KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NAYLON 6.6/POLİESTER MELEZ KORDLARIN TASARIMI VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. AYŞE AYTAÇ

Anabilim Dalı: Kimya Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr Veli DENİZ

KOCAELİ, 2007

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NAYLON 6.6 / POLİESTER MELEZ KORDLARIN TASARIMI VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Y.Müh. AYŞE AYTAÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih: 28 Aralık 2007

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Prof.Dr.Veli DENİZ	Prof.Dr. Aslı HOCKENBERGER	Prof. Dr.Mehmet SAÇAK
(.....)	(.....)	(.....)

Üye	Üye
Yrd. Doç.Dr. Enver DEMİRHAN	Yrd. Doç.Dr. Şeyda POLAT
(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2007

ÖNSÖZ ve TESEKKÜRLER

Yüksek lisans ve Doktora tez çalışmam sırasında beni yönlendiren, bana destek veren ve iyi bir akademisyen olarak bana örnek olan, değerli hocam Prof.Dr. Veli DENİZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Şüphesiz onun değerli desteği ve kılavuzluğu olmadan bu çalışma yapılamazdı.

Bu çalışma üniversite-sanayi işbirliğinin güzel bir örneği olarak, Kocaeli Üniversitesi ve KORDSA Global End. İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A.Ş'nin işbirliği ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı Kordsa'da yapmama izin veren ve desteklerini esirgemeyen başta Ali ÇALIŞKAN, Dr. Ali VATANSEVER ve Nuri DÜZGÖREN olmak üzere, değerli Kordsa yöneticilerine teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmam sırasında bana Kordsa'da danışmanlık yapan Dr. Berrin YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Doktora tez çalışmam sırasında bana yardımcı olan ve bilgi ve deneyimini benimle paylaşan sayın Yücel AYYILDIZ'a ve sayın Dr.Zafer EFES'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Kordsa Teknoloji Müdürlüğü ve Laboratuvarındaki tüm çalışanlara teşekkür ederim.

Bana her konuda yardımcı olan çalışma arkadaşlarım, en önemlisi dostlarım Meltem YILDIZ'a, Bağdagül KARAAĞAÇ'a ve Serap GÜMÜŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman her konuda yanımda olan, beni destekleyen, teşvik eden, anlayış ve sabır gösteren sevgili eşim Mehmet Murat AYTAÇ'a, doğduğu günden beri, varlığıyla hayatıma anlam katan biricik kızım Ezgi'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her şeyimi borçlu olduğum, beni bugünlere getiren, eğitim hayatım boyunca bana maddi manevi her konuda destek olan annem ve babama çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜRLER i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ v
TABLOLAR DİZİNİ viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ xii
ÖZET xiii
İNGİLİZCE ÖZET xiv
1. GİRİŞ 1
2. LİFLER 4
2.1. Liflerin Tarihçesi 5
2.2. Liflerin Özellikleri 7
2.3. Lif Oluşumu 9
2.4. Yapay Liflerin Üretim Yöntemleri 12
3. KORD BEZİ 16
3.1. Kord Bezi Yapımında Kullanılan Lifler ve Özellikleri 17
3.2. Kord Bezi Üretim Süreci 20
3.2.1. Büküm 21
3.2.2. Dokuma 23
3.2.3. İşleme (Treatment) 23
3.2.4. Ambalajlama 27
4. MELEZ KORD 29
5. TAGUCHI DENEY TASARIMI 37
5.1. Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu 41
5.1.1. Taguchi kayıp fonksiyonunun hesaplanması 42
5.2. Dikey Diziler 45
5.3. Deney Tasarımında Taguchi Yönteminin Uygulama Basamakları 48
5.4. Taguchi Deney Tasarımı Yönteminin Uygulama Alanları 48
6. DENEYSEL ÇALIŞMA 50
6.1. Çalışma Alanı ve Kapsamının Belirlenmesi 50
6.2. Süreç Girdi Değişkenlerinin ve Düzeylerinin Belirlenmesi 50
6.3. Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi 53
6.4. Deneylerde Kullanılan Üretim ve Ölçüm Cihazları 55
6.5. Deneylerde Kullanılan Malzemeler 61
6.6. Kullanılan Deneysel Yöntemler 65
6.6.1. Büküm düzeyi kontrolü 65
6.6.2. Çekme ölçümleri 65

6.6.3. Isıl kısalma ölçümü 66
6.6.4. H yapışma testi 66
6.6.5. Şerit yapışma testi 67
6.6.6. Katı miktarı testi 68
6.6.7. Yorulma testi 69
6.7. Melez ve Kıyaslama Kordlarının Hazırlanışı 71
7. BULGULAR VE TARTISMA 73
7.1. 940 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması 73
7.1.1. 940 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 73
7.1.2. 940 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 77
7.1.3. 940 dtex Ny - 1100 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 83
7.2. 940 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması 85
7.2.1. 940 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 86
7.2.2. 940 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 88
7.2.3. 940 dtex Ny - 1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 91
7.3. 940 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması 94
7.3.1. 940 dtex Ny ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 94
7.3.2. 940 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 96
7.3.3. 940 dtex Ny - 1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 100
7.4. 1400 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması 103
7.4.1. 1400 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 103
7.4.2. 1400 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 105
7.4.3. 1400 dtex Ny - 1100 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 109
7.5. 1400 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması 111
7.5.1. 1400 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 112
7.5.2. 1400 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 113
7.5.3. 1400 dtex Ny-1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 117
7.6. 1400 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması 119
7.6.1. 1400 dtex Ny ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 119
7.6.2. 1400 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 121
7.6.3. 1400 dtex Ny-1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 124
7.7. 1880 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması 127
7.7.1. 1880 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 127
7.7.2. 1880 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 129
7.8. 1880 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması 133
7.8.1. 1880 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 133

7.8.2. 1880 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 135
7.8.3. 1880 dtex Ny - 1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 138
7.9. 1880 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması 140
7.9.1. 1880 dtex Ny ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 141
7.9.2. 1880 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 142
7.9.3. 1880 dtex Ny-1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 146
7.10. 1880 dTex Ny- 2200 dTex PET Melez Kord Çalışması 148
7.10.1. 1880 dtex Ny ve 2200 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları 148
7.10.2. 1880 dtex Ny- 2200 dtex PET ham melez kordların test sonuçları 150
7.10.3. 1880 dtex Ny 6.6-2200 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları 153
7.11. Tüm Melez Kord Bileşimleri için Kopma Dayanımı ve Kopma Uzaması Değerlerinin Kıyaslanması 156
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 159
KAYNAKLAR 162
EKLER 168
ÖZGEÇMİŞ 170

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Elde edildikleri malzemeler göre liflerin sınıflandırılması 5
Şekil 2.2: Poliester için polimerizasyon süreci (Pang, 2006) 9
Şekil 2.3: Poliester üretimi (Kovac, 1978) 10
Şekil 2.4: Naylon 6.6'nın oluşum tepkimesi 11
Şekil 2.5: Yaş elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002) 13
Şekil 2.6: Kuru elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002) 14
Şekil 2.7: Eriyikten elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002) 15
Şekil 3.1: Kord bezi üretim süreci 20
Şekil 3.2: Büküm yönü şekilleri 21
Şekil 3.3: Bükümün kord üzerindeki gerilimlere etkisi 22
Şekil 3.4: RFL'in kimyasal formülü 24
Şekil 3.5: İşleme biriminin şematik gösterimi (Ayyıldız, 2003) 27
Şekil 4.1: Melez karma türleri 31
Şekil 4.2: Melez kord üretim makinesi 32
Şekil 4.3: Çelik/tekstil melez kordunun kesit görünüşü (Nguyen, 2003) 33
Şekil 4.4: Kuşak ve melez kord kesit görünüşleri (Komatsuki, 1996) 34
Şekil 4.5: Cam elyaf içeren melez kordlar 36
Şekil 5.1: Üretim Kalite Çevrimi 39
Şekil 5.2: Geleneksel Kalite Anlayışı 41
Şekil 5.3: Kalite Kayıp Fonksiyonu 42
Şekil 6.1: Büküm makinesinin dişli sistemi 56
Şekil 6.2: Büküm makinesi 56
Şekil 6.3: Büküm test cihazı 57
Şekil.6.4: İşleme makinesi (Computreater) 57
Şekil 6.5: Çekme cihazı 58
Şekil 6.6: Isıl kısalma cihazı 59
Şekil 6.7: Kalınlık ölçüm cihazı 59
Şekil 6.8: Hidrolik Pres 60
Şekil 6.9: Yorulma cihazı 61
Şekil 6.10: PET'in FTIR spektrumu 62
Şekil 6.11: NY 6.6'nın FTIR spektrumu 62
Şekil 6.12: RFL-Naylon 66 yapışma mekanizması 63
Şekil 6.13: Poliester isosiyanat tepkimesi 64
Şekil 6.14: Lastik karışımı ve RFL yapışma mekanizması 64
Şekil 6.15: Kordların test kalıbına yerleştirilmesi 67
Şekil 6.16: İşlenmiş kordun şerit yapışma kalıbına yerleştirilmesi 68
Şekil 6.17: Yorulma testi numunesi hazırlanması 70
Şekil 6.18: Yorulmuş şeritler 71
Şekil 7.1: Üç farklı büküm düzeyinde PET kıyaslama kordlarının optik mikroskop görüntüleri 75
Şekil 7.2: Üç farklı büküm düzeyinde Ny 6.6 kıyaslama kordlarının optik mikroskop görüntüleri 76

Şekil 7.3: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri 76
Şekil 7.4: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri 79
Şekil 7.5: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 81
Şekil 7.6: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 82
Şekil 7.7: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri 88
Şekil 7.8: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri 90
Şekil 7.9: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 90
Şekil 7.10: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklıbüküm düzeylerindeki değerleri 90
Şekil 7.11: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri 95
Şekil 7.11: Farklı doğrusal yoğunlukta ve büküm düzeyinde PET kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri 96
Şekil 7.12: 940 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri 98
Şekil 7.13: Üçüncü takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 99
Şekil 7.14: Üçüncü takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 99
Şekil 7.15: Artan PET büküm düzeyinin kalan yapışma ve dayanım değerlerine etkisi 102
Şekil 7.16: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri 105
Şekil 7.17: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri 107
Şekil 7.18: Dördüncü takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 108
Şekil 7.19: Dördüncü takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 108
Şekil 7.20: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri 113
Şekil 7.21: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri 114
Şekil 7.22: Beşinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 116
Şekil 7.23: Beşinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 116
Şekil 7.24: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri 120
Şekil 7.25: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların . kuvvet-% uzama grafikleri 122

Şekil 7.26: Altıncı takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri 123
Şekil 7.27 Altıncı takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 124
Şekil 7.28: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri..... 128
Şekil 7.29: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri..... 130
Şekil 7.30: Yedinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 132
Şekil 7.31: Yedinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 132
Şekil 7.32: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri..... 134
Şekil 7.33: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri 136
Şekil 7.34: Sekizinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 137
Şekil 7.35: Sekizinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 137
Şekil 7.36: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri 142
Şekil 7.37: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri 144
Şekil 7.38: Dokuzuncu takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 145
Şekil 7.39: Dokuzuncu takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... .145
Şekil 7.40: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-%uzama grafikleri..... 149
Şekil 7.41: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri 151
Şekil 7.42: Onuncu takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 152
Şekil 7.43: Onuncu takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri..... 153
Şekil 7.44: Birinci, ikinci ve üçüncü takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği 156
Şekil 7.45: Dördüncü, Beşinci ve altıncı takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği 157
Şekil 7.46: Yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği 157

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Önemli lif özellikleri (Schmidt and Marlies, 1948) 8
Tablo 5.2: Standart dikey diziler 47
Tablo 6.1: Melez kord üretim değişkenleri 51
Tablo 6.2: Büküm süreci üretim değişkenleri için L_{27} dikey dizisi 52
Tablo 6.3: Melez kord üretmek için kullanılan doğrusal yoğunluk bileşimleri 53
Tablo 6.4: Farklı büküm düzeylerinde L_9 dikey dizisi (kodlanmamış) 53
Tablo 6.5: Farklı büküm düzeylerinde L_9 dikey dizisi (kodlanmış) 54
Tablo 6.6: Ham ipliklerin doğrusal yoğunlukları 61
Tablo 6.7: Genel RFL banyo reçetesi (Jamsidi, 2005a) 63
Tablo 7.1: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının büküm düzeyi ölçüm değerleri 74
Tablo 7.2: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 74
Tablo 7.3: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının LASE değerleri 75
Tablo 7.4: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 76
Tablo 7.5: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların büküm kontrol değerleri 77
Tablo 7.6: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların(2040 dtex) çekme testi sonuçları 78
Tablo 7.7: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2040 dtex) LASE değerleri 78
Tablo 7.8: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2040 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 79
Tablo 7.9: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 83
Tablo 7.10: 940 Ny-1100 Pet bileşimi için tek banyolu sistemden elde edilen değerler 84
Tablo 7.11: 940 Ny-1100 PET bileşimi için çift banyolu sistemden elde edilen değerler 85
Tablo 7.12: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 87
Tablo 7.13: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 87
Tablo 7.14: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2380 dtex) çekme testi sonuçları 88
Tablo 7.15: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2380 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 89
Tablo 7.16: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 92

Tablo 7.17: 940 Ny-1440 PET bileşimi için çift banyolu sistemden elde edilen değerler 92
Tablo 7.18: 940 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 94
Tablo 7.19: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 95
Tablo 7.20: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 95
Tablo 7.21: 940 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (2610 dtex) çekme testi sonuçları 97
Tablo 7.22: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2610 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 97
Tablo 7.23: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 100
Tablo 7.25: 940 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 101
Tablo 7.26: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 104
Tablo 7.27: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 104
Tablo 7.28: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2500 dtex) çekme testi sonuçları 106
Tablo 7.29: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2500 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 106
Tablo 7.30: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 109
Tablo 7.31: 1400 Ny-1100 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 109
Tablo 7.32: 1400 Ny -1100 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 110
Tablo 7.33: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 112
Tablo 7.34: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 112
Tablo 7.35: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2840 dtex) çekme testi sonuçları 114
Tablo 7.36: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 114
Tablo 7.37: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 117
Tablo 7.38: 1400 Ny-1440 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 117
Tablo 7.39: 1400 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 118
Tablo 7.40: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 120

Tablo 7.41: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 120
Tablo 7.42: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3070 dtex) çekme testi sonuçları 121
Tablo 7.43: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3070 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 122
Tablo 7.44: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri..... 125
Tablo 7.45: 1400 Ny-1670 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 125
Tablo 7.46: 1400 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 126
Tablo 7.47: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 128
Tablo 7.48: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri..... 129
Tablo 7.49: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (3320 dtex) çekme testi sonuçları 129
Tablo 7.50: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2980 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 130
Tablo 7.51: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 133
Tablo 7.52: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 134
Tablo 7.53: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (3320 dtex) çekme testi sonuçları 135
Tablo 7.54: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (3320 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 135
Tablo 7.55: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikler..... 138
Tablo 7.56: 1880 Ny-1440 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 139
Tablo 7.57: 1880 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 140
Tablo 7.58: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 141
Tablo 7.59: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri..... 141
Tablo 7.60: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3550 dtex) çekme testi sonuçları 143
Tablo 7.61: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3550 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 143
Tablo 7.62: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri..... 146
Tablo 7.63: 1880 Ny-1670 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 146
Tablo 7.64: 1880 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 147

Tablo 7.65: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları 149
Tablo 7.66: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 149
Tablo 7.67: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların (4080 dtex) çekme testi sonuçları 150
Tablo 7.68: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların (4080 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri 151
Tablo 7.69: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri 154
Tablo 7.70: 1880 Ny-2200 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri 154
Tablo 7.71: 1880 Ny -2200 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları 155

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

dTex	: Ham kordun 10000 metresinin gram cinsinden ağırlığı
k	: Tanımlanan değerlere bağlı olarak tespit edilen bir katsayı
L veya QA	: Dikey dizi
L	: Belirli bir Y değerinde oluşacak kayıp değeri
M	: Hedef değer
S/G	: Sinyal/Gürültü
Y	: Kalite etkinlik özelliği
ASD	: Alt Sınır Değeri
DEG	: Dietilen glikol
DMT	: Dimetil teraftalat
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
LASE	: Belli bir uzamadaki kuvvet
MLZ	: Melez
PEN	: Poli(etilen naftalat)
PET	: Poli(etilen teraftalat)
PBT	: Poli(bütilenteraftalat)
RFL	: Resorsinol formaldehit lateks
TM	: Büküm çarpanı
TPA	: Teraftalik asit
ÜSD	:Üst Sınır Değeri

NAYLON 6.6/POLİESTER MELEZ KORDLARIN TASARIMI VE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

AYŞE AYTAÇ

Anahtar Sözcükler: Melez Kord, Kord Bezi, Lastik, Naylon , Poliester.

Özet: Lastik kordu üreticileri hızla değişen pazar koşullarında müşterilerine yeni nesil destek malzemesi sağlamak ve eniyi ürünü çok daha ucuza sunabilmek amacıyla araştırma ve geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmada, tekstil kordların mevcut eksikliklerinin giderilmesi ve yeni özelliklere sahip seçenek kord önerilmesi amacıyla, Naylon 6.6/Poliester(Ny 6.6/PET) melez kord tasarımı ve üretimi incelenmiştir. Melez kordların özellikleri ve üretim sürecini etkileyen etkenler ve bu etkenlerin düzeyleri öncelikle belirlenmiş; yapılması gereken deney sayısını azaltmak amacıyla da "Taguchi Deney Tasarımı" yöntemi kullanılmıştır.

Farklı doğrusal yoğunlukta ve büküm düzeyinde karmaşık kord bileşimleri içeren 10 takım melez kord üretimi yapılmıştır. Her bir takıma L_9 dikey dizisi uygulanarak toplam 90 tane melez kord üretilmiştir. Üretilen kordların 81 tanesi işleme (treatment) sürecinden geçirilmiştir. Elde edilen kordların başarımlarını karşılaştırmak amacıyla lastik sanayisinde geleneksel olarak kullanılan kordlardan 21 tane de kıyaslama kordu hazırlanmış ve işleme sürecinden geçirilmiştir. Melez kordların çeşitli mekanik ve ısıl özellikleri ölçülmüş ve kıyaslama kordları ile karşılaştırılmıştır..

Melez kordlarda en yüksek kord dayanımını elde etmek için, yüksek özgerilime sahip PET'in büküm düzeyinin, naylon büküm düzeyine eşit veya daha yüksek olması gerektiği bulunmuştur. İşleme sürecinden geçirilen tüm kıyaslama kordları ve melez kordlar için yeterli kord lastik-yapışması elde edilmiştir. Yorulma testleri sonucunda, PET kıyaslama kordlarından çok daha iyi yorulma direnci veren melez kordlar elde edilebileceği görülmüştür. Tasarlanan ve üretilen melez kordlar içindeki poliester ağırlığının, toplam ağırlığa oranı %43-69 değerleri arasında değişmektedir. PET kordlar naylona göre daha ucuz olduğu için, böylece naylon kordlardan daha ucuz melez kordlar üretmek olanaklı olabilecektir.

Yapılan çalışma ile lastik üreticilerine destek malzemesi olarak kullanabilecekleri, yeni seçenek melez kordlar önerilmiştir. Böylece müşteri isteklerine göre, geleneksel olarak kullanılan PET ve Ny 6.6 kordlarının yerine geçebilecek, daha üstün özelliklerde ve/veya daha ucuz Ny 6.6/PET melez kordları üretilebilecektir.

DESIGN OF NYLON 6.6/POLYESTER HYBRID CORDS AND THEIR PROPERTIES

AYŞE AYTAÇ

Keywords: Hybrid Cord, Cord Fabric, Tyre, Nylon, Polyester.

Abstract: In parallel to rapidly changing market conditions, tyre cord producers are carrying out various R&D activities in order to supply new generation reinforcing materials with better performance and/or with cheaper prices than the conventional cords for their customers. In this study, Naylon 6.6/Polyester(Ny 6.6/PET) hybrid cord design and production have been investigated with the aim of eliminating the disadvantages of conventional cord fabrics and offering to the market alternative hybrid cords with better properties. The factors having an effect on the cord properties and production processes, and the levels of these parameters were initially determined. The "Taguchi Design of Experiment" method has been used in order to minimize the required number of experiments.

10 sets of hybrid cords with different linear densities and twist levels were produced. Totally 90 hybrid cords were produced by using L_9 ortagonal array for all sets. 81 out of these 90 cords were later heat treated. A different set of 21 reference cords which are conventionally used in tyre industry were prepared and treated in order to make a comparison of performance. Several mechanical and thermal properties of hybrid cords have been measured and compared with the values of these reference cords.

It has been found that the twist levels of high modulus PET component in the cord should be at the same level or above the level of the nylon for obtaining a hybrid cord with maximum tensile properties. For all treated hybrid cords and reference cords, satisfactory cord-rubber adhesion values were obtained. It has been observed that the fatigue resistance of hybrid cords is much higher than that of reference PET cords. Polyester content in the hybrid cords have varied between 43-69% (w %). Since the PET cords are cheaper than the nylon cords, hybrid cords can be produced at a cheaper cost than nylon 6.6 cords.

In this study, alternative hybrid cords were suggested as reinforcing materials for tyre industry. Ny 6.6/PET hybrid cords with better properties and/or cheaper cost can be used in place of the PET and Ny 6.6 cords currently used in the tyre industry.

BÖLÜM 1.GİRİŞ

İnsanlığın var oluşuyla başlayan doğal elyaf kullanımı önceleri yün ve ipek, daha sonra keten ve pamuğun kullanımıyla gelişmiştir. Son yıllarda nüfus artışı nedeniyle doğal elyaf ihtiyacı karşılayamamış ve yapay elyaf üzerinde çalışmalar başlamıştır. Daha sonra, yapay elyaf üzerine önemli gelişmeler elde edilmiştir.

Dünyadaki ilk yapay elyaf poliamitden üretilmiştir. A.B.D'de Du Pont de Nemours firması tarafından başlatılan çalışmalarla poliamit elyafı geliştirilerek piyasaya sürülmüştür. Firmanın bu ürüne verdiği ticari ad olan Naylon günümüzde de hala tüm poliamit lifleri için kullanılan genel bir ad olarak kullanılmaktadır. Naylonun ticari üretimini daha sonra akrilik elyaf, poliester ve polipropilen üretimleri takip etmiştir.

