964E-08			0,000198194		0,000198194	4,49E+04	12,47889525	8,98E+04	24,9577905	1,50E+05	41,5963175	2,25E+05	62,39447825	
2,30931E-05			0,115485536			0,007745967	0,003		4,619E-08			0,000230931		0,000230931	5,23E+04	14,54010451	1,05E+05	29,08020901	1,74E+05	48,48701502	2,82E+05	72,70052253	
2,49285E-05			0,124632434			0,007838367	0,0032		5,318E-08			0,000265893		0,000265893	6,03E+04	18,74075184	1,21E+05	33,48150329	2,01E+05	55,80250548	3,01E+05	83,70375822	
2,67247E-05			0,133623481			0,007909488	0,0034		6,058E-08			0,00030288		0,00030288	6,87E+04	19,07021535	1,37E+05	38,14043071	2,29E+05	63,56738452	3,43E+05	95,35107877	
2,84771E-05			0,14238544			0,007959899	0,0036		6,835E-08			0,000341725		0,000341725	7,75E+04	21,51602197	1,55E+05	43,03204395	2,58E+05	71,72007325	3,87E+05	107,5801099	
3,01728E-05			0,15086397			0,007989994	0,0038		7,644E-08			0,000382189		0,000382189	8,66E+04	24,06373441	1,73E+05	48,12746883	2,89E+05	80,21244805	4,33E+05	120,3186721	
3,18006E-05			0,159003057			0,008	0,004		8,48E-08			0,000424008		0,000424008	9,61E+04	26,86880953	1,92E+05	53,38361908	3,20E+05	88,983651	4,81E+05	133,4840476	
	3,34284E-05			0,167142144		0,007989994	0,0042		6,68569E-09			0,000457437		0,000457437	1,04E+05	28,80156245	2,07E+05	57,8031249	3,48E+05	96,00520817	5,18E+05	144,0078123	
	3,51241E-05			0,175820874		0,007959899	0,0044		1,40497E-08			0,000494256		0,000494256	1,12E+05	31,11984873	2,24E+05	62,23669745	3,73E+05	103,7328291	5,60E+05	155,5992436	
	3,68765E-05			0,184382832		0,007909488	0,0046		2,21259E-08			0,000534638		0,000534638	1,21E+05	33,86237583	2,42E+05	67,32475127	4,04E+05	112,2079188	6,08E+05	168,3118782	
	3,86747E-05			0,193373879		0,007838367	0,0048		3,09398E-08			0,000578707		0,000578707	1,31E+05	36,43711338	2,62E+05	72,87422878	4,37E+05	121,4570446	6,56E+05	182,1855869	
	4,05081E-05			0,202540578		0,007745967	0,005		4,05081E-08			0,000626549		0,000626549	1,42E+05	39,44938442	2,84E+05	78,89872885	4,73E+05	131,4978814	7,10E+05	197,2468221	
	4,23661E-05			0,211830639		0,007631514	0,0052		5,08394E-08			0,000678205		0,000678205	1,54E+05	42,70179116	3,07E+05	85,40358232	5,12E+05	142,3393039	7,69E+05	213,5089558	
	4,42382E-05			0,221191171		0,007493998	0,0054		6,19335E-08			0,000733676		0,000733676	1,66E+05	46,19440162	3,33E+05	92,38880325	5,54E+05	153,9813387	8,31E+05	230,9720081	
	4,61138E-05			0,230568888		0,007332121	0,0056		7,3782E-08			0,000792918		0,000792918	1,80E+05	49,92449013	3,59E+05	99,84898026	5,99E+05	168,4149871	8,99E+05	249,6224506	
	4,79819E-05			0,239909265		0,007144228	0,0058		8,63873E-08			0,000855845		0,000855845	1,94E+05	53,86652823	3,88E+05	107,7730526	6,47E+05	179,6217541	9,70E+05	269,4328311	
	4,98312E-05			0,24915577		0,006928203	0,006		9,96823E-08			0,00092232		0,00092232	2,09E+05	58,0719806	4,18E+05	118,1439612	6,97E+05	193,5732887	1,05E+06	290,358903	
	5,16498E-05			0,258248934		0,006681317	0,0062		1,1363E-07			0,000992156		0,000992156	2,25E+05	62,48908923	4,50E+05	124,9381385	7,50E+05	208,2302308	1,12E+06	312,3453482	
	5,3425E-05			0,267125135		0,0064	0,0064		1,2822E-07			0,001065108		0,001065108	2,41E+05	67,06238554	4,83E+05	134,1247711	8,05E+05	223,5412851	1,21E+06	335,3119277	
	5,5143E-05			0,275714962		0,006079474	0,0066		1,43372E-07			0,001140867		0,001140867	2,59E+05	71,83236995	5,17E+05	143,8647399	8,62E+05	239,4412332	1,29E+06	359,1618497	
	5,67882E-05			0,283940845		0,005713143	0,0068		1,59007E-07			0,001219043		0,001219043	2,78E+05	76,75452887	5,53E+05	153,5090577	9,21E+05	255,8484296	1,38E+06	383,7278444	
	5,83427E-05			0,291713454		0,005291503	0,007		1,75028E-07			0,001299149		0,001299149	2,94E+05	81,7982398	5,89E+05	163,5964798	9,82E+05	272,6607993	1,47E+06	408,991199	
	5,97851E-05			0,298925747		0,0048	0,0072		1,91312E-07			0,001380571		0,001380571	3,13E+05	86,92481183	6,28E+05	173,8498237	1,04E+06	289,7493728	1,58E+06	434,6240591	
	6,10884E-05			0,305442105		0,004																	