Yapay elyaf ve iplik kullanım yerlerine göre iki ana grupta toplanabilmektedir. Bunlar;

- Tekstil sektörüne yönelik elyaf
- Endüstriyel elyaf'dır.

Ülkemizde endüstriyel elyaf ve iplik üretimi yapan tek kuruluş KORDSA Global endüstriyel iplik ve kord bezi fabrikasıdır. Kordsa, 1973 yılında Sabancı Holding tarafından kord bezi üretmek amacıyla kurulmuştur. Günümüzde ise Kordsa Global, naylon ve poliester endüstriyel iplik üretiminin yanında daha pek çok endüstriyel ürün üretmektedir. Başta araç lastiği olmak üzere, endüstriyel lastik destek malzemelerin uygulamalarında kullanılan her türlü kord bezi ve tek kord ürünlerin üretimi bunlardan bazılarıdır.

Bilindiği gibi elyaf üreticileri, lastik üreticilerine yeni destek malzemesi sağlamak ve çok geniş bir aralıkta değişen kord özellikleri önermek için yeni elyaf geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir.

Yüksek dayanım ve mükemmel yorulma direncine sahip olması nedeniyle naylon kamyon ve uçak lastiklerinde ve kritik lastik uygulamalarında genel olarak tercih edilmektedir. Bunun yanında bazı araç lastiklerinin gövdelerinde ve yüksek hız serisi radyal lastiklerin en üst katında kullanılmaktadır.

Poliester yüksek özdayanım (modulus) ve boyutsal kararlılığı ile çoğunlukla radyal binek ve radyal kamyon-otobüs lastiklerinin gövdelerinde kullanılmaktadır. Çelik kord ise genellikle tam çelik kamyon otobüs lastiklerinde hem kuşak, hemde gövde (karkas) kordudur. Aramit yüksek dayanım, özdayanım, boyutsal kararlılık, dokuma işlenebilirliği sağlarken, yüksek maliyeti nedeniyle lastik destek malzemesi olarak kullanıldığında çoğunlukla tek başına tercih edilmemektedir. Ancak, kullanılan tüm lastik kord malzemelerinin bazı üstünlüklerinin yanında eksikliklerinin de olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada, tekstil kordların var olan eksikliklerinin üstesinden gelmek ve yeni özelliklere sahip bir kord önerilmesi amacıyla, melez (hybrid) kord üretimi incelenmiştir. Elde edilen melez kordların mekanik ve ısıl özellikleri çeşitli testlerle ölçülerek incelenmiştir.

Melez kord üretim sürecini etkileyen etkenler ve bu etkenlerin düzeyleri belirlenerek yapılması gereken üretim sayısı belirlemiş ve üretim sayısını azaltmak için Taguchi Deneysel Tasarım yöntemi kullanılmıştır.

Bölüm 2’ de liflerin sınıflandırılması ve lif üretim yöntemleri hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Bölüm 3’ de, kord bezi üretim süreci açıklanmıştır. Bölüm 4’de melez kord üretimi ile ilgili şu ana kadar yapılmış olan çalışmalara değinilmiştir.

Bölüm 5’ de ise Taguchi yöntemi tüm yönleriyle incelenmiş ve yöntemin uygulanması ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bölüm 6’ da, deneysel çalışma, Taguchi yönteminin deneylerde uygulanma şekli, deneylerde kullanılan malzemeler ve cihazlarla ilgili bilgiler verilerek yapılan testlerden söz edilmiştir.

Bölüm 7’ de, deney verilerinin çözümlemeleri yapılarak, elde edilen sonuç tabloları ve grafikler verilmiştir. Bölüm 8’ de ise, deneyler sonucu elde edilen veriler değerlendirilip, sonuçlar yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2. LİFLER

Elyaf sözcüğü lif sözcüğünün çoğulu olup, gerilebilme, bükülebilme, birbiri üzerine yapışabilme yeteneğine sahip ve boyu enine göre çok uzun olan renkli veya renksiz malzemeler için kullanılır (Başer, 1992).

Lifler ise en genel anlamda esnek, makroskobik olarak tekdüze yapıda uzunluk/çap oranı çok büyük küçük kesitli malzemeler olarak tanımlanır. Bir maddenin lif olarak kabul edilebilmesi için uzunluk/çap oranının en az 100 olması gerektiği birçok kaynakta varsayılır. Fakat uzunluk/çap oranı için verilen bu sayı kesin olmamakla birlikte uzunluk/ çap oranının çok büyük olması gerekliliği vurgulanmalıdır (Saçak, 2002).

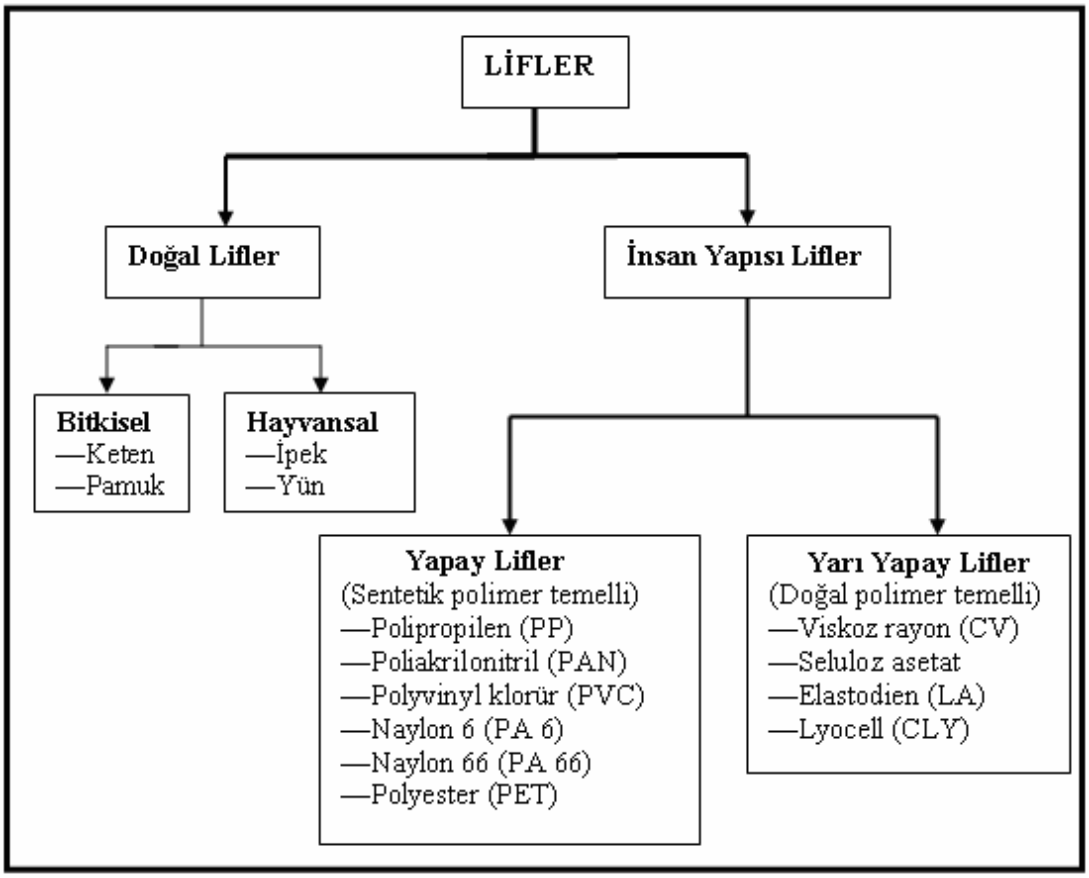
Lifler hangi kaynaktan elde edilirlerse edilsinler genel olarak bir polimer ürünüdür. Metalik lifler gibi polimerik yapıda olmayan lifler olsa da, bunların kullanım alanları oldukça sınırlıdır.

Bir lifin esas ayırıcı özelliği, eninden daha çok boyuna belirgin bir şekilde yönlenmiş ve eşyönsüz (anizotropik) bir polimer olmasıdır. Bu nedenle lif oluşturabilmek için gerekli en önemli koşul olan çekilebilme yeteneği ve çekildiği zaman lif eksenine doğru yönlenme, kuvvet ortadan kalktıktan sonrada eski haline gelebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Bir polimerin simetrik bir zincir yapısına sahip olması, yüksek bir kristallenme derecesini sağlayacak kadar dallanmamış olması, yüksek bir içyapışkanlık (kohezyon) enerjisine ve tam olarak uzadığı zaman 100 nm'lik bir ortalama uzunluğa sahip olması anlamına gelir (Basan, 2001)

Lifler basit olarak elde edildikleri malzemelere göre doğal lifler ve insan yapısı (kimyasal) lifler olmak üzere iki gruba ayrılabilirler. Doğal lifler kendi içinde bitkisel ve hayvansal lifler olarak ayrılırken, insan yapısı lifler de yapay ve yarı yapay olmak

üzere sınıflandırılırlar (Bohnet ve diğ., 2003). Bu sınıflandırma Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

Doğal lif kaynakları bitkiler, hayvanlar ve mineraller olarak sıralanırken, insan-yapısı liflerin kaynakları, yapay bir polimer, ya da doğal bir polimer olabilir. Doğal yollardan elde edilen bir lif uygun işlemlerden geçirilerek insan yapısı lif haline getirilirse, yarı yapay lif olarak adlandırılır.



Şekil 2.1: Elde edildikleri malzemeler göre liflerin sınıflandırılması

2.1 Liflerin Tarihçesi

Bilindiği gibi doğal elyaf, binlerce yıldır insanlar tarafından kullanılmaktadır. Elyafın kullanımı ilk uygarlıklarda yün, ipek, pamuk gibi doğal polimerlerle kısıtlı kalırken, yapay elyafın 19. yüzyılın sonlarından itibaren insan hayatına girmesi ile elyaf kullanımı çeşitlilik kazanarak artmıştır (Uzpeder, 2003).

Chardonnet olarak bilinen ilk yarı yapay elyaf 1884'de üretilmiş ve selüloz nitratın yeniden işlenmesi (rejenerasyonu) ile elde edilmiştir. Elde edilen ürün kimyasal işlem görmüş selülozik elyaftır. Bu selülozik elyafa genel olarak "Rayon" adı da verilmektedir (Saçak, 2002).

1927'de H. Staudinger selüloza model olarak polioksimetilen kullanmıştır ve burada lif oluşturan polimerlerin doğrusal polimerik moleküller olduğunu göstermiştir (Bohnet ve diğ., 2003).

Yapay polimerlerden yararlanılarak üretilen ilk insan-yapısı lif ise Naylon 6.6'dır. Dr.W.H.Carothers ve çalışma grubunun, 1928-1937 yılları arasında, Du Pont kimya laboratuarlarında, kondenzasyon polimerizasyonu üzerine yaptıkları yoğun çalışmaların ürünüdür. Naylon 6.6 piyasaya 1938 yılında çıkarılmış ve ilk başarısı kadın çorapları için tekstil ipliği olarak kullanılması olmuştur (Baysal, 1994).

Poliamit yapısındaki naylon 6.6'nın başarısından sonra, diamin ve dikarboksilik asitlerden çok geniş bir aralıkta lif oluşturan polimerlerin sentezi günümüze kadar gelmiştir. Ticari gelişim açısından ilk tercih edilen aday 1,5 diaminopentan ve sebacic asitten yapılan naylon 5.10 olmuştur (Mclntyre, 2005).

1938'de P.Schlack tarafından kaprolaktamdan Naylon 6 sentezlemiştir. Daha sonra Carothers ve çalışma arkadaşları tarafından hekzadekametilen dikarboksilik asit ve trimetilen glikolden oluşturulmuş eriyik poliesterden ilk kez poliester lifi çekilmiştir. Ancak çekilen lifler düşük erime sıcaklığı ve zayıf su direnci göstermiştir. Sonradan birçok diğer poliesterler sentezlenmiş ve çalışılmıştır. Bunlardan, poli(etilen teraftalat) (PET) ve poli(bütilenteraftalat) (PBT) ticari olarak elli yıldan daha fazla süredir üretilmektedir (Pang, 2006).

Daha sonra J.R. Wriinfield ve I.T Dickson'un birlikte çalışması 1941'de yüksek erime noktasına sahip (265 ^{0}C) PET liflerinin gelişimine katkı sağlamıştır. Poli(etilen teraftalat) sentezi üzerine ilk patent başvurusu 1971'de Brit. Pat. 578079 numarasıyla İngiltere'de yapılmış ancak bu patent 1946 yılında yayınlanmıştır (Perepelkin, 2001).

1950’lerde akrilik liflerinin üretimine başlanırken, 1954’de propilenin stereospesifik polimerizasyonun keşfi ile lif endüstrisi poliolefinlerle tanışmıştır (Bohnet ve diğ., 2003). Günümüzde ise yarı yapay ve yapay lifler çeşitli firmalar tarafından çeşitli ticari isimlerle üretilmektedirler. Örneğin poliester ABD’de Dacron® ticari adı ile üretilirken, İngiltere’de Terylen® ticari adıyla üretilmektedir (Perepelkin, 2001).

Ülkemizde doğal elyaf ve ipliklerin üretiminin yanı sıra 1940'lı yıllardan beri devlete ait kuruluşlarca selülozik elyaf (viskoz) üretimi yapılmaktadır. Yapay elyaf üretimine ilk kez 1964 yılında başlanmıştır. Üretim çeşitleri içinde önceleri poliamit elyafın payı fazla iken daha sonraları akrilik ve poliester elyafın payı artmış, poliamit elyafın payı azalmıştır. Türk yapay iplik sektörü 1997 yılından itibaren yeni bir geçiş ve dönüşüm sürecine girmiştir. Bu sürecin en belirgin özelliği dünyadaki en son teknolojik gelişmeleri takip ederek, kapasite ve çeşitlilik açısından en üst seviyeyi yakalamasıdır (Yılmaz, 2001).

2.2 Liflerin Özellikleri

Bir tekstil lifinin ticari değeri sahip olduğu özelliklere oldukça bağlıdır. Erime ve çözünme yeteneği olan çoğu polimer çekilerek lif haline getirilebilse de yüksek kopma dayanımı, bükülebilme ve aşınma dayanımı gibi özelliklere sahip değilse ticari olarak bir anlam taşımayabilir. Bir lifin sahip olması gereken en önemli özellikler fiziko-mekanik, kimyasal ve geometrik özellikler olarak sıralanabilir (Basan, 2001). Bu özellikler Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Genel anlamda liflerin uzunluk, kesit, kıvrım, yüzey özellikleri ve uzunluğun kesite oranı gibi önemli özellikleri vardır. Uzunluk bakımından tekstil lifleri ikiye ayrılır. Bunlar (Yılmaz, 2001);

- Sürekli Lif (Continuous fiber): Her bir lifin uzunluğu hemen hemen sonsuzdur. Doğal ipek ve tüm yapay lifler bu gruba girer. Doğal ipekte kozadan elde edilen lifin boyu 3000 m ye kadar çıkar. Yapay liflerde ise uzunluk üretime bağlı olarak değişir.

- Kesikli Lif (Staple fiber): Bunlarda her bir lifin boyu cm boyutundadır. Bu tip liflere örnek olarak pamuk ve yünü verebiliriz. Kesikli lifler yapay liflerin bükülmeden önce 3–15 cm uzunlukta kesilmeleri ile de elde edilebilir.

Tablo 2.1: Önemli lif özellikleri (Schmidt and Marlies, 1948)

Geometrik Özellikler	**Fiziksel ve Mekanik Özellikler**	**Kimyasal Özellikler**
1-Uzunluk 2-Kesit 3-Büküm (sıklık, biçim) 4-Yüzey özellikleri	1-Renk 2-Parlaklık 3-Kırılma indisi 4-Özgül ısı 5-İletkenlik (ısıl, elektriksel) 6-Isıl (erime noktası, camsı geçiş sıcaklığı) 7-Yoğunluk 8-Mekanik Özellikler (kuvvet dayanımı, uzama, sıkılık, tokluk, esneklik)	1-Neme karşı davranış (nem kazanımı, şişme, kuruma) 2-Organik Çözücülere Karşı Davranışı 3-Isıl Direnci 4-Atmosferik Bileşenlere Direnci (ozona, oksijene vb.) 5-Kimyasallara karşı direnci (asitlere, alkalilere, boyalara)

Liflerle ilgili önemli bir fiziksel özellik de lifin birim uzunluğunun kütlesidir. Böyle bir ölçüm lifin "doğrusal yoğunluğunu" verir. Seçilen uzunluk değerine bağlı olarak da farklı doğrusal yoğunluk birimleri kullanılır. Genel olarak kullanılan doğrusal yoğunluk birimleri denye, dtex ve tex'dir.

- Denye: 9000 m lifin gram cinsinden ağırlığı,
- dTex: 10 000 m lifin gram cinsinden ağırlığı,
- Tex: 1000 m lifin gram cinsinden ağırlığıdır.

Doğrusal yoğunluk belli uzunluktaki lifin tartılması ile belirlenebilir. Bu yöntem sürekli liflerde kolaylıkla uygulanırken, kesikli liflerde lif uzunlukları farklılık göstereceğinden sorun yaratabilir. Bu durumda çok fazla veri alarak ortalama değer kullanmak gereklidir.

Lifler gerilme, aşınma, bükülme, kıvrılma, kesme gibi pek çok mekanik şekil değişimine (deformasyona) uğrarlar. Bu şekil değişimi ile ilgili mekanik özellikler

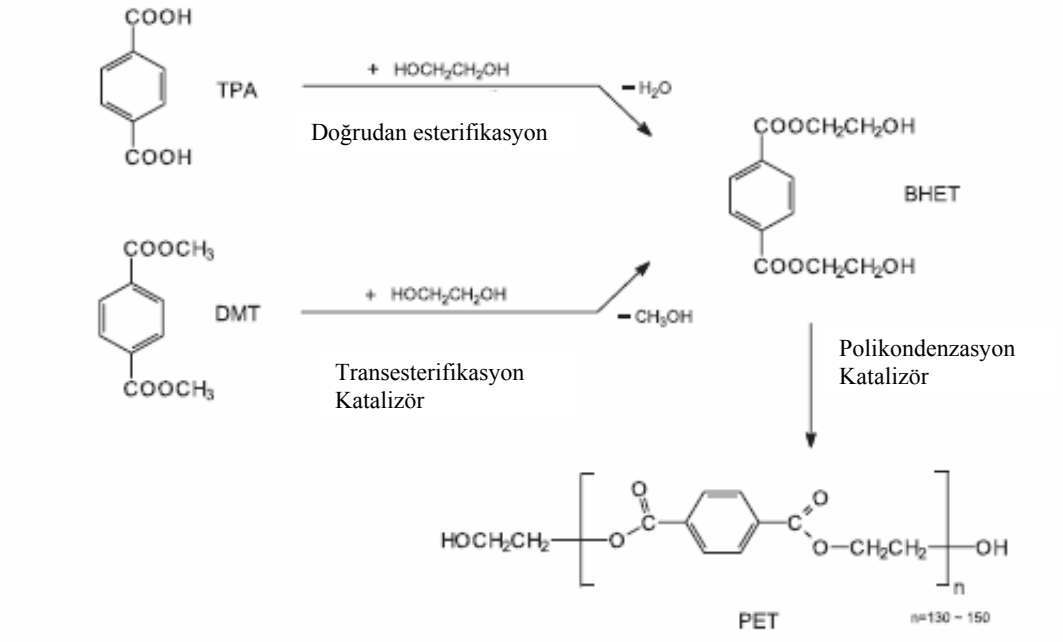
ise malzemenin kopma noktasında uygulanan kuvvet yani kopma dayanımı, kopma noktasında verilen toplam enerji olarak tanımlanan sertlik, gerilim uzama eğrisinin doğrusal davrandığı başlangıç bölgesinin eğimi olan ilk özdayanım ve kalıcı akma miktarıdır (Basan 2001).

2.3 Lif Oluşumu

Bu bölümde tez çalışması içerisinde Ny/ PET melez lastik kordlarının özellikleri incelendiği için sadece 6.6 ve poliester lif oluşumlarına değinilmiştir.

Poliester**:** PET, etilen glikol ve teraftalik asit (terephthalic acid, TPA), ya da dimetil teraftalattan (dimethyl terephthalate, DMT) üretilir. Poliesterin, polimerizasyonu iki basamakta ilerler, bunlar esterleşme ve kondenzasyon basamaklarıdır. Şekil 2.2'de polimerizasyon basamakları ve Şekil 2.3'de üretim akış şeması gösterilmiştir.

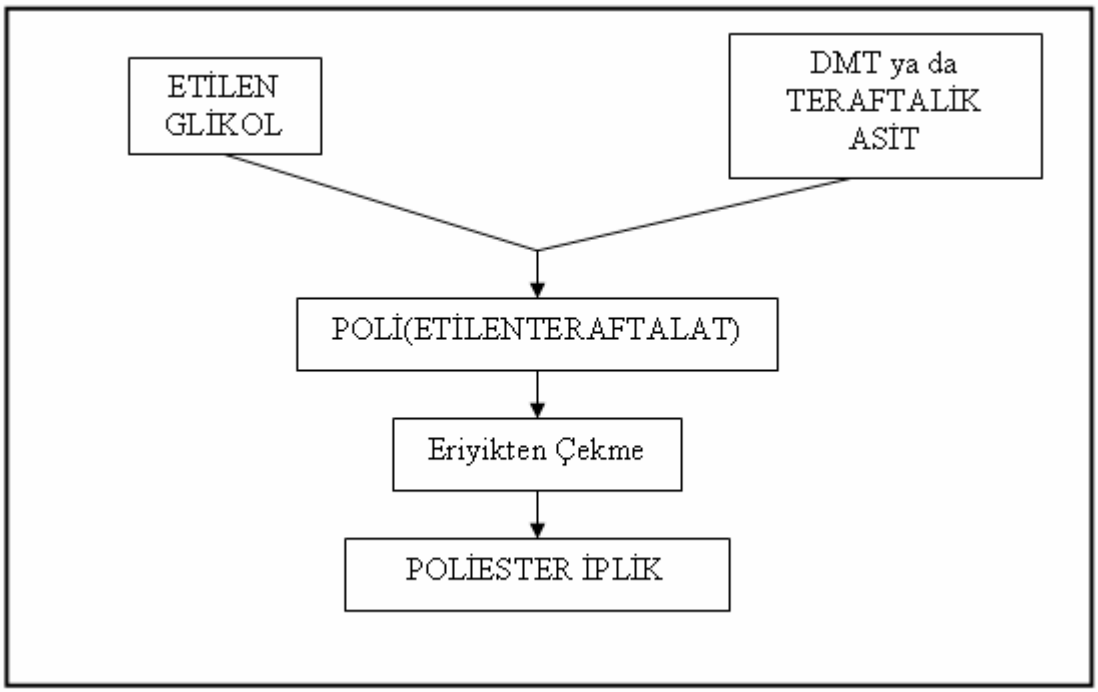
Polimerizasyon sırasında çoğunlukla, ısıl bozunmayı, hidrolizi, kristallenme ve dietilen glikol (diethylene glycol, DEG) oluşumunu içeren yan tepkimeler oluşur. Bu yan tepkimeler polimerin fiziksel özelliklerini etkiler (Pang, 2006).