EK.4-DÜZ ÖRGÜ ASINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (SI BİRİM SİSTEMİ)

Keçe Sertliği (GPa)	1172108690
Aşınma Katsayısı	2.25E-05

L(in)	0,000508155
n_{temas}	3875007,75
α (radyan)	0,874582211
α (derece)	38,8512868
R(in)	0,0001016

Tel Çapı(D)m	0,00020320
Keçe Boyu m	1,00
Genişlik m	1,00
Geo. alan (m ²)A _{geom}	1,00
n	1989

															PV1(kN/ms)	17,5		8,8		5,3		3,5	
Birim El. Kõe Tem. Al.1	Birim El. Kõe Tem. Al.2	Birim Egik silindir temas Al.	Örgü Teması Alan-1	Örgü Teması Alan-2	Örgü Teması Alan-1	Üst tel Kiri Boyu	Anma Derinliği	Alt Anma Der.	Birim El. Kõe Hacim Kayb1	Birim El. Kõe Hacim Kayb2	Birim Egik silindir Hacim Kayb	Hacim Kayb-1	Hacim Kayb-2	Toplam hacim kayb / Nominal Alan	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	
(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³ /m ²)	s	h	s	h	s	n	s	h	
A ₀₁	A ₀₂	A ₀₁₊₀₂	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	c	h	(h-D)	V ₀₁	V ₀₂	V ₀₁₊₀₂	V ₀₁	V ₀₂	V ₀₁₊₀₂	t	t	t	t	t	t	t	t	
3,16535E-10			0,002453153			8,34492E-05	0,0000508		1,072E-15			8,30801E-09			8,30801E-09	7,42E+01	0,020609295	1,48E+02	0,040984393	2,45E+02	0,068049559	3,71E+02	0,103046475
8,83744E-10			0,00684903			8,85728E-05	0,00001018		5,988E-15			4,63908E-08			4,63908E-08	4,14E+02	0,115079408	3,72E+02	0,228851098	1,37E+03	0,379979178	2,07E+03	0,57539704
1,60204E-09			0,01241581			0,000107042	0,00001524		1,628E-14			1,26145E-07			1,26145E-07	1,13E+03	0,312921087	2,24E+03	0,822286253	3,72E+03	1,033230008	5,83E+03	1,564805437
2,43294E-09			0,018855304			0,00012192	0,00002032		3,296E-14			2,55427E-07			2,55427E-07	2,28E+03	0,633624845	4,54E+03	1,260049009	7,53E+03	2,092158845	1,14E+04	3,168123223
3,35258E-09			0,025982524			0,000134404	0,0000254		5,677E-14			4,39971E-07			4,39971E-07	3,93E+03	1,091414866	7,81E+03	2,17042729	1,30E+04	3,603728331	1,96E+04	5,45707433
4,34366E-09			0,033663451			0,000145114	0,00003048		8,826E-14			6,84041E-07			6,84041E-07	6,11E+03	1,698869394	1,21E+04	3,374458181	2,02E+04	5,60287084	3,05E+04	8,484348889
5,39254E-09			0,041792306			0,000154419	0,00003556		1,278E-13			9,90756E-07			9,90756E-07	8,85E+03	2,45772282	1,78E+04	4,887516971	2,92E+04	8,115122519	4,42E+04	12,2886141
6,48783E-09			0,050280811			0,00016256	0,00004064		1,758E-13			1,36227E-06			1,36227E-06	1,22E+04	3,379331438	2,42E+04	6,720281382	4,02E+04	11,15816884	6,08E+04	16,88865719
7,61984E-09			0,059052314			0,000169705	0,00004572		2,322E-13			1,79991E-06			1,79991E-06	1,61E+04	4,464983906	3,20E+04	8,879189585	5,31E+04	14,74280535	8,04E+04	22,32481953
8,77911E-09			0,068038218			0,000175976	0,0000508		2,973E-13			2,30423E-06			2,30423E-06	2,06E+04	5,715989886	4,08E+04	11,36702554	6,79E+04	18,87355184	1,03E+05	28,57994993
9,95813E-09			0,077175856			0,000181463	0,00005588		3,71E-13			2,87505E-06			2,87505E-06	2,57E+04	7,132003437	5,11E+04	14,18296138	8,48E+04	23,54906795	1,28E+05	35,66001718
1,11491E-08			0,086405859			0,000186236	0,00006096		4,531E-13			3,51153E-06			3,51153E-06	3,14E+04	8,710898888	6,24E+04	17,32280889	1,04E+05	28,78240133	1,57E+05	43,55449344
1,23449E-08			0,095672981			0,000190348	0,00006604		5,435E-13			4,21216E-06			4,21216E-06	3,78E+04	10,44891258	7,48E+04	20,77908747	1,24E+05	34,50112637	1,88E+05	52,24456279
1,35384E-08			0,104923081			0,00019384	0,00007112		6,419E-13			4,97475E-06			4,97475E-06	4,44E+04	12,34063749	8,83E+04	24,54104047	1,47E+05	40,74738795	2,22E+05	61,70318747
1,4723E-08			0,114103561			0,000196748	0,0000762		7,479E-13			5,79846E-06			5,79846E-06	5,18E+04	14,37900994	1,03E+05	28,59482204	1,71E+05	47,47786301	2,59E+05	71,8950497
1,58919E-08			0,123182331			0,000199095	0,00008128		8,611E-13			6,67376E-06			6,67376E-06	5,98E+04	16,55527339	1,19E+05	32,92242265	1,97E+05	54,88384515	2,98E+05	82,77637695
1,70383E-08			0,132047324			0,000200901	0,00008636		9,81E-13			7,6024E-06			7,6024E-06	6,79E+04	18,85893021	1,35E+05	37,5035544	2,24E+05	62,27005259	3,39E+05	94,29485106
1,81556E-08			0,140705931			0,000202181	0,00009144		1,107E-12			8,57743E-06			8,57743E-06	7,68E+04	21,27763894	1,52E+05	42,31348653	2,53E+05	70,2563555	3,83E+05	106,3881947
1,92387E-08			0,149884452			0,000202946	0,00009652		1,238E-12			9,59309E-06			9,59309E-06	8,57E+04	23,79712444	1,70E+05	47,32382702	2,83E+05	78,5754109	4,28E+05	118,9856222
2,02745E-08			0,157127535			0,0002032	0,0001016		1,373E-12			1,08428E-05			1,08428E-05	9,50E+04	26,40102886	1,89E+05	52,50204205	3,14E+05	87,17320189	4,75E+05	132,0051343
	2,13123E-08			0,165170617		0,000202946	0,00010688			1,08286E-13		1,14818E-05			1,14818E-05	1,03E+05	28,48246054	2,04E+05	56,84125675	3,39E+05	94,04586028	5,13E+05	142,4123027
	2,23934E-08			0,173549139		0,000202181	0,00011176			2,27517E-13		1,2406E-05			1,2406E-05	1,11E+05	30,77508176	2,20E+05	61,20040891	3,66E+05	101,81577	5,54E+05	153,8753088
	2,35106E-08			0,182207745		0,000200901	0,00011684			3,58302E-13		1,34198E-05			1,34198E-05	1,20E+05	33,28941918	2,38E+05	66,20054951	3,96E+05	109,9178935	5,99E+05	168,4470959
	2,46571E-08			0,191092739		0,000199095	0,00012192			5,01032E-13		1,45258E-05			1,45258E-05	1,30E+05	36,0334147	2,58E+05	71,65735879	4,28E+05	118,9782561	6,49E+05	180,1870735
	2,58259E-08			0,200151509		0,000196748	0,000127			6,55979E-13		1,57286E-05			1,57286E-05	1,40E+05	39,01229203	2,79E+05	77,58126257	4,64E+05	128,8141718	7,02E+05	195,0614602
	2,70105E-08			0,208331989		0,00019384	0,00013208			8,23281E-13		1,70232E-05			1,70232E-05	1,52E+05	42,22888407	3,02E+05	83,97749673	5,02E+05	139,4343342	7,80E+05	211,1434204
	2,82041E-08			0,218582109		0,000190348	0,00013716			1,00294E-12		1,84156E-05			1,84156E-05	1,64E+05	45,88259878	3,27E+05	90,84807709	5,43E+05	150,8387895	8,22E+05	228,4129938
	2,93998E-08			0,227849211		0,000186236	0,00014224			1,19481E-12		1,99028E-05			1,99028E-05	1,78E+05	49,3713804	3,53E+05	98,1868262	5,87E+05	163,0186428	8,89E+05	248,858802
	3,05908E-08			0,237079413		0,000181463	0,00014732			1,39881E-12		2,1482E-05			2,1482E-05	1,92E+05	53,28949981	3,82E+05	105,9734371	6,33E+05	175,9558596	9,59E+05	266,447499
	3,17899E-08			0,246216851		0,000175976	0,0001524			1,61391E-12		2,31508E-05			2,31508E-05	2,07E+05	57,42858217	4,11E+05	114,2045688	6,83E+05	189,822677	1,03E+06	287,1429108
	3,29293E-08			0,255202756		0,000169705	0,00015748			1,84009E-12		2,49035E-05			2,49035E-05	2,22E+05	61,77695042	4,42E+05	122,8518972	7,34E+05	203,9805085	1,11E+06	308,8847701
	3,40811E-08			0,263974259		0,00016256	0,00016256			2,07637E-12		2,67346E-05			2,67346E-05	2,39E+05	66,31937947	4,75E+05	131,8851296	7,88E+05	218,9790832	1,19E+06	331,5968973
	3,51564E-08			0,272482764		0,000154419	0,00016764			2,32173E-12		2,86362E-05			2,86362E-05	2,56E+05	71,03851566	5,09E+05	141,2657982	8,44E+05	234,5545329	1,28E+06	355,1825783
	3,62053E-08			0,280591618		0,000145114	0,00017272			2,57492E-12	</												