Şekil 2.2: Poliester için polimerizasyon süreci (Pang, 2006).

Son zamanlarda poliester üretimi için, halkalı oligomer ve onların halka açılımı polimerizasyonu (ring-opening) oldukça ilgi çekmektedir. Halka açılımı polimerizasyonu geleneksel polimerizasyon yöntemlerine göre bazı üstünlüklere sahiptir. Halka açılımı polimerizasyonunda su, ya da metanol gibi yan ürünler açığa çıkmaz ve tepkime atmosferik basınçta daha düşük sıcaklıklarda ilerler (Pang, 2006).

Poliesterin diğer bir üretim şekli eriyikten çekmedir ve bu süreç naylonun üretim sürecine benzer. Sürekli elyaf olarak çekilir. Ana zincirindeki aromatik halkaların sağladığı üstünlükler nedeniyle, 1962 yılından beri lastik yapımında kullanılmaktadır (Kovac, 1978).



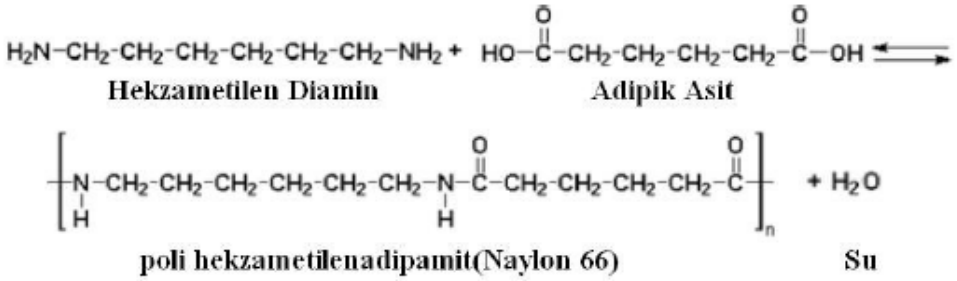
Şekil 2.3: Poliester üretimi (Kovac, 1978).

Poliester elyaf yapısında kristalin ve (kristalin olmayan) amorf bölgeler içerir. Kristallenme derecesi ve moleküler yönlenme, lifin kısalma ve mekanik özellikleri için oldukça önemlidir. Kristallenme derecesi ve moleküler yönlenme X-ışını kırınımı (X-Ray diffraction) teknikleri ile tespit edilebilir. Poliesterin önemli özellikleri hava koşullarına ve güneş ışığına yüksek dayanım göstermesi, yüksek erime sıcaklığı (265 ^{0}C) ve orta mekanik özellikleridir (Matar, 2000).

Naylon: Naylon yapay, termoplastik, sürekli organik bir liftir. Ticari lastiklerde 1947'den beri kullanılmaktadır. Yüzlerce çeşit naylon polimer türü olmasına rağmen, yalnızca naylon 6.6 ve naylon 6 ticari olarak lastik üretiminde kullanılmaktadır. Bu iki naylon çeşidi de aynı ampirik formüle, $(C_6H_{11}ON)_n$ sahiptir. Naylon 6.6 adipik asit ve hekzametililen diaminden gelen, altı karbonlu iki tekrarlayan birimden oluşurken, Naylon 6 kaprolaktam'dan gelen tek altı karbonlu tekrarlayan birimden oluşmaktadır (Kovac, 1978).

Naylon 6.6 üretimde ana hammaddeler altı karbonlu zayıf bir asit olan adipik asit ve yine altı karbonlu kuvvetli bir baz olan hekzametilen daimindir. Su ile seyreltilmiş haldeki hekzametilen diamin ile toz halindeki adipik asit, dengeyi sağlamak amacıyla molekül oranı 1:1 olacak şekilde bir tepkime kabı içerisinde karıştırılmak sureti ile asit baz nötralizasyonuna sokulur ve tuz haline dönüştürülür (Bekircan, 2006).

Oluşan ürün Hekzametilen diamonyum adipat (naylon tuzu) tuzudur. Bu seyreltik tuz çözeltisi uygun bir molekül zinciri uzunluğu elde etmek için derişikleştirilir ve yaklaşık %50-60'lık tuz çözeltisi elde edilir. Elde edilen çözeltinin sıcaklığı polimerizasyon sıcaklığına kadar (yaklaşık 270-300 ^{0}C) ve basınç yaklaşık 16 atmosfere çıkarılır, böylece polimerizasyon başlar (Matar, 2000).



Şekil 2.4: Naylon 6.6'nın oluşum tepkimesi

Bir polikondenzasyon tepkimesi olan naylon 6.6 üretimi, sistemden suyu ayrıştırma ve uzaklaştırma işlemleri üzerine kurulmuştur. Endüstriyel iplik üretimi için gerekli yüksek molekül ağırlığına basınç düşürücü, ayrıştırıcı ve sonlandırıcı gibi ekipmanlarla ulaşılmaktadır. Sonlandırıcıya %99'luk bir polimer derişimi ile gelinir

ve elde edilen polimer iplik çekme sürecine gönderilir. Daha sonra sarma makinelerinde bobinlere iplik olarak sarılır (Bekircan, 2006).

2.4 Yapay Liflerin Üretim Yöntemleri

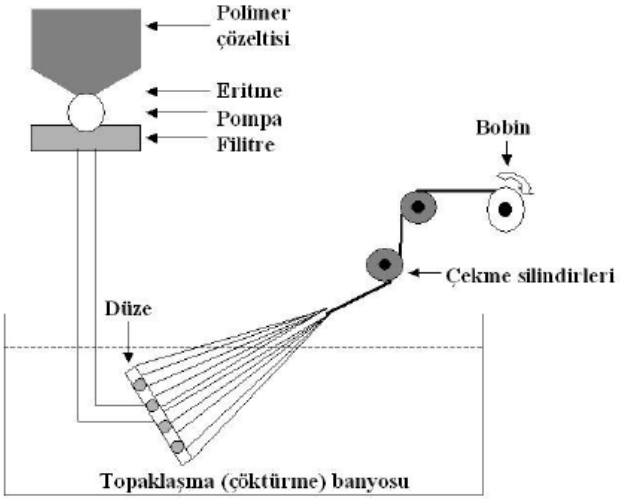
Elyaf üretimi, polimerin düze (spinneret) adı verilen küçük delikli yapılardan basılması ve bu polimerin çekilerek uzatılması seklinde gerçekleştirilmektedir. Lif verebilecek bir maddenin uygun işlemlerden geçirilerek lif geometrisine uygun şekillendirilmesine elyaf çekme (spinning) denir.

Yapay liflerin elde edilmesindeki yöntem ipek böceğinin ipek liflerini üretmesine benzemektedir. İpek böceğindeki gibi sıvı polimerik madde ince bir delikten, katı hale gelebileceği bir ortama verilir. Lif üretimi için aşağıdaki üç koşul sağlanmalıdır (Başer, 1992);

- Kullanılan polimer sıvı halde olmalıdır,
- Sıvı polimer ince deliklerden sabit basınç altında püskürtülmelidir,
- Deliklerden çıkan polimerin elyaf halinde katılaşacağı bir ortam olmalıdır,

Bu koşullar sağlanarak yapay elyaf; eriyik, kuru ve ıslak olmak üzere temel olarak üç farklı şekilde üretilmektedir. Isıl kararlığı düşük olan ve erime noktası civarında bozunan polimerlere uygulanan çekme yöntemleri çözeltiden elyaf çekme olarak adlandırılır. Çözeltiden elyaf çekme işlemi kuru ve yaş olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır.

a)Yaş çekme yöntemi (wet spinning**):** Bu yöntemde polimerin uygun bir çözücü içindeki derişik çözeltisi hazırlanır. Bu çözelti bir topaklaşma (koagülasyon) banyosu içinde bulunana düze adı verilen bir başlığa sabit basınçta gönderilir. Düzeler elde edilecek elyaf çapı büyüklüğünde bir veya daha çok delik içeren başlıklardır.

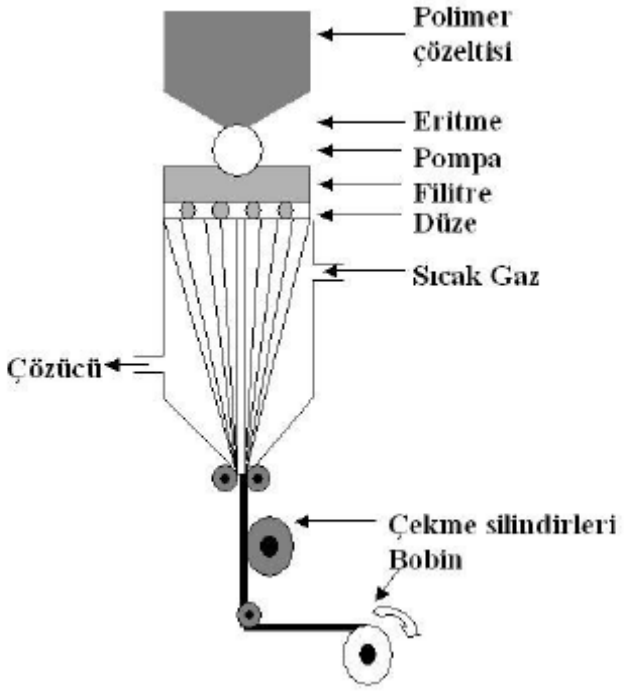


Şekil 2.5: Yaş elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002)

Topaklaşma banyosu polimerin çözücüsü ile karışabilen fakat polimer için çöktürücü olan bir sıvı (nonsolvent) içerir. Polimer çözücüsü düzenin ince deliklerinden lifler halinde çıktığında banyo içinde bu şekilde pıhtılaşarak çöker (Şekil 2.5). Çöktürme banyosundan alınan lifin üzerindeki polimer çözücüsü ya da banyodan kaynaklanan kirliliklerin uzaklaştırılması için liflerin ayrıca yıkanarak temizlenmesi gereklidir (Saçak, 2002).

b)Kuru çekme yöntemi (dry spinning): Bu yöntemde polimer uygun bir organik çözücüde çözülür. Hazırlanan çözelti doğrudan düzelere gönderilir. Elde edilen lifler üzerindeki çözücü sıcak hava, gaz veya buhar akımıyla uzaklaştırılır. Poli(vinilklorür), akrilik, poli(vinilalkol) türü polimerler bu yöntemle elyaf haline dönüştürülür. Kuru çekme yöntemini gösteren akım şeması Şekil 2,6'de verilmiştir.

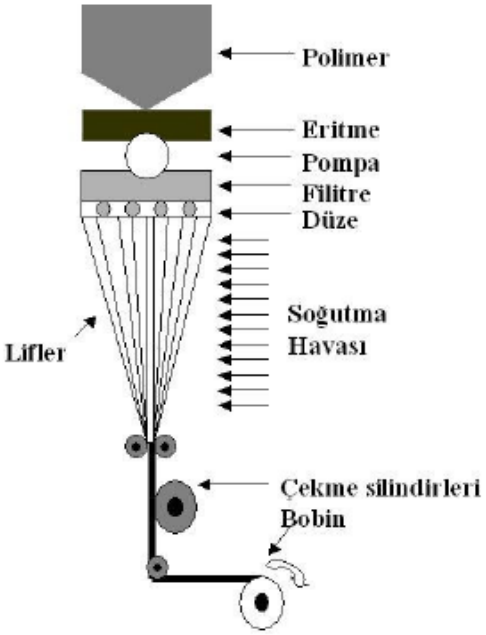
Bu yöntemde polimer çözeltisi hazırlamak için kullanılacak çözücü kolay uçucu yani kaynama noktası düşük bir madde olması gereklidir. Çözücünün çözme gücü, geri kazanımı, buharlaşma ısısı, zararlı olup olmadığı önem taşımaktadır. Bu yöntemde çözücü buharlaştırılarak liflerden uzaklaştırıldığı için kütle ve ısı aktarım olayları birlikte yürümektedir ve kütle aktarımı tek yönlüdür (Saçak, 2002; Başer, 1992).



Şekil 2.6: Kuru elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002)

c)Eriyikten çekme yöntemi (melt spining): Uygulanabilirliği en kolay lif çekme yöntemidir. Herhangi bir çözücüde çözünmeyen, yapısal bozunmaya uğramadan eritilebilen polimerler eriyikten çekme yöntemi ile çekilirler. Bu yöntemde granül, ya da cips halindeki polimer, erime noktasının üzerindeki sıcaklığa ısıtılarak eritilip sıvı hale getirilir. Erimiş polimer bir pompa aracılığıyla sabit basınç altında düze başlıklarından, içinden soğuk hava akımı geçen odalara püskürtülür. Eriyik haldeki polimer soğuk hava yardımıyla lif halinde katılaşır. Bazı durumlarda da erimiş polimerin oksijen ile temasını önlemek için CO_2, ya da N_2 atmosferlerinde eriyikten çekme uygulanır (Saçak, 2002).

Bozunmadan eriyebilen polimer için geliştirilen bu yöntem ilk olarak naylon'da kullanılmış daha sonra da poliester, polietilen, poli(etilen teraftalat), polipropilen gibi birçok polimer için kullanılmıştır (Bekircan, 2006).



Şekil 2.7: Eriyikten elyaf çekme yöntemi (Saçak, 2002)

Bu üç yöntemden biri ile elde edilmiş lifler, taşıdığı özellikler bakımından henüz kullanılmaya hazır değildir. Polimerin sıvı halden katı hale ani olarak geçmesi molekül zincirlerinin karmaşık olarak sıralanmasına neden olur. Liflerin içinde amorf ve kristalin bölgelerin birlikte olmaları bazı özellikler için gereklidir. Lifin yapısındaki kristalin bölgeleri arttırmak amacıyla germe- çekme işlemleri uygulanır.

Germe-çekme işlemlerinde lifler boylarının üç ile on kat arasında uzatılır. Bu işlem lifleri hızları farklı iki silindir arasından geçirmek sureti ile yapılır. Lifler her iki silindire kaymayı önlemek için bir kaç kez sarılır. Liflerin ilk sarıldığı silindirin hızı ikinci silindirden daha küçük olmalıdır. İkinci silindirin hızı birinciden ne kadar fazla ise uzama o oranda daha fazla olur (Başer, 1992).

BÖLÜM 3.KORD BEZİ

Lastik, ana bileşeni kauçuk olan ve yardımcı kimyasallardan hazırlanmış karışım içerisinde destek malzemelerinin belirlenmiş pozisyonlarda yer aldığı karma (kompozit) bir sistemdir. Lastik üretiminde kullanılan başlıca destek malzemeleri, tekstil kordlar, çelik kordlar ve çelik tellerdir. Kord bezleri, havalı lastiklerde destek amacıyla kullanılan temel tekstil malzemelerdir (Bhakuni, 1978).

Kord bezi, birbirine paralel yapay iplik çözgülerden ve çözgüleri birbirine bağlayan seyrek atkılardan oluşan bir bezdir. Kord bezinde çözgü olarak kord ipliği, atkı olarak da pamuk ipliği gibi zayıf iplikler kullanılmaktadır. Genel olarak kauçuk esaslı malzemeleri desteklemek, dayanım kazandırmak amacıyla araç lastikleri üretiminde kullanılır. Araç lastiklerinde yükü taşıyan eleman kord bezidir. Ayrıca kord bezinin lastiğin kullanım sırasında lastiğin boyutsal özelliklerini koruma işlevi de vardır (Ayyıldız, 2003).

Kord bezinde kullanılan yapay iplikler yüksek dayanımda olup, lastikteki kullanım yerine ve lastik tipine göre değişmektedir. Genel olarak naylon 6 ve naylon 6.6, rayon, poliester ve aramit iplik tipleri kullanılmaktadır. Farklı iplik tipleri farklı mekanik özelliklere sahiptir. Kullanılan bu iplikler sürekli iplik niteliğinde olup iplik doğrusal yoğunluğu 700 ile 3300 dtex aralığında değişmektedir.

En iyi lastik dayanımı için lastik destek malzemesinden beklenen özellikler yüksek yorulma dayanımı, düşük ısı üretimi, dayanım, özdayanım, boyutsal kararlılık ve lastik karışımına yapışmadır (Bhakuni, 1978, Naskar, 2003). Ancak destek malzemesinden beklenen özellikler lastikteki kullanım yerine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, lastiğin gövde bölgesinde kullanılan destek malzemesinden iyi bir yorulma davranışı beklenirken, kuşak bölgesi için bu özellik beklenmez (Koral ve Hockenberger, 2003).

3.1 Kord Bezi Yapımında Kullanılan Lifler ve Özellikleri

Otomotiv lastiklerinde genellikle tekstil malzemesi olarak naylon, poliester, rayon, çelik, cam lifi aramit kullanılmaktadır. Lastik destek malzemesi olarak kullanılan bu liflerin evriminin pamuktan aramite kadar sıralaması aşağıda verilmiştir (Barron, 1987).

Pamuk → Rayon → Naylon → Poliester→Cam →Çelik→Aramit

Rayon lastik karışımları için güçlendirme amaçlı kullanılan en eski malzemelerden biridir. Önceleri tekstilde kullanılırken, daha sonra teknik uygulamalarda da kullanılmıştır. Yirminci yüzyılın ilk yarısında yapay liflerin geliştirilmesinden sonra, rayon üretiminde azalma gözlenmiştir. Poliester, naylonla karşılaştırıldığında yüksek boyutsal kararlılığı ve uygun dayanıklılık/fiyat oranı göze çarpmaktadır. Batı Avrupa pazarlarının tersine, Amerika'da tüm radyal lastiklerin gövdeleri PET'den yapılmaktadır. Bunun bir sebebi de Amerika'nın Avrupa'dan daha sonra radyal lastiklerle tanışmış olmasıdır.

Naylon ve poliesterin, rayon üzerinde bazı üstünlükleri vardır ki bunların başında yüksek kopma dayanımı gelmektedir. Bir de bu ipliklerin özellikleri nemden daha az etkilenmektedir. Naylon 6.6'nın suyu soğurması %5,8 ve PET'inki %1,5 düzeyindeyken, Rayon, ise 20 ^{0}C ve %65 bağıl nemde kendi ağırlığının %13'ü kadar su soğurabilmektedir. Bu su üretim veya pişme sırasında lastiklenmiş bezlerde kusurlara neden olmaktadır. Ancak kuru ve dikkatli dokunan rayonun özellikleri diğer malzemelerle karşılaştırılabilmektedir (Norausen, 2002).

Naylon ve poliesterin bu üstünlükleri düşük fiyatlarıyla birleşince, rayonun hala pazarda olması hayret vericidir. Bunun sebebi naylon ve poliester gibi ipliklerin üstünlüklerinin yanında, bazı eksikliklere sahip olmalarıdır. Bu temel eksikliklerden biride, yine üretim/vulkanizasyon sırasında görülen yüksek sıcak hava kısalmasıdır (hot air shrinkage). Rayon ise sıcak havada neredeyse hiç kısalma yapmamaktadır (Norausen, 2002).

.

Naylon 6 ve naylon 6.6 lifleri yüksek dayanım, lastik karışımına mükemmel yapışma ve yüksek yorulma dayanımı gösterirler, ancak bu liflerin yerle temas eden yüzeylerinin düzleşmesi (flat-spotting) olayına dayanımları düşüktür. Günümüzde uygulanan ısıl işlemler naylon kordlar için neredeyse bu sorunu ortadan kaldırmaktadır (Koral, 2003).

Naylon 6 liflerinin ısıl işlemi naylon 6.6'ya göre daha fazla dikkat gerektiren bir süreçtir. Kullanılan kurutma sıcaklığının 175 ^{0}C'nin üzerine çıkmadan nem düzeyinin %3'ün altında tutulması gereklidir. Bez sıcak fırınlara girdiğinde nem düzeyi %3'ün üstünde ise (sıcak fırınlarda sıcaklık 200-210 ^{0}C) şiddetli dayanım kaybı gerçekleşir. Eğer kurutma fırınında sıcaklık 175 ^{0}C'yi geçerse, benzer dayanım kaybı burada da gerçekleşir (Beringer, 1988)

Naylon lifleri kamyon lastiklerinde, uçak lastiklerinde ve bazı özel lastik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bazı radyal lastiklerin gövdesinde kullanılırken, bazı yüksek hız serisi oto lastiklerinin kuşaklarında da (cap ply) kullanılabilmektedir (Baron, 1987).

Poliester lifleri yüksek özdayanım, yüksek özgül kopma dayanımı(tenacity) ve düşük kısalma özelliği ile araba lastikleri ve hortumlar gibi endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca lastik yapımı sırasında mükemmel boyutsal kararlık sağlamaktadır. Naylondan daha az yüzey düzleşmesi sorunu yaratmaktadır. Ancak poliester yüksek sıcaklık bölgesinde daha yüksek ısı oluşumu (hysteresis) kaybı gösterir ve böylece dinamik koşullar altında daha fazla ısı üretir. Ayrıca naylona göre daha zayıf bir yorulma direnci ve iyi bir yapışma için iki basamaklı bir işleme süreci gerektirir (Naskar, 2004; Koral, 2003; Hockenberger, 2004).

Poli(etilen naftalat), PEN endüstride yaygın olarak kullanılan, PET'in yerini alabilecek yeni nesil bir poliesterdir. PEN'in mekanik özellikleri PET'e göre % 30-50; gaz geçirgenlik özellikleri ise % 200-300 oranında daha fazladır (Yeşil, 2006). Yüksek başarımı, yüksek camsılaşma sıcaklığı ve polimer zincirinin diriliği nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak yüksek hammadde maliyeti nedeniyle günümüzde ticari önem kazanamamıştır (Koral, 2003).

Cam lifi destek malzemesi olarak, yüksek dayanımı, yüksek özdayanımı, korozyon direnci, yorulma direnci ve sertliği ile otomotiv sektörünün ve roket sanayinin ilgisini çekmektedir. Bu malzemenin üstünlüğünü darbe direncinin iyi olmaması azaltmaktadır. Cam lifinin darbe direncini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Park, 2001). Cam lifinden çapraz katlı kuşaklı lastiklerin üretiminde yararlanılmaktadır. Cam lifi çok gevrek bir malzemedir, ondan en iyi şekilde yararlanılması için her bir lifin lateks reçine karışımı ile kapsüllenmesi gerekmektedir. Ancak, radyal lastiklerin başarısı nedeniyle çapraz katlı kuşaklı lastikler önemini yitirmiş. Bu nedenle cam lifinin lastikte kullanımı azalmıştır (Koral, 2003).

Çelik kordlar pirinç kaplamalı yüksek karbonlu iyi çekilmiş çelikten yapılmaktadır. Çelik kord üretiminde en kritik süreç pirinç kaplama işlemidir. Çünkü çelik kord lastik yapısında kullanıldığında, onun kalitesini tespit eden basamaktır. Pirinç kaplama lastik ile çelik arasındaki bağlanmayı sağlar. Yeterli yüzey kutuplaşması (polaritesi) olmadığından lastik karışımının doğrudan çeliğe bağlanması olanaklı değildir (Crowther, 1996). Rayon ve çelik kordlar özellikle radyal otomobil lastiklerinin gövde ve kuşak katları için uygundur. Çelik kordla desteklenmiş lastikler yüksek patlama ve kesme dayanımı sağlamaktadır. Çelik kordlu yanaklar esnemeleri diğer malzemelere göre daha iyi emmektedir (Koral, 2003).

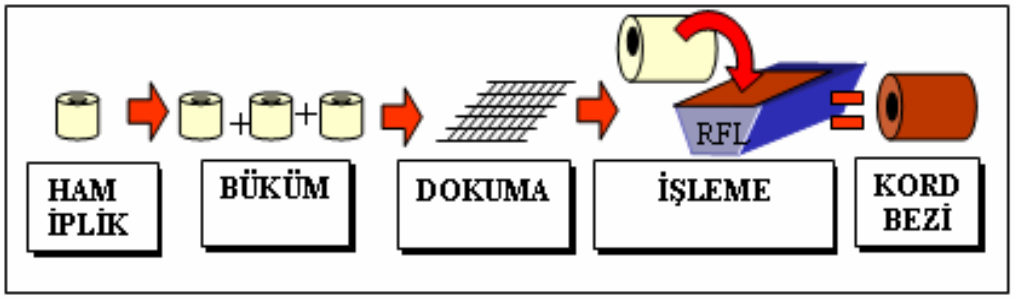
Son yıllarda (1985) sentezlenmiş olan önemli bir lif çeşidi de aramittir. Ana zincirlerinde alifatik grup bulundurmayan poliamitler aramitler olarak bilinir. Bir başka deyişle aromatik poliamitler olarak adlandırılırlar. Ticari adı Kevlar® olan, bir aramit türü olan polimer, Teraftaloil klorür ve p-fenilen daiminden üretilir. Isıl kararlılığı çok yüksek ve sert zincirlerden oluşan bir polimerdir. İyi zincir paketlenmesi nedeniyle yüksek derecede kristalindir. Yalnız birkaç çözücüde çözünür. Bunlardan birisi sülfürik asittir (Saçak, 2002; Mark, 1994).

Kevlar®, rayona göre yaklaşık üç kat dayanıma ve çeliğe yakın bir özdayanıma sahiptir. Öz kütlesi çelikten daha düşük olduğu için lastik üreticilerine daha hafif lastik üretme olanağı sağlar. Yüksek boyutsal kararlılığı, yorulma ve ısıl direnci ile yüksek hız lastiklerini desteklemek için ideal bir korddur. Yüksek maliyeti nedeniyle

sadece kevlardan üretilen kord bezi çok kullanılmamakta bunun yerine diğer liflerle karışımları kullanılmaktadır (Koral, 2003)

3.2 Kord Bezi Üretim Süreci

Kord bezi üretimi büküm, dokuma ve işleme (treatment-dipping) gibi süreçleri içerir. Bu süreçlerden geçen ürün ambalajlamaya gönderilir. Üretim süreci, yapay ipliklerin istenilen mekanik özelliklerin verilmesine yönelik kord şeklinde bükülmesi ile başlar. Büküm işlemini dokuma süreci izler. Dokunan bezler işleme (terbiye) ünitelerinde sıcak germe ve kimyasal uygulama işlemlerinden geçirilerek müşterinin istediği fiziko-mekanik özellikler kazandırılır ve mamul kord bezi elde edilir (Ayyıldız, 2003). Şekil 3.1'de kord bezi üretim süreci şematik olarak görülmektedir.



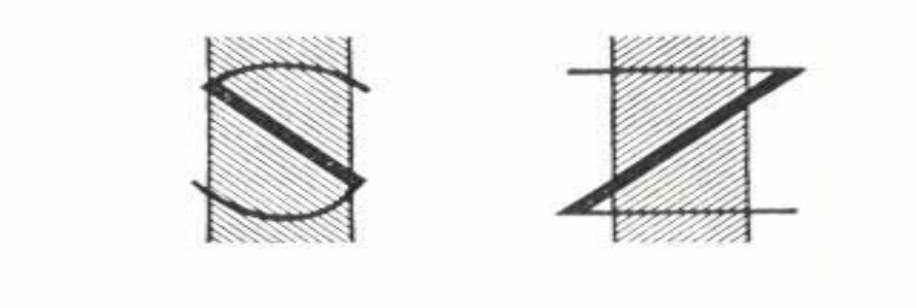
Şekil 3.1: Kord bezi üretim süreci

Mamul hale getirilen kord bezi lastikçiler tarafından lastik karışımı ile kaplanmakta ve lastik üretimi için uygun boyutlarda kesilerek lastik üretimine hazırlanmaktadır. Daha sonra üretilecek lastiğe göre değişik sayıda bir araya getirilerek lastik formu verilmekte ve lastik kalıplarında pişirilerek araç lastikleri elde edilmektedir.

Doktora tez çalışmasında farklı doğrusal yoğunluklarda naylon 6.6 ve poliester iplikler kullanılarak melez tek kord üretimi yapılmıştır. Tek kord üretimi kord bezi üretimi ile hemen hemen aynı süreçleri içermektedir. Tek kord üretim sürecinde dokuma dışında büküm ve işleme süreçleri yer almaktadır.

3.2.1 Büküm

Yapay iplikler lastikteki kullanım yerine ve amacına göre kordu oluşturmak için bir veya daha fazla kat bir araya getirilerek belirli bir büküm düzeyinde bükülürler. İplikler önce kendi üzerinde bükülür. Daha sonra iki, ya da üç kat bir araya getirilerek ters yönde bir arada bükülürler. Büküm ipliğe üretim sırasında yapılan döndürmenin (döngü) sayısını ve yönünü belirten terimdir. Büküm lifleri birbirine yaklaştırarak ipliğin daha sıkı hale gelmesini sağlar. Lifler birbirine daha sıkı tutunduklarından ipliğin dış etkenlere karşı dayanımı artar. Genel olarak büküm sayısı metre başına düşen döngü sayısı (tpm) olarak belirtilir. Bükme yönü sağa yapılan büküm 'S', sola yapılan ise 'Z' olarak adlandırılır (Moncrieff, 1975). Şekil 3.2'de büküm yönlerinin şekilleri verilmiştir.



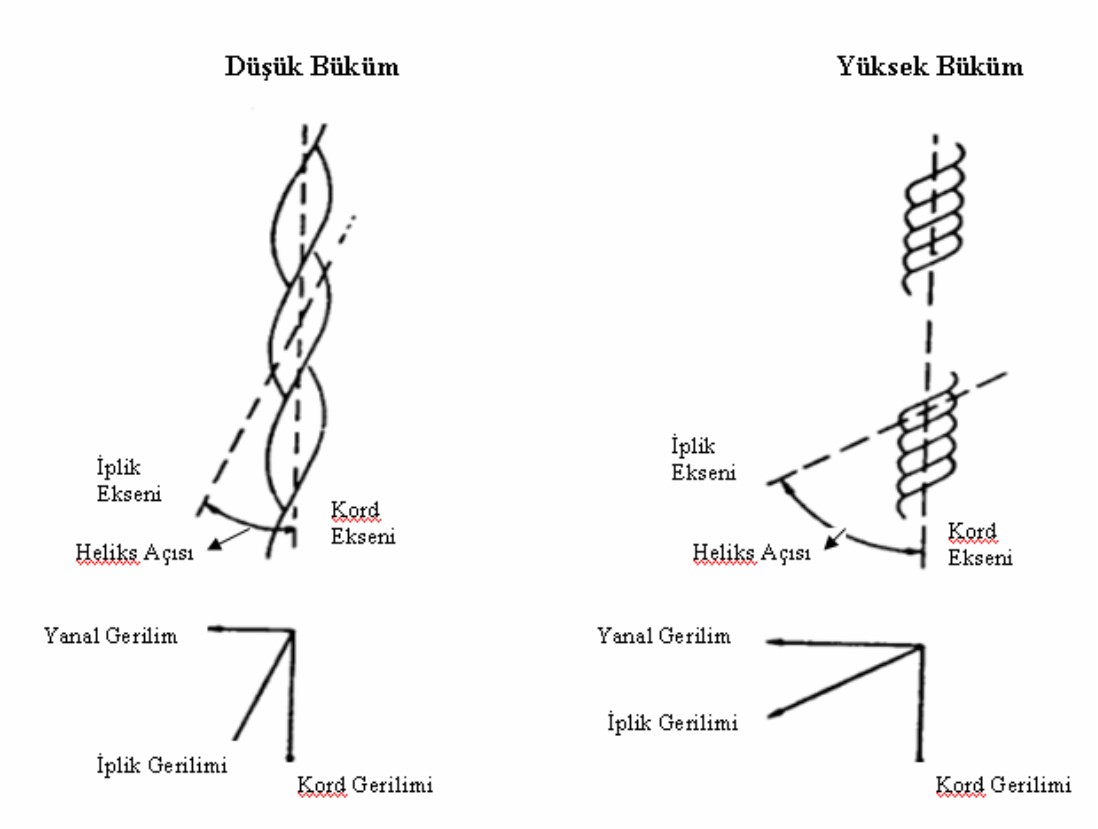
Şekil 3.2: Büküm yönü şekilleri

Bükümün amacı, korda belirli bir dayanım, uzama özelliği ve lastik içinde kullanımı sırasında belirli bir yorulma (fatigue) özelliği kazandırmaktır. Büküm işlemi sırasında ipliklere esneme kazandırılarak, üzerine yüklenen yükü belirli oranda dağıtma ve yük kalktığında ise ilk haline dönme özelliği kazandırılır (Ayyıldız, 2005).

Büküm işlemi ipliklere genel olarak belirli bir dayanım kazandırmak için yapılır ve her bir malzeme için enyüksek dayanım değerini veren enuygun bir büküm sayısı vardır. Kord üretiminde ise büküm yüksek yorulma ve mekanik dayanım için yapılır. Bu nedenle kord ipliklerinde bu enuygun noktadan sonra çalışılır (Koral ve Hockenberger, 2003).

İplikler büküldükleri zaman lifler daha uzun bir yol izlemektedirler. Bunun sonucunda bükülmemiş ipliğin uzunluğu bükümden dolayı kısalır. Bükümden dolayı kısalma ticari bakımdan önemlidir ve üretim esnasında hesaba katılmalıdır. Bükümden dolayı kısalmaya dikkat edilmediği takdirde sıksık kopmalar ve verim düşüklüğü yaşanabilir (Özdemir, 1996).

Büküm arttıkça kordun dayanımı önce artar, sonra azalmaya başlar. Bu durum kord üzerine etki eden gerilimlerin göz önüne alınması ile açıklanabilir. Büküm arttıkça kord ekseni ile lif ekseni arasındaki heliks açısı artar. Kord eksenine dik olan gerilimler lifler üzerinde daha büyük bir ayırıcı etki yapar. Büküm arttıkça, kord ekseni yönündeki kuvvet azalırken, iplik ekseni yönündeki kuvvet artar, bu da kopma dayanımının azalmasına neden olur (Mark ve diğ, 1994; Koral ve Hockenberger, 2003).



Şekil 3.3: Bükümün kord üzerindeki gerilimlere etkisi (Mark ve diğ., 1994)

3.2.2 Dokuma

Büküm işlemini dokuma süreci izler. Bükülen iplikler müşteri talebi doğrultusunda belirli atkı ve çözgü sıklıklarında dokunmaktadır. Dokumada atkı olarak zayıf pamuk ipliği kullanılmaktadır. Çözgüler lastikteki kullanım alanına göre belirli bir dayanım ve uzama değerini sağlayacak sıklıkta dokunmaktadır(Ayyıldız, 2005).

Ham kord bezinden beklenen temel özellikler;

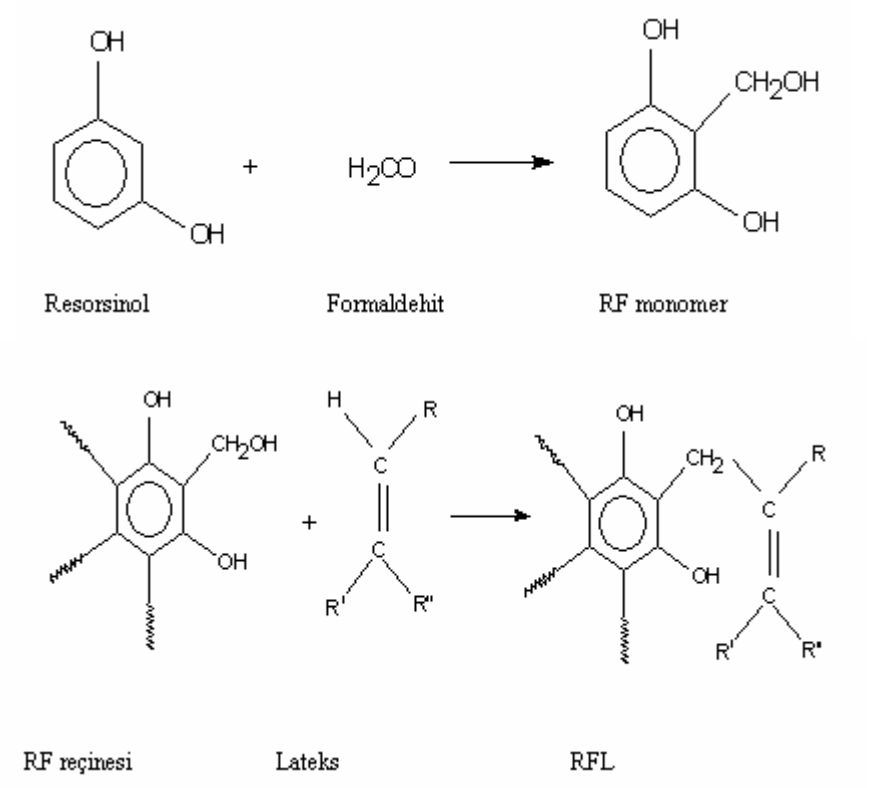
- Çözgü dağılımlarının ve yerlerinin homojen veya kararlı olması
- Çözgü dayanımlarının, kısalmalarının ve uzamalarının homojen olması
- Atkı şekillerinin kararlı olmasıdır (Gries ve diğ, 2000)

Dokunan bezler işleme ünitelerinde sıcak germe ve kimyasal banyodan geçirilerek müşterinin istediği fiziko-mekanik özellikler kazandırılır ve mamul kord bezi elde edilir (Ayyıldız, 2005).

3.2.3 İşleme (Treatment)

Ham kord ile lastik karışımı arasındaki yapışma her zaman zayıftır, çünkü lastik karışımı ve kord arasında özdayanım, uzama, kutuplaşma ve etkinlik gibi büyük farklılıklar vardır. Bu kord ile lastik karışımı arasındaki farklılıkların üstesinden gelmek için kordlar yapıştırıcı uygulanarak işlenirler (Wennekes, 2006). İşleme işlemi kord bezinin ısısal ve mekanik özelliklerini son üründe standartlaştırmak ve lastik karışımına yapışmasını sağlayacak yapıştırıcı kimyasalın yüklenmesinin yapıldığı en son ve en önemli aşamadır. (Kovac, 1978).

İşlemede istenilen boyutsal özellikleri sağlamak için değişik süreç koşulları uygulanır. Kord bezinin lastiğe yapışmasını sağlamak için genelde RFL (resorsinol, formaldehit lateks) olarak adlandırılan yapıştırıcı çözelti kullanılmaktadır. Şekil 3.4'de RFL'in Kimyasal formülü verilmiştir.



Şekil 3.4: RFL'in kimyasal formülü

RFL, 1935 yılından beri kord-lastik yapışmasını artırmak ve güçlendirmek için kullanılmaktadır. Halen, RF en iyi reçine, 2-vinilpridin-bütadien-stiren (15:70:15, w/w/w) lateksde en iyi lateks olma özelliğini korumaktadır. Bunların yerine daha iyileri henüz bulunamamıştır. Kordlar sıcak bir bölgede RFL çözeltisi ile ön-pişme işleminden geçirilmelidir. Düşük akmazlık ve iyi bir ıslatma özelliği bu sulu çözeltinin üstünlüğüdür. Pişme işleminden sonra RFL çözünmez bir forma dönüşmektedir. RFL içindeki lateks yapıştırıcıya istenilen esnekliği ve lastiğe yapışma etkinliği vermektedir. (Jamsidi 2005a, 2005b). Porter (1998), tarafından lateks özellikleri ve RFL çözeltisinin başarımı üzerine etkisi çeşitli yöntemlerle incelenmiştir.

Literatürde, genelde RFL üzerine yapılan çalışmalar işlenmiş kordun lastik karışımına yapışma sonuçlarının ve RFL çözeltisinin bileşimiyle ilişkisi üzerinedir. Yapılan bir çalışmada lastik kordları için yapıştırıcı olarak kullanılan RFL içindeki resorsinol ve formaldehitin tepkimesi ince-tabaka kromotografisi ile çalışılmıştır. İki farklı ardışık tepkime oluşmuştur. İlk saatte metilol resorsinol (methylol resorcinol) oluşmuş, daha sonra yüksek molekül ağırlıklı kondenzasyon ürünü oluşmuştur. Bu

tepkime viskozimetri, kalorimetri ve kriyoskopi yöntemleri ile de gerçekleştirilmiştir (Vangills, 1968). Diğer bir çalışmada ise RFL'in mekanik özellikleri incelenmiş ve mekanik özelliklerin kord lastik karması üzerine etkileri çalışılmıştır (Rijpkema 1994)

RFL bileşimi kullanılan iplik tipine veya lastik karışımı tipine göre farklılık göstermektedir (Ayyıldız, 2003). Rayon ve naylonun güçlü yüzey kutuplaşması sayesinde, fiziksel ve hatta kimyasal bağlanma RF reçinesi ve kord yüzeyi arasında meydana gelirken, PET için düşük yüzey etkinliği, aramit için yüzeydeki etkin grupların aromatik çekirdek tarafından gölgelenmesi ile reçinenin ulaşılabilirliği azalır. Bu nedenle PET ve aramit kordlara RFL uygulamasından önce önbanyo (predip) işlemi uygulanır(Rijpkema 1994).

Iyengar (1967), tarafından yapılan bir çalışmada kutuplu ve PET gibi kutuplu olmayan polimerik alt katmanlar için yapışma mekanizmaları incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, yapışmanın iyi olabilmesi için alt katman ile yapıştırıcının çözünebilirlik parametresinin (δ) uyumlu olması gerektiğinin, Abere tarafından gösterildiği bildirilmektedir. Örneğin PET için δ=10,3 iken resorsinol için δ=16.0'dır ve kötü yapışma çözünürlük parametrelerinin uyumsuzluğuna bağlanmaktadır. RFL yapışma sisteminin δ=12,5 olan n-hekzil resorsinol ile geliştirildiği ve şu anki en iyi yapıştırıcı sisteminin poliesterle uyumlu δ değerine sahip üretan polimerleri oluşumu gerektiren örneğin isosiyanat-epoksi gibi sistemler olduğu bildirilmektedir.

Hamed (2004), PET kordun vulkanize olmuş lastik karışımına bağlanmasını klororesorsinol/resorsinol kondenzat (CRA) ile değiştirilmiş RFL yapıştırıcı kullanarak incelemiştir ve CRA ile geliştirilmiş yapıştırıcı sisteminin yapışma testinde daha yüksek çekme gücü verdiğini göstermiştir.

Çift banyo uygulamasının haricinde PET ve aramit yüzey etkinliğini geliştirmek için farklı yüzey işlemlerinin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. 1980'lerin sonlarında yapay liflerin yüzey özelliklerini geliştirmek için, flor gazı ile işleme endüstriyel olarak kullanılmaya başlamıştır. Flor gazının elektronegatifliği yüzeyin

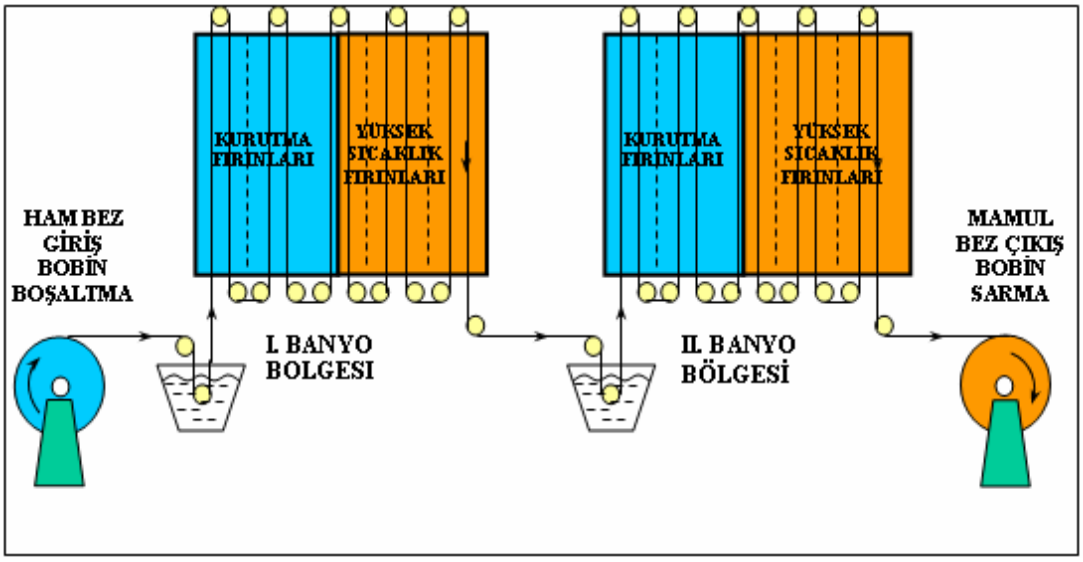
etkinliğini değiştirmekte, ayrıca oda sıcaklığında, düşük basınçta uygulandığı için düşük fiyat üstünlüğüde sağlamaktadır. Weber (1996), poliester (Diolen) ve aramitin (Twaron) flor gazı ortamından geçirerek, PVC'ye yapışmasını incelemiştir. Çünkü branda ve çatı kaplamalarında PVC kaplanmış bezler çok geniş uygulama alanı bulmaktadır. Flor ile işleme aramitin PVC'ye yapışmasını büyük ölçüde arttırırken, PET için oldukça düşük değerler vermiştir.