EK.5-DÜZ DUTCH ÖRGÜ AŞINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (İNGİLİZ BİRİM SİSTEMİ)

Kaça Sertliği [psi]	170000
Aşınma Katsayısı	2,25E-05

L_0 (in)	1
L_1 (in)	0,025481538
n_{max}	4000
n_{min}	40
α (radyan)	0,4863706
α (derece)	28,14810926
R_0 (in)	0,00275
R_1 (in)	0,0035

Yatay tel çapı (D_0) (in)	0,0055
Dikey Tel Çapı (D_0) (in)	0,0070
Kaça Boyu (in)	1,00
Genişlik (in)	1,00
Geo. alan (in ²) A_{nom}	1,00
n_0	200
n_1	40

																		PV1(lb/ins)		100 PV2(lb/ins)		50 PV3(lb/ins)		30 PV4(lb/ins)		20	
Birim El. Kşe Tem. Al.1	Birim El. Kşe Tem. Al.2	Birim alt düz tel tem. Al.	Birim Eğik silindır temas Al.	Örgü Teması Alan-1	Örgü Teması Alan-2	Örgü Teması Alan-1	Üst tel Kiri Boy	Anma Derinli	Alt Tel Kiri Boy	Alt Anma Der.	Birim El. Kşe Hacim Kayb1	Birim El. Kşe Hacim Kayb2	Birim Eğik silindır Hacim Kayb	Birim alt düz tel Hacim Kayb	Hacim Kayb-1	Hacim Kayb-2	Toplam hacim kayb / Nominal Alan	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman		
(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in ²)	(in.)	(in.)	(in.)	(in.)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³)	(in ³ /in ²)	s	h	s	h	s	h	s	h	
A ₀₁	A ₀₂	A _{alt-düz}	A _{eğik-el}	A ₀₁	A ₀₂	A ₀₃	C ₀	n	C ₀	(n-D ₀)	V ₀₁	V ₀₂	V _{eğik-el}	V _{alt-düz}	V ₀₁	V ₀₂	V ₀₁ +V ₀₂ +V _{alt-el} +V _{alt-düz}	t	t	t	t	t	t	t	t		
3.77774E-07				0.003022193			0.001717374	0.0001375			3.46293E-11				2.77034E-07		2.77034E-07	6.28E+01	0.017442904	1.28E+02	0.03488858	2.09E+02	0.058143	3.14E+02	0.0872145		
1.05472E-06				0.008437751			0.002397394	0.000275			1.93365E-10				1.54892E-06		1.54892E-06	3.51E+02	0.097398725	7.01E+02	0.1947975	1.17E+03	0.3248824	1.75E+03	0.4889936		
1.91198E-06				0.015295815			0.002897305	0.0004125			5.25794E-10				4.20635E-06		4.20635E-06	9.53E+02	0.264844211	1.91E+03	0.5296884	3.18E+03	0.882814	4.77E+03	1.3242211		
2.90383E-06				0.023229033			0.0033	0.00055			1.06486E-09				8.51731E-06		8.51731E-06	1.93E+03	0.5382752	3.88E+03	1.0725504	6.44E+03	1.787584	9.65E+03	2.681376		
4.00119E-06				0.032009502			0.003837908	0.000875			1.83388E-09				1.4871E-05		1.4871E-05	3.33E+03	0.923730999	6.65E+03	1.847482	1.11E+04	3.0791033	1.86E+04	4.818655		
5.18401E-06				0.041472119			0.003927786	0.000825			2.85121E-09				2.28097E-05		2.28097E-05	5.17E+03	1.438164111	1.03E+04	2.8723282	1.72E+04	4.7872137	2.59E+04	7.1808206		
6.43582E-06				0.051488955			0.004179638	0.0009825			4.12965E-09				3.30372E-05		3.30372E-05	7.48E+03	2.080120792	1.50E+04	4.1802418	2.50E+04	6.933738	3.74E+04	10.400604		
7.74301E-06				0.061944087			0.0044	0.0011			5.67821E-09				4.54257E-05		4.54257E-05	1.03E+04	2.880134402	2.06E+04	5.7202888	3.43E+04	9.5337813	5.15E+04	14.300672		
9.06378E-06				0.072750252			0.004593408	0.0012375			7.50237E-09				6.0019E-05		6.0019E-05	1.36E+04	3.778971405	2.72E+04	7.5979428	4.53E+04	12.596571	6.80E+04	18.894857		
1.04776E-05				0.083820552			0.00478314	0.001375			9.60444E-09				7.88355E-05		7.88355E-05	1.74E+04	4.837791114	3.48E+04	9.6758822	5.81E+04	18.12587	8.71E+04	24.188956		
1.18847E-05				0.095077535			0.004911857	0.0015125			1.19837E-08				9.58698E-05		9.58698E-05	2.17E+04	6.036249702	4.33E+04	7.24E+04	20.120832	1.09E+05	30.181249			
1.33081E-05				0.106448801			0.005040833	0.00185			1.48387E-08				0.000117094		0.000117094	2.85E+04	7.372585098	5.31E+04	14.74513	8.85E+04	24.575217	1.33E+05	36.882825		
1.47332E-05				0.117865528			0.005152123	0.0017875			1.75571E-08				0.000140456		0.000140456	3.18E+04	8.843552289	6.37E+04	17.687105	1.08E+05	29.478908	1.59E+05	44.217761		