Yüzey işleme ile ilgili bir diğer çalışma da ise atmosferik gaz basıncında plazma ile yüzey iyileştirme yönteminin teknolojik olarak uygulanabilir olduğu ve lastik destek malzemesi olarak PET'in kullanıldığı sistemlerde yapışmayı iyileştirdiği belirtilmektedir (Krump, 2005).

Kord lastik yapışması, akademik ortam ve sanayide de birçok yönüyle irdelenmiştir. Bu konularla ilgili yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, iki çeşit lastik kordun yapışması üç farklı lastik karışımı ile incelenmiş ve doğal kauçuk/vinil pridin sisteminin en yüksek, stiren bütadien kauçuk/vinil pridin sisteminin en düşük bağ gücü oluşturduğu gözlenmiştir. Ayrıca farklı büküm düzeylerinde yapışma incelenmiş ve yüksek bükümlerde yapışmanın hem naylon hem de rayon için iyileştiği belirtilmiştir (Banarjee, 1987).

Uygun fiziksel özellikler elde etmek için kordun, zamanın sıcaklığın ve gerilimin kontrol altında tutulduğu koşullarda işlenmesi gerekir. Bu işleme 3T teknolojisi (time-temperature-tension processing) denir. Kord bezinin yarı mamul olarak son kullanımları için kord özelliklerini değiştirmede 3T işlemi uygulanır. Özdayanım, kısalma ve yorulma gibi kord özellikleri değişen 3T koşullarında iyileştirilebilir. Enuygun kord özellikleri elde etmek 3T koşullarının eniyileştirilmesine bağlıdır (Bhakuni, 1978).

Kord bezi işleme sürecinde, bez RFL çözeltisi içinden geçirildikten sonra ilk olarak kurutma fırınına, daha sonra yüksek sıcaklık fırınlarına girmektedir. Kord bezi üzerindeki suyun buharlaştırılması ile bez yapışma özelliği kazanmaktadır. Şekil 3.5' de 2 banyo (dip) bölgeli, kurutma ve yüksek sıcaklık olmak üzere 2 ayrı fırın sistemi bulunan işleme birimi gösterilmektedir.



Şekil 3.5: İşleme biriminin şematik gösterimi (Ayyıldız, 2003).

Eniyi yapışmayı sağlamak için işleme sırasında uygun sıcaklıklar ve fırında kalma süreleri sağlanmalıdır işlemede boyutsal kararlılık ve uygun yapışma için süreç değişkenleri en uygun şekilde belirlenmesi gereklidir (Ayyıldız, 2003).

Çetin (2005), tarafından yapılan bir tez çalışmasında, Naylon 6.6 Kord bezi işleme sürecindeki değişkenlerin yapışma değerine etkileri "Taguchi yöntemi" ile incelenmiştir. Kord-lastik yapışmasının eniyilemesi amacıyla, Naylon kord bezine RFL çözeltisinin yüklendiği işleme sürecine ait değişkenler belirlenmiş ve bu değişkenlerin 3 farklı düzeyinde kord-lastik yapışması üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Uygun dikey dizi seçimi ile dokuz deney yapılarak, işleme süreci değişkenlerinin genel olarak düşük düzeylerinin, kord-lastik yapışmasının eniyi değerlerini verdiği görülmüştür.

3.2.4 Ambalajlama

Son ürün olan kord bezinde, bez yapışmasını etkileyen en önemli değişkenler nem ve ozon düzeyidir. Bu nedenle üretimden hemen sonra bezler çok iyi şekilde ambalajlanmalıdır (Ayyıldız, 2003).

Hem ozona hem de UV ışınlara karşı yapışma kaybı hızında büyük bir azalma, RFL dip içine çok az bir miktarda mum (%3 katı bazlı) katılmasıyla sağlanmıştır.

Antiozanatlar ve katı UV emiciler etkisiz, yapışma kaybı hızını azaltmada etkisiz olmuşlardır. Mum ve antiozonat karışımı çalışması da yapılmış ancak bu bileşim yalnızca mumun sağladığı korumayı arttırmamıştır (Iyengar, 1975).

Bir başka çalışmada ise üretimi tamamlanmış kordun yapışma değerinin, depolandığı sırada çevresel koşulların etkisiyle ve depolama süresinin uzamasıyla oldukça düştüğü gözlenmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda banyo sürecinde uygulanan farklı ısıl işlemler ve RFL çözeltisinin içerisine katılan mum (wax) ile kord-lastik yapışma değerinin eniyilemesine çalışılmıştır (Vatansever ve diğ. 1998, Yılmaz 2000).

BÖLÜM 4. MELEZ KORD

Tek kord iki veya daha fazla bükülü ipliğin birleştirilmesi ile elde edilirken, melez kord en az biri farklı polimerden elde edilmiş ipliklerin birleştirilmesi ile elde edilir. Bu iplikler farklı doğrusal yoğunlukta ve farklı büküm düzeylerinde bir araya getirilebilir. Elde edilen melez kordlar lastik, hortum, v-kayışı ve taşıyıcı band üretiminde kullanılabilmektedir.

Melez kordlar ticari ürün olarak üretilip kullanıldıkları için literatüre geçen akademik çalışma sayısı oldukça azdır. Bu nedenle yapılan literatür araştırmasında melez kord üretimiyle ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmış, ancak akademik çalışmadan daha fazla patente ulaşılmıştır. Elde edilen bu kaynaklar ve farklılıkları aşağıda sırayla özetlenmiştir.

Barron (1987), tarafından yapılan çalışmada, aramitin naylon ve poliesterle oluşturduğu melez kordların özellikleri incelenmektedir. Bu çalışmada farklı doğrusal yoğunluklarda, 2 ve 3 kat melez kordlar oluşturulmuştur. İki katlı melez kordlar incelenirken aramit-naylon, aramit–poliester, üç katlı melez kordlar içinde aramit-aramit-naylon ve aramit-aramit-poliester bileşimleri ele alınmıştır.

Sonuç olarak aramitle elde edilen melez kordların yüksek dayanım, yüksek yorulma direnci ve mühendislikte özel kord seçimleri için oldukça ilgi çekici bir birleşim olduğu vurgulanırken, melez kord elde edilirken iplik seçimi, büküm değerleri ve daha sonra yapılacak işleme koşullarının etkili olduğu söylenmiştir.

Naylon-aramit melez kordu yapışma, yorulma direnci ve dayanım açısından en iyi seçim olarak önerilirken, aramit-poliester kordununda naylonla yapılan melez korda göre daha düşük uzama, daha yüksek özdayanım değeri verdiği bulunmuştur. Bu

nedenle de dayanım, yapışma ve yorulma direncine göre boyutsal kararlılığın daha kritik olduğu uygulamalarda kullanımının yararlı olacağı belirtilmiştir.

Lee ve Loesch (1986), tarafından yapılan konuyla ilgili başka bir çalışmada ise General Tire'ın geliştirdiği Aralon™, aramit/naylon kordunun dayanım ve yorulma direnci açısından naylon kord ile karşılaştırılması ele alınmıştır. Ayrıca Aralon™'un darbe katı kordu olarak kullanılmasının etkileri tanımlanmıştır. Bunun yanında aramit/naylon melez kordunun darbe katı olarak kullanım etkileri çelik kordla da karşılaştırılmıştır.

Aralon™ melez kordu iki katlı 3000 denye Kevlar® aramit ve bir katlı 2520 denye naylon ipliği ile birlikte bükülerek hazırlanmıştır. Kopma gücü açısında melez kord ile naylon karşılaştırıldığında, melez kordun dokuz kat daha güçlü olduğu gözlenmiştir. Melez kord yapısındaki aramit katına bağlı olarak yorulma direncini geliştirmiştir.

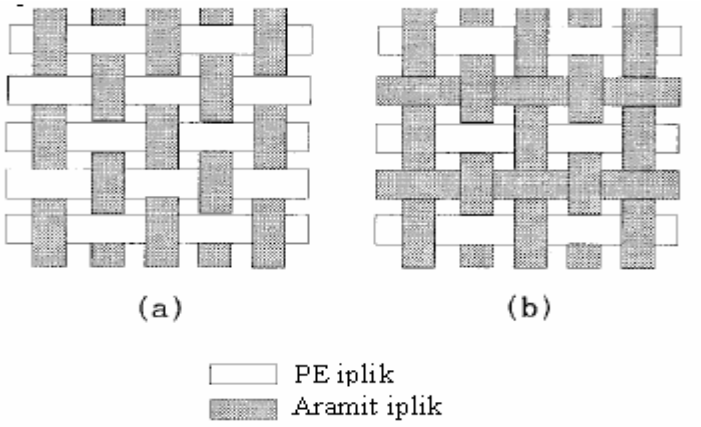
Greyder lastiklerine taş batması ve darbe katının kesilmesi gibi problemlerle lastikler tamir edilemez hale gelmektedir. Darbe katında melez kord kullanımı ile greyder lastiklerinin batma direnci geliştirilmiştir. Bunun için melez kord ve naylon kord dinamik batma testlerinden geçirilerek karşılaştırılmıştır. Böylece, lastik batma direnci anlamlı bir şekilde artmıştır.

Klata ve diğ. (2003), özel olarak tasarlanmış cam elyaf/naylon 6 melez ipliklerini karma üretiminde kullanmıştır. Melez iplikler üç farklı elyaf çekme sistemi ile üretilmiştir. Her bir sistemden farklı yapılarda melez iplik elde edilmiştir. Bu sistemlerden biri de halka şeklinde (ring) büküm ile melez iplik üretimidir. Bu çalışmada naylon 6'nın ve elde edilen karma yapıların kristallenme ve erime davranışları Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile çalışılmıştır. Lauke (1998) tarafından yapılan karma yapılarla ilgili bir çalışmada yine cam elyaf/poliamit melez iplikleri karma yapıların ayrılma davranışını incelemek için kullanılmışlardır. Söz konusu melez iplikler farklı teknolojilerle ve liflerin farklı sıralanması ile elde edilmiştir.

Pepper (1979), tarafından yapılan bir diğer çalışmada melez iplik çok farklı bir amaçla, paraşüt yapımında kullanılmıştır. Bu çalışmada naylon iplikle yapılan paraşüt ile melez Kevlar®–29/naylon ipliği kullanılarak yapılan paraşütün özellikleri karşılaştırılmıştır.

Uihlein (2004), tarafından yapılan bir çalışmada ise, 2004 yılında yüksek hız serisi ve çok yüksek hız serisi otomobil lastiklerin pazardaki payının büyümesine bağlı olarak teknik rayon ipliğine olan gereksinimin artığı belirtilmektedir. Bunun yanında rayon/poliamit melez kord geliştirme çalışmalarının başladığı bildirilmektedir.

Bunlardan başka Park ve Jang (2000), tarafından yapılan bir çalışmada ise melez kord terimi melez karma olarak ele alınmıştır. Böylece iki farklı dokuma yaparak melez karmanın özellikleri incelenmiştir. Dokumanın içinde aramit elyaf ve polietilen elyaf kullanılmıştır. Bu dokuma şekilleri aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 4.1: Melez karma türleri

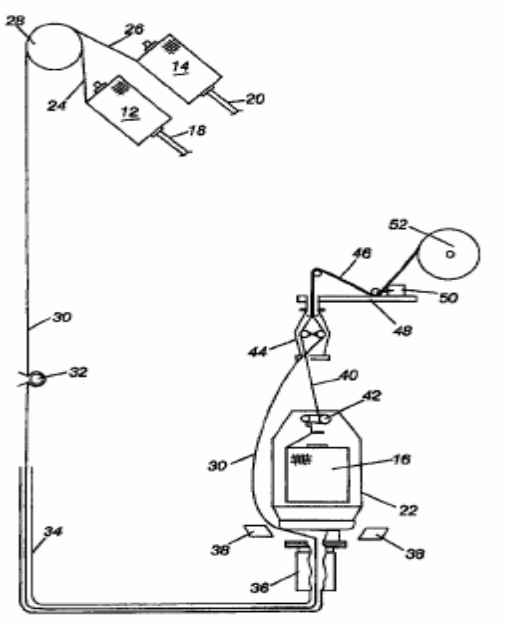
Bader (2000), tarafından yapılan bir çalışmada ise melez ipliklerin ve melez bezlerin, termoplastik ortamlı karma içinde süzme işleminde kullanılabileceği belirtilmektedir. Burada kullanılabilecek melez ipliğin, liflerin birlikte karıştırılması (co-mingling) ve melez karmanın birlikte dokuma (co-woven) ile üretilebileceğine değinilmektedir.

Literatürde ayrıca, melez ipliklerin karışım (blending) hazırlama yöntemi ile de elde edilebileceğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Kemp ve Owen tarafından yapılan bir çalışmada naylon/pamuk karışım ipliklerinin hazırlandığı

bildirilmektedir (Pan, 2002). Bir diğer çalışmada, polipropilen/ naylon 6 karışımları farklı karışım hazırlama yöntemleriyle incelenmiştir (Yoon, 1997).

Bridge (1968), tarafından alınan bir patentte elastomerleri destekleyen kord yapısını geliştirmek için rayon/naylon melez kordları çalışılmıştır.

Fernandez (2004), tarafından alınan Amerikan patentinde, melez kord yapımı için bir süreç ve cihaz önerilmektedir. Bu süreçde en az 3 iplik birleştirilir ve bükülür. Bu ipliklerden biri farklı olmalıdır. Farklı olan iplik farklı boyut (denye), farklı polimer, ya da her ikisi birlikte değiştirilerek hazırlanabilir. Melez kord hazırlamak için doğrudan kablo üreten bir makinenin değiştirilmesi ile hazırlanan bir cihaz önerilmiştir. Bu makinede üç iplik çeşitli gerilimlerde bükülerek bir bobin üzerine sarılmaktadır. Şekil 6.2'de bu cihaz gösterilmektedir.

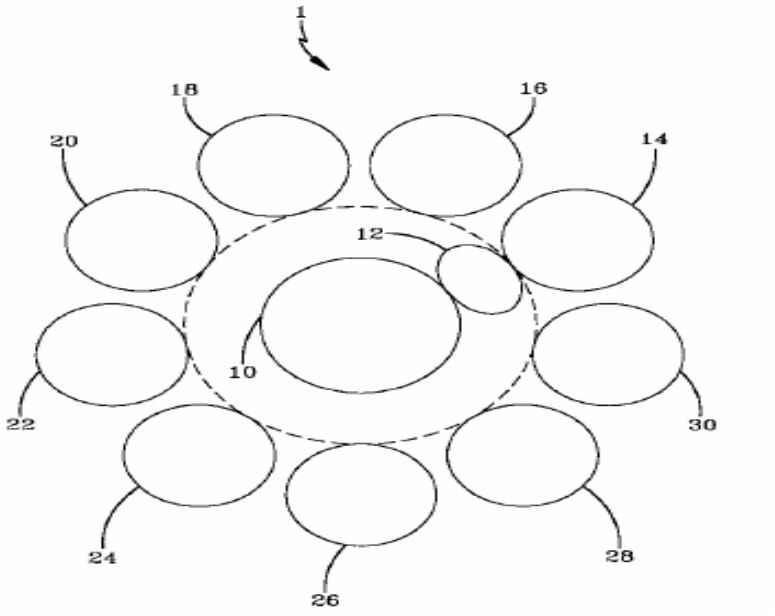


Şekil 4.2: Melez kord üretim makinesi

Bu süreçte tek bir kord üretilir. En az 3 iplik sağlanır ve bunlardan biri farklıdır. Sepetten iki iplik çekilirken (Şekil 4.2'de 12–14), farklı olan iplik eğirme kabından (Şekil 4.2'de 16) sağlanır. Farklı iplik farklı malzemeden olmalıdır. İplikler cam elyafı, pamuk, kenevir, poliester, naylon, aramit, rayon sınıfından ya da bunların karışımı olabilir. Farklı iplik diğerlerinden daha küçük doğrusal yoğunlukta olmalıdır. Örneğin; iki iplik 1000 denye poliesterken üçüncü iplik 250 denye rayon olabilir. Melez kord üç farlı polimerden de olabilir. Örneğin, 1,000 denye poliester,

1,000 denye naylon 250 denye rayon olabilir. Söylenen kord uzunluğunun inç başına 5–12 kez döndürülmesi ile elde edilir.

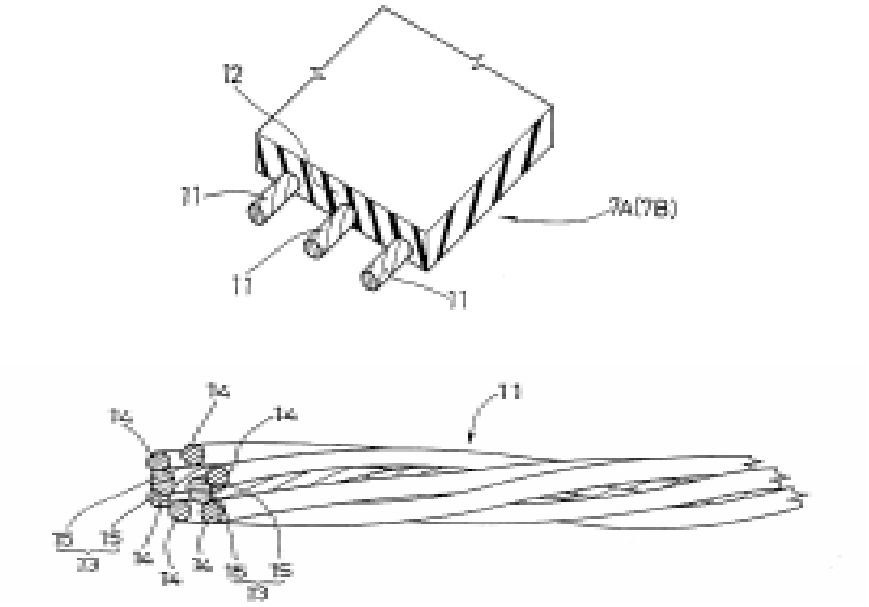
Nguyen ve diğ. (2003), tarafından alınan ve Goodyear lastik şirketine ait olan bir patentte ise elastomerlerin güçlendirilmesi için kullanılacak olan melez kord üç tabakadan oluşturulmaktadır. Merkezde bir çelik tel, çeliğin üzerine bir, ya da daha fazla metalik olmayan lifin sarılması ile ilk tabaka ve bunun üzerine de 4-12 arasında çelik kord sarılması ile ikinci tabaka elde edilmektedir. Bu kordun kesit görünüşü aşağıda gösterilmektedir. Bu patentte metalik olmayan lif yerine genel olarak polietilen, naylon, poliester ve aramit kullanılabileceği belirtilirken, naylonun tercih edildiği belirtilmektedir.



Şekil 4.3: Çelik/tekstil melez kordunun kesit görünüşü (Nguyen, 2003)

Havalı lastikler topuk merkezi etrafında dönen gövde ve gövdenin üstünde kuşaklar içerirler. Kuşakta çelik/aramit melez kordların kullanıldığı diğer bir patent ise Komatsuki (1996) tarafından alınmıştır. Bu çalışmada kuşakların paralel melez kordlar içerdiği ve her bir melez kordun en az bir aramit iplik ve en az bir çelik tel ile bükülerek oluşturulduğu söylenmektedir. Kullanılan aramit kord bir veya daha fazla aramit ipliğin bükülmesi ile oluşturulurken kordun toplam denyesi 800–4000 arasında olmalısı gerektiği, çelik telin çapının ise 0,17–0,35 mm arasında olması

gerektiği bildirilmektedir. Burada geliştirilen melez kordun kesit şekli ve kuşak içindeki görünüşü Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Kuşak ve melez kord kesit görünüşleri (Komatsuki, 1996).

Şekildeki melez kord önce aramit liflerinin Z şeklinde bükülmesi, sonra iki ipliğin (15–15) yani 13 numara ile gösterim bir kez daha S şeklinde bükülmesi ve iki kordun üçüncü kez Z şeklinde bükülerek aramit merkezin oluşturulmasıyla başlar. Bundan sonrada aramit merkezin üzerine de 6 tane çelik telin bükülmesiyle tamamlanır.

Elde edilen patentlerin çoğunda lastik destek malzemesi olarak kullanılan melez kord naylon/ aramit kordudur (Osborne, 2002; Tavazza, 1990; Nakayasu, 1996; Suzuki, 2000; Dehnert 2007). Örneğin, Reuter (2004), tarafından alınan patentte naylon iplikle aramit iplik birlikte bükülerek melez kord elde edilmiştir. Elde edilen ilk uzama değerlerinde naylonun etkili olduğu, bundan sonraki uzamalarda ise aramitin etkili olduğu belirtilmektedir.

Ayrıca bu araştırmada iki tip melez kord üzerinde çalışılmıştır, bunlardan ilki "yüksek enerjili melez kord" diğeri "birleştirilmiş (merged) melez kord" olarak adlandırılmıştır. Bu kordlarda farklı büküm yönü bileşimleri kullanılmıştır. Yüksek enerjili melez kord yapısının 1100/2+940/1 dtex de, 14Z/3S/9S TPI olarak bükülerek elde edilmiştir. TPI, ipliğin birim uzunluğu başına dönmeyi ifade etmektedir.

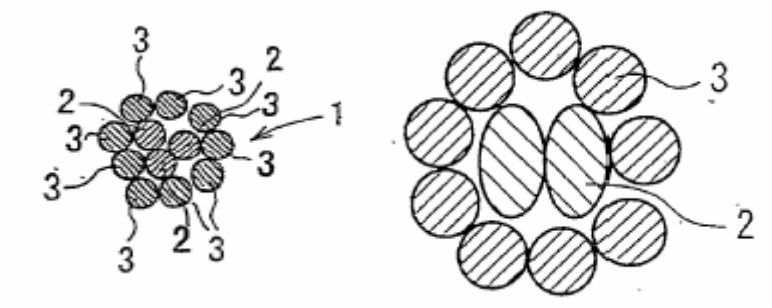
Bu gösterimin anlamı 2 iplik aramit 1100 dtexde 14 TPI'da Z yönünde, 1 iplik naylon 3 TPI'da S yönünde, melez kordu için 3 iplik birlikte 9 TPI'da S yönünde bükülerek oluşturulmuştur. Birleştirilmiş melez kord yapısında ise tercih edilen yapının 1100/2+940/1 dtex de, 14Z/9ZS/9S TPI olarak bükülerek elde edilen yapı olduğu belirtilmektedir.