1.61577E-05				0.129281329			0.005248666	0.001925			2.07357E-08				0.000165885		0.000165885	3.76E+04	10.4483454	7.52E+04	20.889289	1.25E+05	34.815448	1.88E+05	52.223173		
1.75714E-05				0.140571339			0.005325352	0.0020625			2.41807E-08				0.000193286		0.000193286	4.38E+04	12.18983352	8.76E+04	24.339667	1.48E+05	40.586112	2.19E+05	60.849168		
1.89864E-05				0.151731407			0.005388877	0.0022			2.78174E-08				0.000222539		0.000222539	5.04E+04	14.01173978	1.01E+05	28.02348	1.68E+05	48.705799	2.52E+05	70.058699		
2.03347E-05				0.162877387			0.005437773	0.0023375			3.16882E-08				0.000253508		0.000253508	5.75E+04	15.96146341	1.15E+05	31.922927	1.32E+05	53.204878	2.87E+05	79.807317		
2.18881E-05				0.173344488			0.005472431	0.002475			3.57523E-08				0.000286018		0.000286018	6.48E+04	18.00856419	1.30E+05	36.017128	2.16E+05	60.028547	3.24E+05	90.042821		
2.29583E-05				0.183666495			0.005493121	0.0026125			3.99857E-08				0.000319886		0.000319886	7.25E+04	20.14085851	1.45E+05	40.281917	2.42E+05	67.136528	3.63E+05	100.70479		
2.41989E-05				0.193575273			0.0055	0.00275			4.4361E-08				0.000354888		0.000354888	8.04E+04	22.34480002	1.61E+05	44.8869	2.68E+05	74.482687	4.02E+05	111.724		
	2.54355E-05			0.203484051			0.005493121	0.0028875			3.4974E-09				0.000382867		0.000382867	8.68E+04	24.10644435	1.74E+05	48.212889	2.89E+05	80.354814	4.34E+05	120.53222		
	2.67258E-05			0.213806078			0.005472431	0.003025			7.3498E-09				0.000413885		0.000413885	9.38E+04	26.04881266	1.88E+05	52.093625	3.13E+05	86.822709	4.69E+05	130.23406		
	2.80591E-05			0.224473158			0.005437773	0.0031625			1.1574E-08				0.000447483		0.000447483	1.01E+05	28.17486677	2.03E+05	58.349734	3.38E+05	93.916223	5.07E+05	140.87433		
	2.94274E-05			0.235419139			0.005388877	0.0033			1.6185E-08				0.000484369		0.000484369	1.10E+05	30.49727782	2.20E+05	60.994555	3.68E+05	101.85759	5.49E+05	152.48839		
	3.08224E-05			0.246579207			0.005325352	0.0034375			2.119E-08				0.000524411		0.000524411	1.19E+05	33.01948327	2.38E+05	68.038967	3.98E+05	110.08161	5.94E+05	185.09242		
	3.22362E-05			0.257889217			0.005248666	0.003575			2.6595E-08				0.000567647		0.000567647	1.29E+05	35.74071212	2.57E+05	71.481424	4.29E+05	119.13571	8.43E+05	217.70356		
	3.36606E-05			0.26928502			0.005152123	0.0037125			3.2398E-08				0.000614075		0.000614075	1.39E+05	38.66397088	2.78E+05	77.327942	4.64E+05	128.8799	9.65E+05	193.31985		
	3.50877E-05			0.280701745			0.005040833	0.00385			3.8596E-08				0.00066366		0.00066366	1.50E+05	41.78599484	3.01E+05	83.57199	5.01E+05	139.28685	7.52E+05	208.92997		
	3.65091E-05			0.29207301			0.004911857	0.0039875			4.518E-08				0.000716328		0.000716328	1.62E+05	45.10215541	3.25E+05	90.204311	5.41E+05	150.34052	8.12E+05	225.51078		
	3.79162E-05			0.303329994			0.00478314	0.004125			5.2135E-08				0.000771967		0.000771967	1.75E+05	48.60531337	3.50E+05	97.210627	5.83E+05	162.01771	8.75E+05	243.02857		
	3.93E-05			0.314400294			0.004593408	0.0042625			5.9441E-08				0.000830418		0.000830418	1.88E+05	52.2858058	3.78E+05	104.57121	6.27E+05	174.28535	9.41E+05	261.42803		
	4.06508E-05			0.325206458			0.0044	0.0044			6.7074E-08				0.000891479		0.000891479	2.02E+05	56.13013784	4.04E+05	112.28028	6.74E+05	187.10048	1.01E+06	280.55089		
	4.1958E-05			0.335683981			0.004179638	0.0045375			7.5E-08				0.000954887		0.000954887	2.16E+05	60.12253784	4.33E+05	120.24508	7.21E+05	200.40846	1.08E+06	300.61289		
	4.32098E-05			0.345878427			0.003827786	0.004675			8.3179E-08				0.001020319		0.001020319	2.31E+05	64.24230587	4.63E+05	128.48481	7.71E+05	214.14102	1.16E+06	321.21153		
	4.43928E-05			0.355141044			0.003637908	0.0048125			9.156E-08				0.001087366		0.001087366	2.46E+05	68.46381056								