Naylon ve aramit dışında çeşitli melez kordlar da çalışılmıştır. Bunlardan biri de poli(etilen teraftalat) (PET) ile poli(etilennaftalat) (PEN)dir. Fritsch ve diğ. (2003) tarafından alınan bir patentte poliesterin lastik kordu olarak kullanımının arttığı ve diğer kord malzemelerine rayon ve poliamite göre çeşitli üstünlüklere sahip olduğu belirtilmektedir. Rayon iyi bir boyutsal kararlılığa sahipken düşük dayanım, poliamit rayonla karşılaştırıldığında yüksek dayanım ve sürekliliğe karşın düşük boyutsal kararlılık verdiği belirtilirken, poliesterin yüksek dayanım, süreklilik, iyi bir özdayanım ve düşük sürünme değeri verdiği bildirilmektedir.

Diğer bir poliester çeşidi olan PEN'in lastikte kullanıldığında daha iyi mekanik özellikler, özdayanım, kopma dayanımı, kopma uzaması verdiği belirtilirken fiyatın PET'e göre daha fazla olduğu, fiyatı azaltmak için melez kord olarak PET ile PEN'in birlikte büküldüğü belirtilmektedir.

PET ve PEN melez kordunun dışında PEN/aramit melez kordunun da çalışıldığı bir patent bulunmaktadır (Yukawa ve diğ, 2003). Ayrıca, bunlardan farklı olarak cam elyaf kullanılarak yapılan melez kordlara da rastlanmaktadır. Bu patentlerden birinde cam elyaf/aramit türü melez kord çalışılmıştır (Frukawa ve diğ., 2002). Elde edilen melez kord Şekil 4.5(a)'da gösterilmiştir. Şekilde iki rakamıyla cam elyaf kord, üç rakamıyla da aramit kord gösterilmiştir.

Akiyama ve diğ. (2004) tarafından yapılan bir patent başvurusunda ise cam elyaf/poly(paraphenylene benzobis oxazole) (PBO) bileşimleri kullanılmıştır Çalışılan kord melez kord bileşimi Şekil 4.5(b)'de gösterilmiştir. Şekilde iki rakamıyla PBO, üç rakamıyla da cam elyaf kord gösterilmiştir. Elde edilen melez kordun mükemmel yorulma direnci, kullanılan lastik karışımına bağlı olarak mükemmel yapışma ve boyutsal kararlılık sağladığı bildirilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.5: Cam elyaf içeren melez kordlar a) cam elyaf/aramit (Furukawa ve diğ. 2002)
b) Cam elyaf/PBO (Akiyama ve diğ. 2004)

Kwon (2006), tarafından Kanada'da yapılan bir patent başvurusunda ise radyal lastik uygulamaları için lastiğin gövdesinde ve kuşak bölgesinde kullanılmak üzere rayon/lyocell işlenmiş melez kordu çalışılmıştır. Bu melez kord tek kat rayon ve tek kat lyocellden oluşmaktadır.

Donckels (2007), tarafından Amerikan patent ofisine yapılan bir başvuruda ise melez korddan, karma kord olarak bahsedilmek ve üretilen lastiğin tek bir gövde katı içerdiği bildirilmektedir. Bu patentteki karma kord iki farklı özdayanımdaki ipliğin birlikte bükülmesiyle elde edilmektedir. Karma kord bileşimindeki ilk ipliğin tercihen aramit, PK ve PBO grubundan, ikinci ipliğin ise rayon, naylon, poliester ve PEN iplik çeşitlerini içeren gruptan olması gerektiği belirtilirken, bu patentte ağırlıklı olarak aramit/rayon melez karmasının özellikleri verilmektedir.

BÖLÜM 5. TAGUCHI DENEY TASARIMI

Deney, bazı olaylar üzerinde bir veya daha fazla sayıda değişkenin etkisini araştırmak veya bu olaylara ilişkin bir süreç hakkında çalışmalar yapmak olarak tanımlanabilir. Deneyin amacı, ya sistem hakkında bilgi türetmek veya sistem üzerindeki yeni koşulların etkisini ortaya çıkarmaktır (Erbaş ve Olmuş, 2006).

Tasarlanmış deney tanımı ise bir sistem veya sürece ait giriş değişkenlerinin amaçlı bir takım değişikliklere tabi tutulması ve bu değişiklikler sonucunda oluşan tepki üzerindeki değişim sebeplerinin belirlenmeye çalışılması için deneme veya denemeler yapılması demektir (Montgomery 1991).

Günümüzde, ürün kalitesine etki eden süreç değişkenlerini sistematik olarak incelenebilmesi için tasarlanmış deneyler kullanılmaktadır. Ürün kalitesine etki edecek süreç koşullarını belirledikten sonra, ürünün üretilebilirliğini, güvenilirliğini, kalitesini ve başarısını arttırmak için gerekli geliştirme çabaları deney tasarımı yöntemleri ile yapılabilir. Sınırlı kaynaklarla çalışıldığında, yapılan her deneyden en fazla bilgiyi elde etmek çok önemlidir. Çünkü iyi tasarlanmış deneyler, gelişigüzel veya plansız deneylere göre daha fazla bilgi üretirler (Bekircan, 2006).

Deney tasarımı, istatistik biliminin babası sayılan Sir Ronald Fisher tarafından tarım alanında araştırmalar yaparken, 1920'lerde bulunmuş ve geliştirilmiştir. Fisher ayrıca deney verilerinin analizi için bugün klasik sayılan "değişkenlik (varyans) analizi" (ANOVA) yöntemini de geliştirmiştir. Deney tasarımı uygulamaları kimya ve ilaç sektöründe uygulanmasına rağmen üretim sektöründeki uygulamaları 1970'li yıllara kadar son derece kısıtlı kalmıştır. 1980'lerin başında Profesör Taguchi'nin Amerika'da verdiği seminerler sonunda deney tasarımı Amerika'da da hızla yaygınlaşmıştır (Şirvancı, 1997).

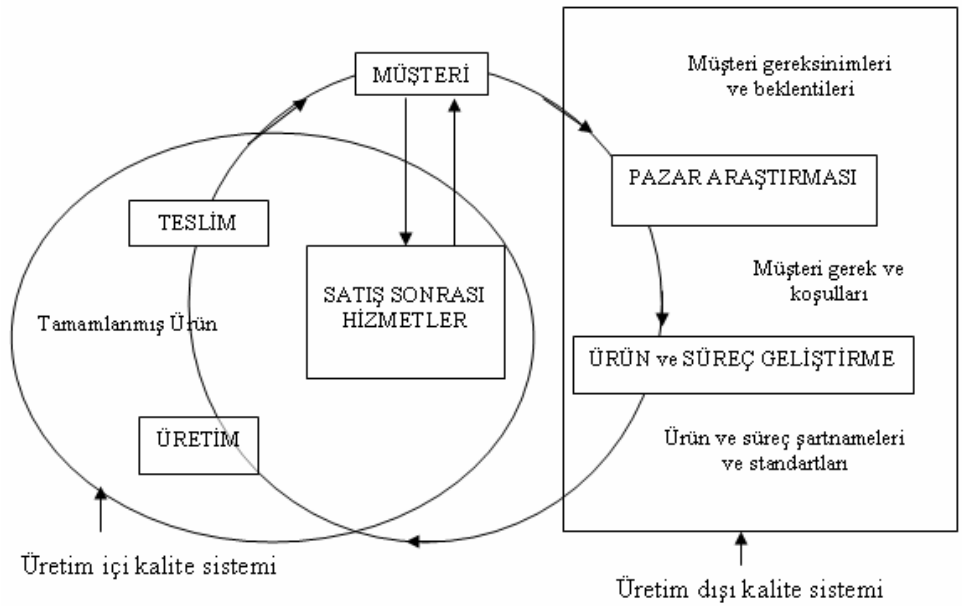
Dr Genichi Taguchi, Japonya'da 1940'lı yıllardan itibaren kalite konusunu araştıran ve son derece önemli çalışmaları bulunan Japon makine mühendisidir. Dr. Taguchi'nin bu çalışmaları 20.yüzyılın belki de en önemli kalite mühendisliği başarısı olarak değerlendirilmektedir (Gunter, 1987).

Taguchi, "Kalite Mühendisliği" kavramı ortaya atan kişi olarak da anılmaktadır. Taguchi'ye göre kalite mühendisi; ürün ve süreç kalitesini iyileştirmek için istatistiksel deney tasarımını kullanarak, bir ürünün araştırma, geliştirme, süreç tasarımı, üretim ve müşteri memnuniyetinin sağlanması işlemlerinin her aşamasında olması gereken ve tüm işlemleri enuygun düzeyde yürüten kişidir (Soylak 2000).

Dr. Taguchi tasarım problemlerini tanımlamada geleneksel hata denetleme yaklaşımlarının önemli eksiklikler içerdiğini tespit etmiş ve kendisi istatistiksel deney tasarımına dayalı, belirli bir sistematiğe sahip yepyeni bir felsefe ve yöntem geliştirmiştir (Doğan, 2000). Onun felsefesini yedi önemli maddede sıralanmaktadır. Bu maddeler aşağıda verilmiştir (Saat, 2000).

- Bir ürünün kalitesi, ürünün üretilip topluma sunulduktan sonra toplumda meydana gelen tüm kayıpların toplamıdır.
- Rekabetçi bir ortamda işletmelerin varlıklarını sürdürebilmesi için kaliteyi sürekli olarak geliştirmesi ve maliyetlerini düşürmesi gerekmektedir.
- Sürekli kalite geliştirme programları, ürünün kalite değişkenlerinin hedef değerlerinden sapmaları azaltacak yönde olmalıdır.
- Değişkenlik sonucunda ortaya çıkan ve müşterilerin katlandığı kayıp, yaklaşık olarak, kalite değişkeninin hedef değerden sapmasının karesi ile doğru orantılıdır.
- Ürünün kalitesi ve maliyeti, önemli oranda ürünün ve üretim sürecinin mühendislik tasarımları tarafından belirlenir.
- İstatistiksel olarak planlanmış deneyler, başarı değişkenliğini azaltan ürün veya süreç değişkenlerinin belirlenmesinde kullanılabilir.
- Bir ürün için başarı, değişikliklerinin en aza indirilmesi ve bu ürünün etkinliği üzerinde etkisi olduğu bilinen değişkenlerin doğrusal olmayan etkilerinin yok edilmesi ile sağlanabilir.

Taguchi kaliteyi sağlamak için yapılan faaliyetleri iki ana grupta ele almaktadır. Bunlar üretim içi (on-line) ve üretim dışı (off-line) kalite kontrol etkinlikleridir. Kalitenin üretimden önce tasarım aşamasında başladığını ifade eden Taguchi'nin yöntemini anlamak için üretim/kalite çevrimini yararlanmak faydalı olacaktır. Üretim/kalite çevrimi Şekil 5.1'de verilmiştir (Kaya, 1996).



Şekil 5.1: Üretim Kalite Çevrimi

Üretim içi kalite kontrol sistemi ise ürünün üretimi sırasında ve üretimden sonra yapılan kalite faaliyetlerini içerir. İstatistiksel süreç denetim ve çeşitli izleme yöntemleri üretim içi kalite kontrol kapsamındadır. Satış sonrası hizmetler, süreç tespiti ve ayarlaması, tahmin-doğrulama, ölçme-düzeltme işlemleri de üretim içi kalite kontrol sistemi içinde değerlendirilen faaliyetlerdir (Saat, 2000).

Deney tasarımı, Taguchi'nin sisteminde, üretim dışı kalite kontrol içinde yer almaktadır. Üretim dışı kalite kontrol ise ürün tasarımı ve süreç tasarımı olarak ikiye ayrılmaktadır. Ürün tasarım süreci aşamasında ya yeni bir ürün geliştirilmektedir veya mevcut ürün üzerinde değişiklikler uygulanmaktadır. Burada amaç, müşteri beklentilerini karşılayabilecek, ya da üretilebilecek bir ürünün tasarlanmasıdır. Süreç tasarım aşamasında ise, üretim ve süreç mühendisleri, ürün tasarım süreci aşamasında geliştirilen özelliklere uygun üretim sürecini geliştirirler.

Taguchi üretim dışı kalite kontrol sisteminin her iki aşamasını da üç aşamalı bir yaklaşımla ele almıştır. Bunlar;

- Sistem Tasarımı
- Değişken Tasarımı
- Hoşgörü (Tolerance) Tasarımı olarak adlandırılmaktadır (Doğan, 2000).

Taguchi'ye göre, ürünün kalitesinde en belirleyici çalışmaların yapılacağı aşama hem ürün, hem de süreç tasarımı için uygulanan değişken tasarımıdır. Ürün tasarımı için yapılan değişken tasarımı aşamasında ürün değişkenlerinin; boyutlar, malzeme ve yüzey özellikleri gibi eniyi değerlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Süreç tasarımında uygulanan değişken tasarımımda ise, kontrol edilebilen üretim süreci değişkenlerinin (hat hızı, çeşitli hızlar, fırın sıcaklıkları, basınçlar ve sıcaklıklar gibi) uygun düzeyleri belirlenmektedir (Soylak, 2000).

Taguchi yöntemiyle deney tasarımı işlemlerinde ürüne ve sürece ait kalite karakteristikleri etken (faktör) olarak adlandırılmaktadır. Kaliteyi doğrudan etkileyen etkenler,

- Kontrol edilebilen etkenler
- Kontrol edilemeyen etkenler (gürültü etkenleri), olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Kontrol edilebilen etkenler; gerek üretim, gerekse tasarım aşamalarında enuygun düzeylerin seçiminde faydalanılan değişkenlerdir. Bu değişkenler başlangıç aşamasında üretici firma tarafından tespit edilen ve müşteri tarafından değiştirilemeyen değişkenlerdir. Kontrol edilemeyen etkenler; kontrol edilmesi çok zor, ya da yüksek maliyet gerektiren değişkenlerdir. Bu değişkenlere "gürültü değişkeni" ya da "gürültü etkeni" de denilmektedir (Peace, 1993).

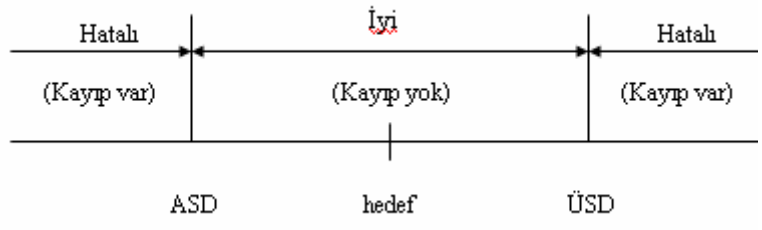
Gürültü değişkenleri; dış gürültü, iç gürültü ve birimlerarası gürültü olmak üzere üç ana grupta incelenmektedir (Kaya, 1996).

- Dış gürültü: Çevresel koşullardaki farklılıktır. Örneğin sıcaklık, nem oranı, voltaj ve toz gibi kontrol edilemeyen değişmelerdir.

- İç gürültü: Yıpranma, zamanla ve kullanma sonucu oluşan ürün aşınması, metal yorgunluğu gibi yıpranmalardır.
- Birimlerarası gürültü: Aynı özelliklere göre üretilmiş olmasına rağmen, birimden birime görülen farklılıktır. Bu tür farklılığın nedeni hammadde farklılıkları ve üretim sürecindeki farklılıklar olabilir.

5.1 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu

Geleneksel kalite kontrolde parçalar, hedef değerlerden sapmalarına bakılmaksızın, şartname sınırları içinde olup olmadıklarına göre değerlendirilirdi. Parçanın değeri sınırların dışında ise parça yeniden işleme veya hurdaya gönderilirken, sınırların içinde ise kabul edilirdi (Şirvancı, 1997). Şekil 5.2.' de geleneksel kalite anlayışının şematik gösterimi yapılmıştır.

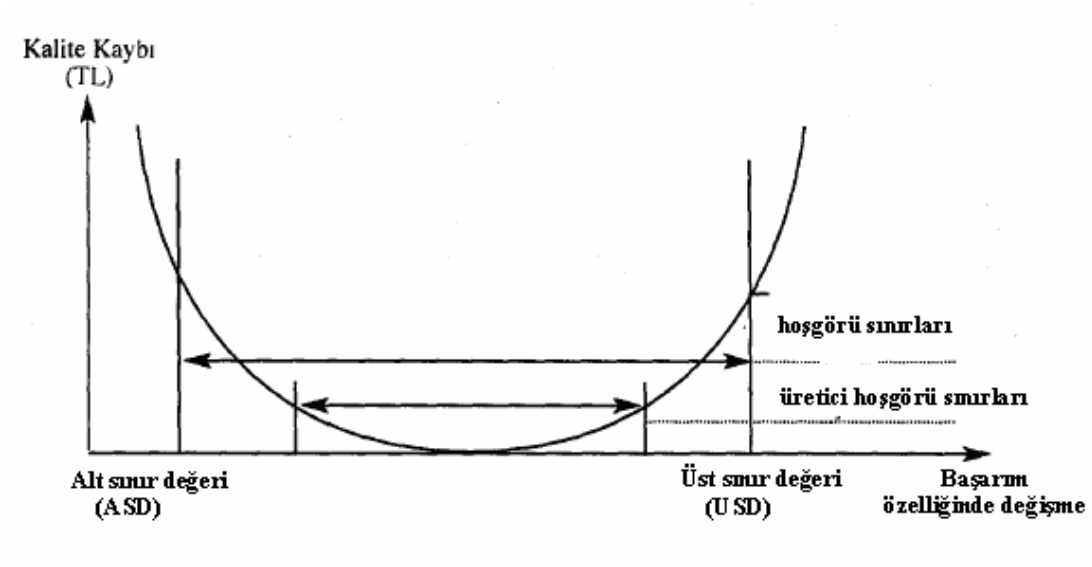


Şekil 5.2: Geleneksel Kalite Anlayışı

Şekil 5.2 bir değişkeninin kabul edilebilir alt ve üst sınırlarını göstermektedir. Belirlenen alt sınır ve üst sınırlar arasında üretilen ürün geleneksel kontrolde "kaliteli" olarak adlandırılır. Kale direği (Goal Post) sendromu olarak adlandırılan bu durum sadece tasarımcıyı ve üreticiyi memnun etmekteydi. Çünkü ürünler belirlenen aralıktaki özellikleri içeriyorsa, kaliteyi geliştirmek için daha fazla bir geliştirme çalışmasında bulunmaya gerek yoktur (Yücesoy, 1999; Kaya, 1996).

Taguchi bu geleneksel görüşün gerçeği yansıtmadığını düşünerek, karesel kayıp fonksiyonu denilen ve Şekil 5.3'de gösterilen kayıp fonksiyonunu geliştirmiştir. Taguchi'ye göre Şekil 5.2'de gösterilen Alt ve Üst gibi kesin sınırlar belirlenmez. Kalite değişkeni eniyi değerden sapma gösterdikçe, ürünün başarım gücü bozulmaya başlayacaktır. Bu nedenle kayıp değerinin hedef değerden gösterdiği sapma ile

ölçülmesi gerekmektedir. Sıfır sapma durumunda ürünün beklenen özelliği hedef değer üzerindedir ve kayıp beklenmez. Kalite kayıp fonksiyonu süreklidir ve hedef değerden sapmaların ölçümü amaçlanmaktadır. Kalite kaybı hem maddi, hem de sosyal bir kayıptır. (Kaya, 1996)



Şekil 5.3: Kalite Kayıp Fonksiyonu (hedef daha iyidir)

Taguchi kayıp fonksiyonunun genel grafiği şekil 5.3'deki gibidir. Üretime ait değişkenin hedef değerden sapmalarının önemine göre bu grafik farklılaşmaktadır (Yücesoy, 1999).

5.1.1 Taguchi kayıp fonksiyonunun hesaplanması

Taguchi kalite kaybını, kayıp fonksiyonu olarak tanımlamış ve aşağıdaki formülle ifade etmiştir.

$$L = k (Y-m)^2$$

Burada; Y: Kalite etkinlik özelliği
L: Belirli bir Y değerinde oluşacak kayıp değeri
m: Hedef değer
k: Tanımlanan değerlere bağlı olarak tespit edilen bir katsayıdır.

Bir ürünün belirlenmiş olan değerler dışında olması durumunda üretici hurdaya atılacak bir malzemeyle, tüketici ise maddi ve sosyal kayıpla karşı karşıya kalacaktır. Böyle bir durumda, hurda maliyeti ölçüt alınırsa, Taguchi kayıp fonksiyonunun uygulanışı aşağıdaki örneklere uygun olarak gelişmektedir.

Bir makine parçasının üretiminde kullanılan alt ve üst sınır değerleri ± 0.01 m olarak belirlenmiştir. Eğer bir parça üretim hattından bu sınırların altında, ya da üstünde çıkarsa 5 YTL'lik bir hurda maliyeti oluşmaktadır. Burada hedef değer olarak m = 0 tespit edilmiştir. Bu durumda k sabiti aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir.

L = 5

Y= ± 0.01

m = 0 ise;

$L = k (Y-m)^2$

$5= k (0.01–0)^2$

$k = 50\ 000\ (YTL/m^2)$

$L = 50\ 000 (Y–0)^2$

(k) değeri hesaplanırken üst limit yerine alt limit değeri de kullanılabilirdi. (k) değerine bağlı olarak, hedef değerden uzaklaşan parçalar için oluşacak kayıp, kayıp fonksiyonuna ile artık hesaplanabilir. Örneğin 0.002 m'lik sapma için kayıp;

$L = 50\ 000 (0.002–0)^2 = 0.20$ YTL' dir. Bu değer tek bir parça üretiminde oluşan kayıptır. Bu sapma değeriyle 100 parça ürettiğinizde toplam kayıp, 20 YTL olacaktır.

Başka bir örnekte Japonya'daki televizyonların güç voltaj devrelerinin çıktı değerleri incelenmiş ve hedef değer 115 V olarak belirlenmiştir. Üretilen televizyonlarda müşterilerin kullanımı sırasında eskimeden kaynaklanan voltaj değişiklikleri meydana gelmektedir. Çıktı voltaj değeri hedef değerden ± 25 V'dan fazla fark gösterirse televizyon kullanılamaz hale gelmekte, müşteri televizyonunu değiştirmekte, ya da yeni güç devresi taktırmak zorunda kalmaktadır.