EK-0-DUZ DUTCH ORGU AŞINMA MİKTARINA GÖRE KEÇE ÖMRÜ HESABI (SI BİRİM SİSTEMİ)

Keçe Sertliği (GPa)	1172108890
Aşınma Katsayısı	2,25E-05

L_y (in)	1
L_x (in)	0,000835291
$n_{temas-0}$	8200012,4
$n_{temas-1}$	1574,80315
α (radyan)	0,46348488
α (derece)	26,5545701
R_y (in)	0,00008985
R_x (in)	0,0000889

Yatay tel çap(D_y)in	0,0001397
Dikey Tel Çap(D_x)in	0,0001778
Keçe Boyu (m)	1,00
Genişlik (m)	1,00
Geo. alan (m^2) A_{geom}	1,00
n_s	7874
n_g	1575

																	PV1(kN/ms)		17,5 PV2(kN/ms)		3,8 PV3(kN/ms)		5,3 PV4(kN/ms)		3,5	
Birim El. Kõe Tem. Al.1	Birim El. Kõe Tem. Al.2	Birim alt düz tel tem. Al.	Birim Egik silindir temas Al.	Örgü Temas Alan-1	Örgü Temas Alan-2	Örgü Temas Alan-3	Üst tel Kiri Boyu	Anma Derinlii	Alt Tel Kiri Boyu	Alt Anma Der.	Birim El. Kõe Hacim Kayb1	Birim El. Kõe Hacim Kayb2	Birim Egik silindir Hacim Kayb	Birim alt düz tel Hacim Kayb	Hacim Kayb-1	Hacim Kayb-2	Toplam hacim kayb / Nominal Alan	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman	Zaman
(m²)	(m²)	(m²)	(m²)	(m²)	(m²)	(m²)	(m)	(m)	(m)	(h-D _x)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³/m²)	t	h	s	n	s	h	s	h	t
A _{el.1}	A _{el.2}	A _{alt-düz}	A _{egik-el}	A _{el.1}	A _{el.2}	A _{el.3}	C _x	h	C _y	(h-D _x)	V _{el.1}	V _{el.2}	V _{egik-el}	V _{alt-düz}	V _{el.1}	V _{el.2}	V _{toplam} /A _{nom}	t	h	s	n	s	h	s	h	t
2,39418E-10				0,002968768			4,36213E-05	3,4925E-06			5,57441E-16				6,91228E-09		6,91228E-09	6,17E-01	0,017146972	1,23E+02	0,0340961	2,04E+02	0,0566174	3,09E+02	0,0857349	
6,68433E-10				0,008288591			6,08938E-05	0,00006985			3,11267E-15				3,85972E-08		3,85972E-08	3,45E+02	0,095746281	8,85E+02	0,1904045	1,14E+03	0,3161434	1,72E+03	0,4787314	
1,21173E-09				0,015025421			7,35915E-05	1,04775E-05			8,4639E-15				1,04953E-07		1,04953E-07	9,37E+02	0,260350924	1,86E+03	0,5177433	3,09E+03	0,8596493	4,69E+03	1,3017548	
1,84019E-09				0,022818397			0,00008382	0,00001397			1,71383E-14				2,12515E-07		2,12515E-07	1,90E+03	0,527776878	3,77E+03	1,0483631	6,27E+03	1,7408784	9,49E+03	2,6358844	
2,53577E-09				0,031443848			9,24029E-05	1,74825E-05			2,95208E-14				3,66058E-07		3,66058E-07	3,27E+03	0,90805919	6,50E+03	1,8057995	1,08E+04	2,9983088	1,63E+04	4,5402959	
3,2854E-09				0,040739897			9,97658E-05	0,00020955			4,5897E-14				5,89124E-07		5,89124E-07	5,08E+03	1,411798478	1,01E+04	2,8075538	1,68E+04	4,6615987	2,54E+04	7,0589924	