Bu durumda ortalama kaybın L=30.000 Yen olduğu varsayıldığında k katsayısı;

$k=30.000/25^2 =48$ (Yen/V^2)
Kayıp fonksiyonu, $L = 48 (Y-m)^2$'dir.

Bir televizyonun çıktı voltajı fabrika çıkış değeri olan 115 V'dan farklı olduğunda bunu düzeltmek için yapılacak olan direnç değişikliği 100 Yen ise Y'nin hoşgörü sınırı;
$100=48(Y-115)^2$
$Y=115\pm1.4$ (V) dur.
Hedef değerden 1.2 V'luk bir sapma,
$L=48(116.2-115)^2$
L=69 Yen olacaktır.
Görüldüğü gibi sınırlar içinde olan bir değer bile topluma kayıp olarak dönmektedir.

Kayıp fonksiyonu, yukarıdaki örnekteki gibi hedef değerin en iyi olduğu kalite özelliğinden başka, bu kalite özelliğinin en büyük eniyi ya da en küçük eniyi olduğu durumlarda da uygulanabilmektedir. Taguchi, deney tasarımında başarı ölçütü olarak kullanılması amacıyla, bir dizi, adına "sinyal/gürültü oranı" denilen, ölçüt tanımlamıştır.

Taguchi, uygulamadaki sorunları, hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir sinyal/gürültü (S/G) oranı tanımlamıştır (Köksoy, 2004).

- En Küçük Eniyi*:* Süreç ortalaması mümkün olduğunca küçük değerde tutulmaya çalışılırken, süreç standart sapması uygun bir değerde sabit tutulmaya çalışılmalıdır. Bu tür durumlarda, kalite değişkeni Y'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda sinyal/gürültü oranı şöyle tanımlanır:

$$\text{S/G Oranı} = -10 \log (\sum Y^2 / n) \qquad (5.1)$$

- En Büyük Eniyi: Süreç ortalaması mümkün olduğunca büyük değerde tutulmaya çalışılırken, süreç standart sapması uygun bir değerde sabit tutulmaya çalışılmalıdır.

Bu durumda Y'nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\text{S/G Oranı} = -10 \log [\sum(1/Y^2) / n] \quad (5.2)$$

- Hedef Değer Eniyi: süreç ortalaması μ_0 gibi bir hedef değerde sabit tutulmaya çalışılırken, süreç standart sapması en küçük yapılmalıdır. Bu tür durumlarda, Y için belli bir hedef değer verilmiştir. Bu durumda;

$$\text{S/G Oranı} = 10 \log [\sum(Y-\tilde{Y})^2) / (n - 1)] \quad (5.3)$$

Üç durumda da amaç S/G oranını enyüksek (maksimize)yapabilmektir. S/G oranının enyüksek yapılması, bir yandan sinyal değerini arttırırken diğer yandan değişkenliği azaltmaktadır (Saat, 2000).

5.2 Dikey Diziler

Taguchi yönteminde deney tasarımı için dikey (ortogonal) diziler kullanılmaktadır. Dikey diziler çok fazla sayıda değişkenin etkisini, çok az sayıda deneyle ve belirli bir düzende inceleme olanağı sağlar. Dikey dizilerin kullanımı yapılacak deney sayısını anlamlı bir şekilde azaltır (Unal, 1991).

Taguchi yönteminde kullanılmakta olan bu dikey diziler L veya QA sembolleri ile gösterilmektedir. Örneğin, L_8 sembolü ile bir dikey dizi tanımlanırken, bu dikey dizini satır sayısı 8 (yapılacak deney sayısı), en çok değişken sayısı 7 ve her değişken 2 düzeyli olduğu anlaşılmaktadır (Kaya, 1996).

Dikey dizilerde her bir satırda farklı düzeylerde değişkenlerin yer aldığı bir deney sistemi yer alırken, her bir sütunda ise farklı değişkenler bulunmaktadır. Tablo 5.1'de L_8 dikey dizisi düzeni verilmiştir. Bu tabloda değişkenlerin farklı düzeyleri 1 ve 2 olarak verilmiştir. Fakat farklı kaynaklarda değişkenlerin dikey dizi içinde gösterimi (+, -) veya (–1, +1) vb. şeklinde de yapılabilmektedir. Dikey dizilerde her sütunda aynı sayıda 1 ve aynı sayıda 2 olmalıdır. 1 sayısı değişkenin alt düzeyi, 2 sayısı ile değişkenin üst düzeyi gösterilmektedir (Şirvancı, 1997).

Tablo 5.1: L_8 (2^7) Dikey dizisi

Deney No	A	B	C	D	E	F	G
1. deney	1	1	1	1	1	1	1
2. deney	1	1	1	2	2	2	2
3. deney	1	2	2	1	1	2	2
4. deney	1	2	2	2	2	1	1
5. deney	2	1	2	1	2	1	2
6. deney	2	1	2	2	1	2	1
7. deney	2	2	1	1	2	2	1
8. deney	2	2	1	2	1	1	2

Taguchi tarafından standart dikey dizi olarak adlandırılan 18 temel dikey dizi oluşturulmuştur. Tablo 5.2.'de 18 dikey dizi için temel bilgiler verilmiştir. Bu tabloda, yapılması düşünülen deneye en uygun dikey dizi seçimi yapılabilmektedir. Seçilecek dikey dizide bulunacak satır sayısı, en çok seçilebilecek değişken sayısı ve değişkenlerin kaç tanesinin hangi düzeyde alınabileceği verilmektedir.

Örneğin L_{12} dikey dizisi 12 deney düzeni içermektedir. Bu dizide en çok 11 değişken bir arada incelebilir. Bu 11 değişkenin her biri en çok 2 düzeyli olarak düzenlenir. Bir L_4 (2^3) dikey dizisinde 4 satır ve her biri 2 düzeyli 3 değişken bulunabilir. Bir L_{18} (2^1 3^7) dikey dizisinde 18 satır ve 2 düzeyli 1 değişken, 3 düzeyli 7 değişken bulunmaktadır (Kaya, 1996).

Tablo 5.2'deki 2 düzeyli diziler: L_4, L_8, L_{12}, L_{16}, L_{32}, L_{64}, 3 düzeyli dikey diziler: L_9, L_{27}, L_{81} ve karışık (2 ve 3) düzeyli dikey diziler: L_{18}, L'_{32}, L_{36}, L'_{36}, L_{54}' tür. Tablo 2'den görüldüğü gibi, aynı satır sayısı ile iki dizi varsa, ikisinden birisi tercih edilir. Örneğin 36 satır sayısı ile iki dizi L_{36} ve L'_{36} ise bunlardan birisi tercih edilir. Yapılacak olan deney düzenlerinde dikey dizilerin seçimi için deney düzenine ait toplam serbestlik derecesinden faydalanılmaktadır. Örneğin 2 düzeyli 3 değişkene ait bir deney düzeneğinde;

A değişkeni 2 düzeyli, bu durumda serbestlik derecesi =(düzey sayısı–1)=(2–1)=1
B değişkeni 2 düzeyli, bu durumda serbestlik derecesi =(düzey sayısı–1)=(2–1)=1
C değişkeni 2 düzeyli, bu durumda serbestlik derecesi =(düzey sayısı–1)=(2–1)=1

Bu durumda toplam serbestlik derecesi üç olacaktır.(A'nın serbestlik derecesi+ B'nin serbestlik derecesi+ C'nin serbestlik derecesi). Buna göre en az 3 serbestlik derecesine sahip L_8 = 8–1 =7 serbestlik dereceli veya L_4 = 3 serbestlik dereceli dikey dizilerden birisi seçilebilir.

Tablo 5.2: Standart dikey diziler

Dikey diziler	**Satır Sayısı**	**En Çok Değişken Sayısı**	**Bu Düzeyde Bulunan En Çok Sütun Sayısı**			
			Düzey Sayısı			
			2	3	4	5
L_4	4	3	3	-	-	-
L_8	8	7	7	-	-	-
L_9	9	4	-	4	-	-
L_{12}	12	11	11	-	-	-
L_{16}	16	15	15	-	-	-
L'_{16}	16	5	-	-	5	-
L_{18}	18	8	1	7	-	-
L_{25}	25	6	-	-	-	6
L_{27}	27	13	-	13	-	-
L_{32}	32	31	31	-	-	-
L'_{32}	32	10	1	-	9	-
L_{36}	36	23	11	12	-	-
L'_{36}	36	16	3	13	-	-
L_{50}	50	12	1	-	-	11
L_{54}	54	26	1	25	-	-
L_{64}	64	63	63	-	-	-
L'_{64}	64	21	-	-	21	-
L_{81}	81	40	-	40	-	-

Tablo 5.2'den de görüldüğü gibi 15 tane değişkene sahip bir deney düzeninde Taguchi yöntemine göre 16 deneyle inceleme yapılabilirken geleneksel yaklaşımda tam etkensel bir inceleme için yapılması gereken deney sayısı 2^{15} (32.768 tane deney) olmaktadır.

5.3 Deney Tasarımında Taguchi Yönteminin Uygulama Basamakları

Deney tasarımı çalışmaları, toplam kalite anlayışı içerisinde yapılmalıdır. Özellikle sonuçları birden fazla bölümü etkileyecek olan çalışmalar için takım çalışması yapılması çok daha uygun olmaktadır. Taguchi'nin kalite anlayışı içinde deney tasarımı uygulaması da belirli bir düzen gerektirmektedir. Taguchi deney tasarımı uygulama basamakları aşağıda sıralanmıştır (Şirvancı, 1996).

1-Çözülecek olan problemin belirlenmesi
2-Bu probleme ait başarı ölçütleri ve ölçüm sisteminin belirlenmesi belirlenmesi
3-Başarı ölçütlerini etkileyen etkenlerin seçimi ve düzeylerinin belirlenmesi
4-Etkenlerin kontrol ve gürültü etkeni olarak sınıflandırılması
5-İncelenecek etkenler arası etkileşimlerin (bileşik etkilerin) belirlenmesi.
6-Enuygun dikey dizi seçimi
7-Etkenler ve etkileşimleri ilgili sütunlara yerleştirilmeli
8-Kalite kayıp fonksiyonları ve başarı istatistiklerinin seçilmesi
9-Bir rastsallaştırma (torbadan sayı çekme gibi) yöntemi ile deneylerin uygulanması
10-Kalite ölçütü değerlerinin kaydedilmesi
11-Verilerin analizi ve kontrol edilebilen değişkenlerin enuygun değerlerinin belirlenmesi
12-Doğrulama deneyinin yapılması ve net deney sonuçlarına ulaşılması.

5.4 Taguchi Deney Tasarımı Yönteminin Uygulama Alanları

Deneysel tasarım üretim işlemlerinde başarım geliştirme amaçlı kullanımı ile son derece önemli kazançlar sağlamaktadır. Daha öncede değinildiği gibi Taguchi yöntemi süreç, ya da ürün tasarımında deney sayısını anlamlı bir şekilde azaltan bir deney tasarımı yöntemidir. Taguchi Yöntemi, üretim yapan birçok işletmede yaygın olarak uygulanmaktadır. Plastik, otomotiv, metal üretimi, süreç, elektronik, yarı iletkenler gibi çeşitli üretim alanlarında ve hizmet sektörlerinde uygulanmaktadır.

Literatürde, Taguchi yönteminin değişik uygulamaları mevcuttur. Bu çalışmalardan birinde, fren balatasının kullanım etkinliğini geliştirmek için sürtünme kararlılığını

ve aşınma direncini arttırmak amacıyla, üretim süreci içerisindeki kalıplama ve ısıl işlem aşamalarının içerdiği üretim değişkenlerinin eniyilemesinde Taguchi yöntemi kullanılmıştır (Kim et al, 2003).

Son zamanlarda Taguchi yöntemleri robotların üretilmesinde uygulanmıştır. Wu ve ark., Taguchi yöntemlerini uygulayarak, yol izleme için robot süreç kapasitesini belirlemiş ve eniyilemişlerdir. Liou ve ark., bu yöntemleri robotların kinematik etken için hoşgörü tasarımında kullanmışlardır. Taguchi yöntemlerinin kalite mühendisliğinde etkili olduğu deneysel olarak hesaplanmıştır (Baynal, 2005).

Bir diğer çalışmada ise, elyafla güçlendirilmiş plastik/kauçuk sisteminin yapışma gücü üzerine çeşitli etkenlerin etkisini incelemek amacıyla Taguchi deney tasarımı tekniği uygulanmıştır. Bu çalışmada L_8 dikey dizini kullanılarak çevresel etkilerin, üretim basıncının ve yapıştırıcı çeşidinin sistem üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Çevresel etkiler standart durum, ısıl yaşlanma, sıcak-ıslak işlem ve ısıl şok olarak 4 düzeyde incelenirken, yapıştırıcı çeşidi ve üretim basıncı iki düzeyde ele alınmıştır. Yapılan Taguchi çözümlemesi sonucunda en büyük etkiyi, üretim basıncının gösterdiği ve en iyi çevresel durumun ise ısıl şok ile elde edildiği tespit edilmiştir (Jang, 2000).

BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1 Çalışma Alanı ve Kapsamının Belirlenmesi

Yapılan literatür ve patent taraması sonucunda çeşitli melez kordların çalışıldığı ve bunların çoğunluğunu naylon/aramit melez kord çalışmaları oluşturduğu belirlenmiştir. Literatürde ve patent çalışmaları arasında naylon/poliester melez kordları ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı poliester/naylon melez kordları üretip, elde edilen kordların özelliklerinin çeşitli mekanik ve ısıl özelliklerin ölçümü ile incelenmesidir.

Deneysel çalışma Kordsa firmasının Teknoloji Geliştirme Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Melez kordların üretimi KORDSA laboratuar tipi büküm makinesinde, elde edilen kordların işlenmesi Computreater cihazında yapılmıştır. Kordların fiziksel ve mekanik özelliklerinin ölçümleri Teknoloji Geliştirme Bölümü Laboratuarlarında gerçekleştirilmiştir. Melez kord üretiminde KORDSA'nın üretmiş olduğu naylon 6.6 (T728) ve poliester (HMLS 793) iplikler kullanılmıştır. Bu geliştirme çalışmasının son amacı melez kordun KORDSA tarafından ticari ürün olarak lastik üreticilerine sunulması olarak belirlenmiştir.

6.2. Süreç Girdi Değişkenlerinin ve Düzeylerinin Belirlenmesi

Bu aşamada enuygun melez kord özelliklerini belirlemek için, en önemli sürecin kord büküm süreci olduğu düşünülmüş ve büküm sürecinde kord özellikleri etkileyebilecek tüm değişkenler belirlenmiştir. Melez kord üretiminde kord başarımını etkileyecek olan tüm değişkenler Tablo 6.1'verilmiştir.

Tablo 6.1: Melez kord üretim değişkenleri

Değişkenler	**Birim**	**Düzey**	**Değerleri**
Naylonun doğrusal yoğunluğu	dtex	4	940, 1400, 1880, 2100
Poliesterin doğrusal yoğunluğu	dtex	4	1100, 1670, 1440, 2200
Naylon büküm düzeyi	tpm	3	A, B, C (*)
Poliester büküm düzeyi	tpm	3	A, B, C (*)
Katlı bükümün düzeyi	tpm	3	A, B, C (*)
Naylon büküm yönü	-	2	z, s
Poliester büküm yönü	-	2	z, s
Katlı bükümün yönü		2	z, s
(*) A, B, C büküm düzeyleri tüm takımlar için 130-500 tpm arasında üç farklı gerçek sayıdır. Bu sayılar arasında A< B< C ilişkisi vardır.			

Bu değişkenlerin tümü Tablo 6.1'de verilen düzeylerde tam etkensel tasarımla incelendiğinde, üretilmesi gereken kord sayısı (4*4*3*3*3*2*2*2)=3456'dır. Bu kadar fazla kord üretimi yapmak olanaklı olmadığı için üretilecek kord sayısı anlamlı bir biçimde azaltılmıştır. Bunun için, büküm yönü üretimde kullanıldığı gibi sabitlenmiş ve her iki malzeme için üç farklı doğrusal yoğunluk seçilmiştir. Daha sonra yapılan üretimler ve testler sonucunda poliesterin 2200 (dtex) doğrusal yoğunluktaki ipliğinin de bir takım (set) içinde incelenmesi gerektiği düşünülerek, poliester ipliğinin doğrusal yoğunluğu dört düzeyde değerlendirilmiştir.

Üretimde tek bükümler için z büküm katlı bükümler içinde s büküm yönü kullanılmaktadır. Buna göre üretilen melez kordlarda naylon ve poliester z büküm yönünde bükülüp, daha sonrada iki katlı kordu oluşturmak üzere bükülmüş iplikler ters yönde (s) bükülmüştür. Büküm yönünün sabitlenmesi ve doğrusal yoğunluk seçimi ile üretilmesi gereken melez kord sayısı (3*3*3*3*3)=243'e düşmüştür. Bundan sonrada Taguchi deney tasarımı yöntemi kullanılarak üretilecek kord sayısında anlamlı bir azaltma yapılmıştır.

5 etkenli, 3 düzeyli deney tasarımı için L_{27} tasarımı ele alındığında, 27 farklı üretim düzeni ile inceleme yapılabilmektedir. L_{27} tasarımı Tablo 6.2'de verilmiştir. Ancak, yüksek büküm düzeylerinde yüksek doğrusal yoğunluklu ipliklerin, üretimde ip kopması gibi sorunları çıkaracağı düşünülerek bu dikey dizinin kullanımından vazgeçilmiştir.

Tablo 6.2: Büküm süreci üretim değişkenleri için L_{27} dikey dizisi

NY 6.6 (dtex)	PET (dtex)	NY6.6 bük. düzeyi	PET bük. düzeyi	Son kat bük.düzeyi
1	1	1	1	1
1	1	1	1	2
1	1	1	1	3
1	2	2	2	1
1	2	2	2	2
1	2	2	2	3
1	3	3	3	1
1	3	3	3	2
1	3	3	3	3
2	1	2	3	1
2	1	2	3	2
2	1	2	3	3
2	2	3	1	1
2	2	3	1	2
2	2	3	1	3
2	3	1	2	1
2	3	1	2	2
2	3	1	2	3
3	1	3	2	1
3	1	3	2	2
3	1	3	2	3
3	2	1	3	1
3	2	1	3	2
3	2	1	3	3
3	3	2	1	1
3	3	2	1	2
3	3	2	1	3

Daha geniş bir inceleme için tek bir naylon ve tek bir poliester doğrusal yoğunluğunda, 3 farklı büküm düzeyinin incelenmesi düşünülmüştür. Doğrusal yoğunluk ve büküm düzeylerini ele alan 9 takım deney sisteminin çalışılması planlanmıştır. Ancak deney sonuçlarının incelenmesi sonucunda poliester için 2200 (dtex) doğrusal yoğunluğu da eklenerek toplam 10 takım deney sistemi çalışılması kararlaştırılmıştır. Her bir deney takımında NY 6.6/PET melez kord üretmek için kullanılan doğrusal yoğunluk bileşimleri Tablo 6.3'de verilmiştir.

Tablo 6.3: Melez kord üretmek için kullanılan doğrusal yoğunluk bileşimleri

Deney setleri	Doğrusal yoğunluk bileşimleri
1	**940** (dtex) NY 6.6–**1100** (dtex) PET
2	**940** (dtex) NY 6.6–**1440** (dtex) PET
3	**940** (dtex) NY 6.6–**1670** (dtex) PET
4	**1400** (dtex) NY 6.6–**1100** (dtex) PET
5	**1400** (dtex) NY 6.6–**1440** (dtex) PET
6	**1400** (dtex) NY 6.6–**1670** (dtex) PET
7	**1880** (dtex) NY 6.6–**1100** (dtex) PET
8	**1880** (dtex) NY 6.6–**1440** (dtex) PET
9	**1880** (dtex) NY 6.6–**1670** (dtex) PET
10	**1880** (dtex) NY 6.6–**2200** (dtex) PET

Tablo 6.3'de verilen deney takımlarının her birine L_9 dikey dizi uygulanmıştır. Tablo 6.4'de tek bir grup için L_9 dikey dizisi görülmektedir. L_9 dikey dizisine göre farklı özelliklerde 9 tane melez kord elde edilebilmektedir. Toplamda 10 takım için 90 tane melez kord üretilmiştir. Ayrıca karşılaştırma yapabilmek içinde üç farklı naylon ve dört farklı poliester doğrusal yoğunluğu için, her farklı doğrusal yoğunlukta üç farklı büküm düzeyi olmak üzere toplam 21 tane kıyaslama kordunun üretimi yapılmıştır.

Tablo 6.4: Farklı büküm düzeylerinde L_9 dikey dizisi (kodlanmamış)

Ny bük. düzeyi	PET bük. düzeyi	Katlı bük. düzeyi
1	1	1
1	2	2
1	3	3
2	1	2
2	2	3
2	3	1
3	1	3
3	2	1
3	3	2

Tablo 6.4'de verilen dikey dizi her bir doğrusal yoğunluk takımı için seçilen büküm düzeylerinde kodlanmış ve elde edilen dikey diziye göre üretim yapılmıştır. Örneğin 940 dtex Ny- 1100 dtex PET bileşimi için A, B, C şeklinde üç farklı büküm düzeyi

üretimde kullanılan büküm düzeylerini de kapsayacak şekilde seçilmiş ve Tablo 6.5'de verilen kodlanmış L_9 dikey dizisi oluşturulmuştur. A, B, C büküm düzeyleri tüm takımlar için 130-500 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır. Her bir takım için A, B, C büküm düzeyleri farklı aralıkta seçilmiştir.

Tablo 6.5: Farklı büküm düzeylerinde L_9 dikey dizisi (kodlanmış)

Deney No	Ny bük.	PET bük.	Katlı bük.
1	A	A	A
2	A	B	B
3	A	C	C
4	B	A	B
5	B	B	C
6	B	C	A
7	C	A	C
8	C	B	A
9	C	C	B
A, B, C büküm düzeyleri tüm takımlar için 130-500 tpm arasında üç farklı gerçek sayıdır. Bu sayılar arasında A< B< C ilişkisi vardır.			

Büküm düzeyi seçimi yapıldıktan sonra her bir takım için dokuz farklı özelliklerde NY/PET melez kordu üretimi yapılmıştır. Örneğin, 5 numaralı melez kord, naylon katının (B) büküm düzeyinde, poliester katının (B) büküm düzeyinde bükülmesi, daha sonra bu iki ipliğin (C) büküm düzeyinde bükülerek birleştirilmesi ile üretilmiştir.