4,07873E-09				0,050576401			0,000106163	2,44475E-05			6,84766E-14				8,24311E-07		8,24311E-07	7,36E+03	2,044829938	1,48E+04	4,0864232	2,43E+04	6,751797	3,68E+04	10,22415	
4,90717E-09				0,060849059			0,00011178	0,00002794			9,14043E-14				1,13342E-06		1,13342E-06	1,01E+04	2,811810014	2,01E+04	5,5912699	3,34E+04	9,283818	5,08E+04	14,05805	
5,76323E-09				0,071484195			0,000186673	3,14325E-05			1,20788E-13				1,49753E-06		1,49753E-06	1,34E+04	3,714858238	2,96E+04	7,3875022	4,42E+04	12,268041	8,69E+04	18,574291	
6,64021E-09				0,082338798			0,000120984	0,000034925			1,54806E-13				1,91712E-06		1,91712E-06	1,71E+04	4,755714254	3,40E+04	9,4573863	5,65E+04	15,70283	8,56E+04	23,778571	
7,53198E-09				0,093396784			0,000124756	3,84175E-05			1,92907E-13				2,39205E-06		2,39205E-06	2,14E+04	5,933840087	4,25E+04	11,80025	7,05E+04	19,592868	1,07E+05	29,8692	
8,43281E-09				0,104587032			0,000128037	0,00004191			2,35613E-13				2,9218E-06		2,9218E-06	2,91E+04	7,24748384	5,19E+04	14,41281	8,61E+04	23,930371	1,30E+05	36,237419	
9,33723E-09				0,115781936			0,000130884	4,54025E-05			2,82823E-13				3,50453E-06		3,50453E-06	3,13E+04	8,693514598	6,22E+04	17,288239	1,03E+05	28,705001	1,56E+05	43,487573	
1,024E-08				0,126976287			0,000133265	0,000048995			3,3379E-13				4,139E-06		4,139E-06	3,70E+04	10,28743325	7,35E+04	20,418191	1,22E+05	33,901902	1,85E+05	51,337196	
1,1136E-08				0,138086362			0,000135264	5,23875E-05			3,88924E-13				4,82267E-06		4,82267E-06	4,31E+04	11,9633629	8,56E+04	23,790779	1,42E+05	39,50167	2,15E+05	59,818814	
1,20201E-08				0,149049146			0,000136877	0,00005588			4,47788E-13				5,55258E-06		5,55258E-06	4,96E+04	13,77401978	9,88E+04	27,391517	1,64E+05	45,480254	2,48E+05	58,870099	
1,28872E-08				0,159801827			0,000138119	5,93725E-05			5,10097E-13				6,32521E-06		6,32521E-06	5,65E+04	15,69066488	1,12E+05	31,203027	1,87E+05	51,908799	2,82E+05	78,453324	
1,37322E-08				0,170280138			0,000139	0,000062865			5,75518E-13				7,13644E-06		7,13644E-06	6,37E+04	17,703035	1,27E+05	35,204899	2,10E+05	58,453417	3,19E+05	88,515175	
1,45499E-08				0,180419695			0,000139525	6,63575E-05			6,43665E-13				7,98147E-06		7,98147E-06	7,13E+04	19,79925181	1,42E+05	39,373512	2,35E+05	65,374887	3,58E+05	98,996258	
1,53349E-08				0,190153309			0,0001397	0,00006985			7,14098E-13				8,85481E-06		8,85481E-06	7,91E+04	21,96570324	1,57E+05	43,681796	2,61E+05	72,528265	3,95E+05	109,82852	
	1,61199E-08				0,199886923		0,000139525	7,33425E-05			5,6299E-14				9,55291E-06		9,55291E-06	8,53E+04	23,69745991	1,70E+05	47,125631	2,82E+05	78,24833	4,27E+05	118,4873	
	1,69378E-08				0,21002648		0,000139	0,000078835			1,1831E-13				1,03218E-05		1,03218E-05	9,22E+04	25,60490838	1,83E+05	50,918952	3,04E+05	84,544509	4,61E+05	128,02454	
	1,77826E-08				0,220504991		0,000138119	8,03275E-05			1,1651E-13				9,97E+04		9,97E+04	1,1651E-05	27,69885841	1,98E+05	55,07898	3,29E+05	91,451891	4,99E+05	138,48429	
	1,86498E-08				0,231257473		0,000136877	0,00008382			2,6054E-13				1,20855E-05		1,20855E-05	1,08E+05	29,97986778	2,15E+05	59,619053	3,58E+05	98,990129	5,40E+05	149,89934	
	1,95339E-08				0,242220256		0,000135264	8,73125E-05			3,4111E-13				1,30846E-05		1,30846E-05	1,17E+05	32,45829922	2,32E+05	64,547754	3,86E+05	107,17383	5,64E+05	162,2915	
	2,04298E-08				0,253303331		0,000133265	0,000090805			4,2811E-13				1,41633E-05		1,41633E-05	1,26E+05	35,13434335	2,52E+05	69,869433	4,18E+05	116,00582	8,32E+05	175,87172	
	2,13328E-08				0,264524682		0,000130884	9,42975E-05			5,2133E-13				1,53218E-05		1,53218E-05	1,37E+05	38,00800677	2,72E+05	75,584734	4,52E+05	125,49814	8,84E+05	190,04003	
	2,2237E-08				0,275739586		0,000128037	0,00009779			6,213E-13				1,6559E-05		1,6559E-05	1,48E+05	41,07706328	2,94E+05	81,887342	4,88E+05	135,6181	7,39E+05	205,38532	
	2,31378E-08				0,286909834		0,000124756	0,000101283			7,2729E-13				1,78731E-05		1,78731E-05	1,60E+05	44,33989253	3,17E+05	88,170096	5,27E+05	146,39563	7,98E+05	221,68481	
	2,40298E-08				0,29796782		0,000120984	0,000104775			8,3923E-13				1,92613E-05		1,92613E-05	1,72E+05	47,78086671	3,42E+05	95,018471	5,69E+05	157,76642	9,60E+05	238,90343	
	2,49066E-08				0,308842423		0,000118673	0,000108268			9,5685E-13				2,07198E-05		2,07198E-05	1,85E+05	51,39854014	3,68E+05	102,21301	6,11E+05	169,71216	9,25E+05	256,9927	
	2,57827E-08				0,319457559		0,00011178	0,00011178			1,0797E-12				2,22433E-05		2,22433E-05	1,99E+05	55,17784653	3,95E+05	109,72967	6,58E+05	182,191	9,93E+05	275,88923	
	2,66911E-08				0,329730217		0,000108163	0,000115253			1,2073E-12				2,38254E-05		2,38254E-05	2,13E+05	59,10251258	4,23E+05	117,53341	7,03E+05	195,14981	1,06E+06	295,51258	
	2,73844E-08				0,339587631		9,97658E-05	0,000118745			1,339E-12				2,5458E-05		2,5458E-05	2,27E+05	63,15238538	4,52E+05	125,58713	7,51E+05	208,52203	1,14E+06	315,78193	
	2,81341E-08				0,34888297		9,24029E-05	0,000122238			1,47															