6.3 Süreç Çıktı Değişkenlerinin Belirlenmesi

Lastik destek malzemesi olarak üretilen endüstriyel iplikler ham kordu oluşturduktan sonra ve işleme sonrası çeşitli fiziksel ve mekanik özellikler ölçülmüştür.

Ham kordlar üretildikten sonra üretilen tüm kordların büküm düzeyi büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edilmiş, daha sonra çekme cihazında kopma dayanımı, kopmada uzama, 45 N'da uzama, 68 N'da uzama, özdayanım, kopma enerjisi, ve %1-10 arasındaki LASE (belli bir uzamadaki kuvvet) değerleri elde edilmiştir. Ayrıca kordların kalınlığı ve 1 metre kordun ağırlığı da ölçülmüştür.

Polimerlerin önemli özelliklerinden biri de sıcaklıkta çekme değerleridir. Lastik destek malzemesi olarak kullanılan kordların boyutsal kararlılığını koruması önemlidir. Çünkü kullanım sırasında bir yolcu lastiğinin iç sıcaklığı 70-100 ^{0}C'ye ulaşabilir (Yılmaz ve diğ, (2004). Bu nedenle boyca (%) sıcak hava kısalması ve kısalma kuvveti değerleri de incelenmiştir.

Daha sonra tüm kordlar işleme sürecinden geçirilmiştir. Ham kordlara uygulan tüm testler işlenmiş kordlarada uygulanmıştır. Ayrıca ek olarak yapışma, katı miktarı ve yorulma testleri de yapılmıştır. Bilindiği gibi destek malzemesi ile lastik karışımı arasındaki yapışma lastik dayanımını etkilemektedir. Bu nedenle yapışma H-yapışma ve şerit yapışma testleri ile kontrol edilmiş. Ancak yapışmanın eniyilenmesine çalışılmamıştır.

Lastik etkinliğini etkileyen bir diğer önemli etken destek malzemeleri için yorulma davranışıdır. Lastik içinde destek malzemeleri sürekli esneme, uzama ve sıkışma hareketi yaparlar. Bu nedenle destek malzemesinin çok sayıdaki esneme döngüsüne özelliklerini kaybetmeden dayanabilmesi gereklidir (Cho ve diğ, 2000). Bu davranış özellikle lastiğin gövdesinde daha belirgindir. Destek malzemesinin lastiğin gövdesinde kullanılabilmesi için yorulma testlerinin iyi sonuç vermesi gerekmektedir. Ny 6.6/PET melez kordlarının lastiğin hangi bölümünde kullanılacağı müşteri isteğine bağlı olduğu için üretilen kordların yorulma testleri de yapılmıştır.

6.4 Deneylerde Kullanılan Üretim ve Ölçüm Cihazları

Melez kordların ve kıyaslama kordlarının üretiminde Saurer Allma AZB Laboratuar tipi büküm makinesi kullanılmıştır. Büküm makinesinin iki farklı bölümü vardır. İlk bölümde tek katlı bükümler, ikinci bölümde katlı bükümler yapılmaktadır. Tek katlı ve katlı bükümün yapıldığı bölümler kendi içindede ikiye ayrılmaktadır. Bu bölümler düşük doğrusal yoğunluktaki ipliklerin ve yüksek doğrusal yoğunluktaki ipliklerin büküldüğü bölümlerdir.

Kordsa Naylon iplik ve Kordsa Poliester iplik fabrikalarında üretilen çeşitli doğrusal yoğunluktaki iplikler 24 ^{0} C sıcaklıkta ve %55 nem oranına sahip laboratuvarda iklimlendirildikten sonra belirlenen büküm düzeylerinde bükülmüş ve ham kordlar

üretilmiştir. Her bir büküm çalışmasında 9 tane melez kord, 6 tane de kıyaslama kordu bükülmüştür. Kullanılan büküm makinesinin farklı fotoğrafları Şekil 6.1ve Şekil 6.2'de görülmektedir. Şekil 6.1'de büküm makinesinin dişli sistemi görülmektedir. Makine içinde A1, A2, B1, B2, C1, C2 diye adlandırılan dişliler vardır. A1, A2, B1, B2 dişlileri bükümü düzeyini kontrol ederken C1 ve C2 dişlileri ipliğin sarım işlemini kontrol etmektedir. Örneğin 470 tpm büküm düzeyi elde etmek için makineya ait dişli tablosundan bu düzeyi elde etmek için A1, A2, B1, B2 dişlilerinin uygun dişli numaraları seçilir ve makineye takılır. Seçilen dişli takımı sağa takılırsa (s) büküm yönü, sola takılırsa da (z) büküm yönü elde edilir.



Şekil 6.1: Büküm makinesinin dişli sistemi



Şekil 6.2: Büküm makinesi

Bükülmüş iplikler ve işlenmiş kordların büküm kontrolü Zweigle büküm test (Germany) cihazında büküm açma yöntemi ile kontrol edilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.3: Büküm test cihazı

İşlemede Litzler Co. Computreater 2000 marka cihaz kullanılmıştır. Sistem, 3 fırın bölmeli, 2 banyo sistemli ve 5 gerdirme bölgeli bir kord işleme tesisidir. Şekil 6.4'de kullanılan işleme biriminin fotoğrafı görülmektedir.



Şekil.6.4: İşleme makinesi (Computreater)

Çekme testleri için Instron 4502 cihazı kullanılmıştır. Bu cihazda farklı testler için farklı çeneler kullanılmaktadır. Ham kordların, işlenmiş kordların mekanik özellikleri, H yapışma ve şerit yapışma ölçümleri ve yorulma testi için bu cihaz kullanılmıştır. Ölçümler, cihazın otomatik olarak bağlı olduğu bilgisayar yardımı ile alınıp, test sonuçları saklanmaktadır.



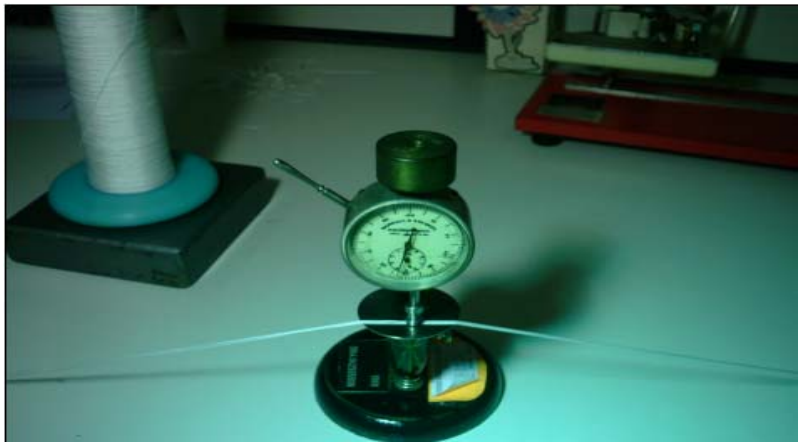
Şekil 6.5:Çekme cihazı

Üretilen kordların boyca (%) kısalması Testrite kısalma ölçümü cihazı ile yapılmıştır. Şekil 6.6'da sıcak hava kısalması testi için kullanılan kısalma cihazının fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 6.6: Isıl kısalma cihazı

Şekil 6.7 kalınlık ölçüm cihazının fotoğrafı verilmiştir. Kalınlık ölçümü ASTM 885-06 standardına göre, dört tane paralel kordun sabit basınç altında cihazın ölçüm yerine yerleştirilmesi ile yapılmaktadır. Daha sonra her bir örnek için beş ölçüm değerinin alınmakta ve değerlerin ortalaması olarak verilmektedir. Sabit bir basınç uygulandığı ve kordların sıkışması söz konusu olduğundan ham kordlar için duyarlı veriler elde edilememektedir. Ancak işlenmiş kordlar için bu durum söz konusu değildir.



Şekil 6.7 Kalınlık ölçüm cihazı

Kord lastik karışımının yapışma testinin yapılabilmesi için kord ve lastik karışımının yapışmasını sağlayan PHI marka 20 tonluk hidrolik press kullanılmıştır. Sabit sıcaklık ve basınç uygulayabilen bu cihaz lastik karışımının vulkanizasyonunu sağlar ve aynı zamanda kordun lastik karışımına yapışmasını sağlamaktadır. Bu cihaz çeşitli yapışma testleri ve yorulma testi yapılırken kullanılmaktadır. Şekil 6.8'de cihazın fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 6.8: Hidrolik Pres

Kordların yorulma testleri Wallace ölçüm cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bu cihazın hazırlanmış örneklerin yerleştirilebileceği beş bölmesi vardır. Her bir kord için 2 tane test örneği cihaza bağlandığından günde sadece iki farklı kordun yorulma testi yapılabilmektedir. Cihaza bağlanan test örneği, yarım silindir şeklindeki bir kol üzerinde ileri-geri hareket ettirilmekte ve döngü sayısı cihaz tarafından kaydedilmektedir. Farklı ipliklerden üretilen kordlar bu cihazda yorulmakta ve yorulmamış kordlarla özellikleri ile karşılaştırılmaktadır. Şekil 6.9'de kullanılan yorulma cihazının fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 6.9: Yorulma cihazı

Görüntüleme çalışmaları için Olympus SZ6045 Model, Automatic Trinoculer Stereo Zoom Mikroskop kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan ham kordların yapısal incelemesi için Fourier transform infrared (FTIR) tekniği kullanılarak IR spektrumları alınmıştır. Bu ölçüm 500–4000 cm^{-1} dalga boyu aralığı kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçüm için Thermo Nicolet Instruments'ın FTIR cihazı kullanılmıştır

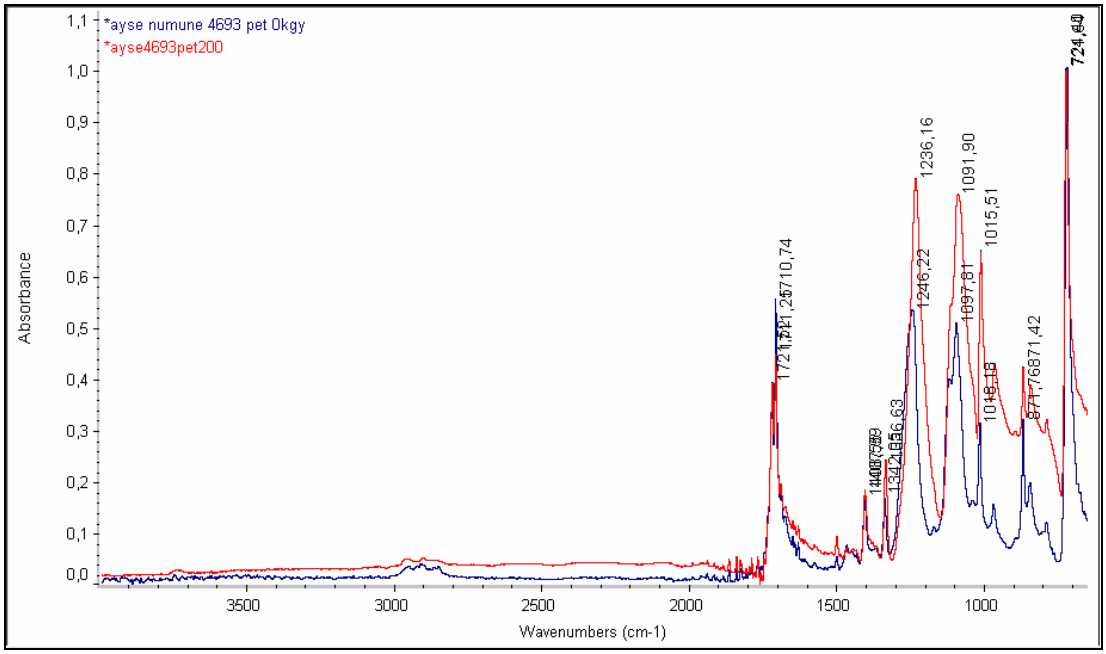
6.5 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Melez kordların ve kıyaslama kordlarının üretiminde KORDSA'nın üretmiş olduğu naylon 6.6 ve poliester iplikler kullanılmıştır. Bu ipliklerin doğrusal yoğunlukları Tablo 6.6'de verilmiştir.

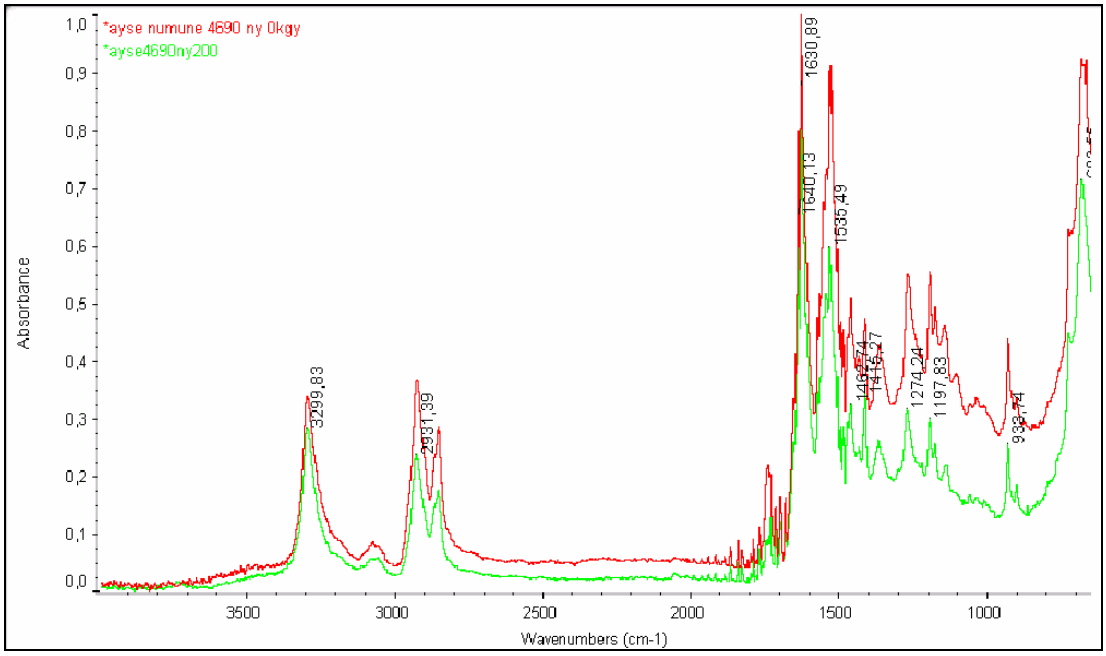
Tablo 6.6: Ham ipliklerin doğrusal yoğunlukları

İplik Tipi	**Doğrusal Yoğunluğu(dtex)**
Naylon 6.6	940, 1400, 1880
Poliester	1100, 1440, 1670, 2200

Kullanılan ham ipliklerin yapısal incelemesi için FTIR spektrumları çekilmiştir. Şekil 6.10 poliester ham iplik ve Şekil 6.11'da naylon 6.6 için FTIR spektrumlar verilmiştir. Poliester ham iplik 1710, 1236, 1091, 1015 ve 724 cm^{-1} dalga boyu soğurma bantlarında pik verirken, naylon 6.6 3300(, 2931, 1630, 1535 1274, 1197 ve 933 dalga boylarında pik vermiştir.



Şekil 6.10: PET'in FTIR spektrumu



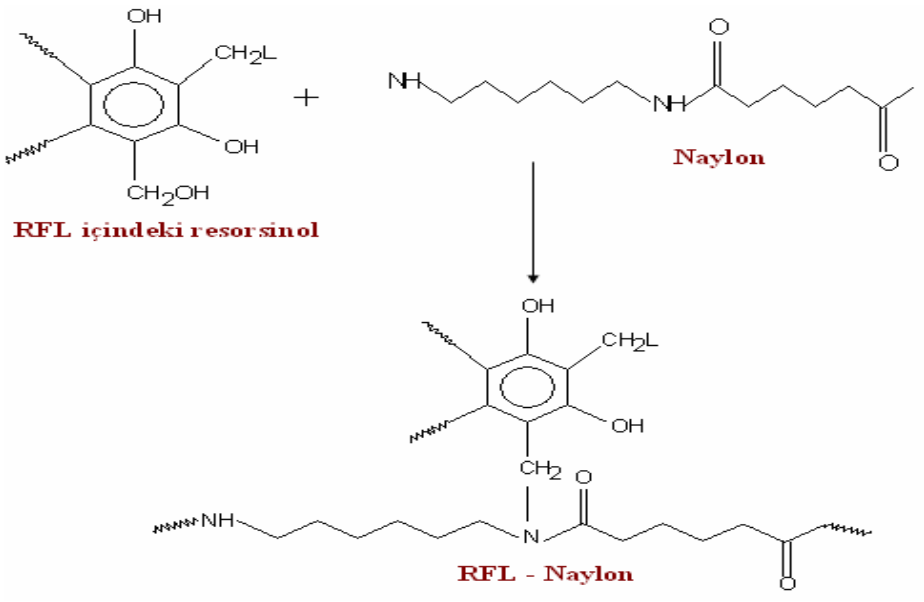
Şekil 6.11: NY 6.6'nın FTIR spektrumu

Kord lastik yapışmasını sağlayabilmek amacıyla iki farklı işleme süreci uygulanmıştır. Bu süreçler tek banyo ve çift banyonun kullanıldığı süreçlerdir. Tek banyo sürecinde kordlar sadece RFL çözeltisinden geçirilirken, çift banyolu süreçte önce izosiyanat çözeltisinden daha sonra RFL çözeltisinden geçirilmiştir. Kord üretiminde kullanılan tipik bir RFL banyo reçetesi Tablo 6.7.'da verilmiştir. Kullanılan banyo reçeteleri genellikle kordu kullanacak lastik firmaları tarafından onaylanmaktadır.

Tablo 6.7: Genel RFL banyo reçetesi (Jamsidi, 2005a).

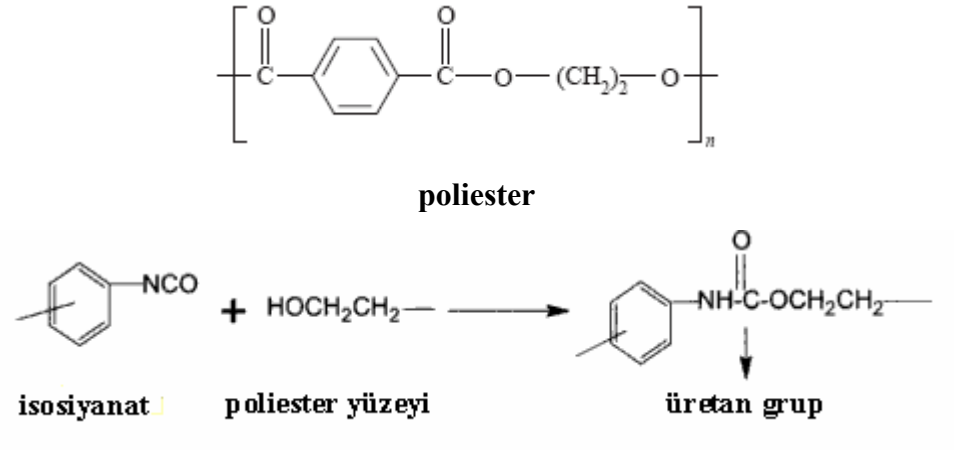
Kullanılan kimyasallar	**Bileşimdeki miktar(%)**
Yumuşak su	47,0
Vinil Piridin lateks	43.0
Amonyak	3,5
Formaldehit, %37	3.2
Resorsinol	2.1
Kostik (NaOH), %10	1.1
Köpük giderici+B4	0,1
TOPLAM	**100**

Naylon 6.6 ve RFL etkileşiminde, yapışmayı büyük oranda reçine bileşenlerinin metoksi grupları ile naylon 6.6' nın amit grupları arasındaki kimyasal bağ sağlamaktadır. Aşağıda şekil 6.12' de RFL-Naylon 6.6 yapışma mekanizması verilmiştir.



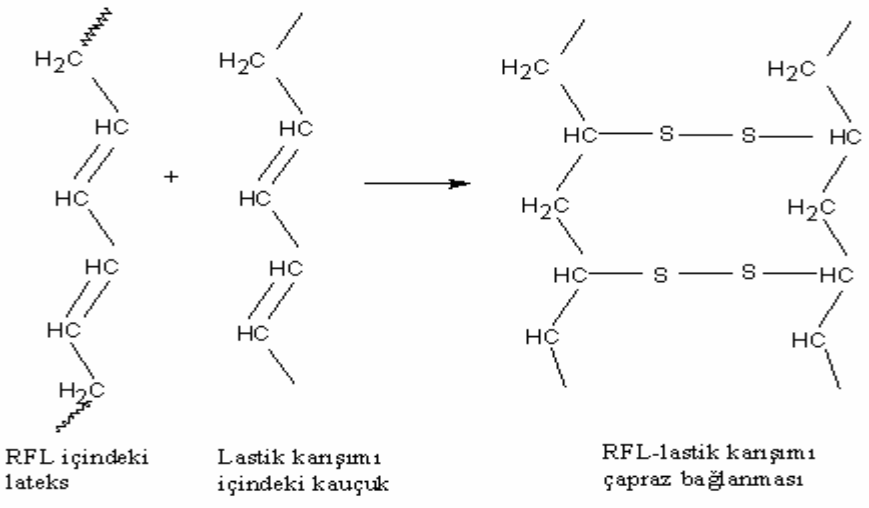
Şekil 6.12: RFL-Naylon 6.6 yapışma mekanizması (Vatansever, 2001).

Poliester naylonda olduğu gibi aktif amit grubu veya rayonda olduğu gibi aktif hidroksil grupları içermediğinden doğrudan RFL ile işlenmesi mümkün değildir. Aktif grup oluşturmak üzere epoksi gruplarını veya izosiyanat çözeltisinin kullanıldığı bir ön banyo işleminden geçirilir (Skeist, 1969; Porter, 1992). Böylece izosiyanat poliester üzerinde aktif grup oluşturarak RFL ile uyuşmasını sağlar. Şekil 6.13'de poliester ile isosiyanat arasındaki tepkime verilmiştir.



Şekil 6.13: Poliester isosiyanat tepkimesi

RFL ile lastik karışımı arasındaki yapışmayı ise RFL içindeki lateksin lastik karışımı içindeki kauçukla yüzeye göç eden kükürt aracılığı ile oluşturduğu çapraz bağlanma sağlar. Bu çapraz bağlanmanın ancak vulkanizasyondan sonra gerçekleştiği unutulmamalıdır. Lastik karışımı ve RFL arasındaki yapışmanın mekanizması Şekil 6.14'de verilmiştir.



Şekil 6.14: Lastik karışımı ve RFL yapışma mekanizması

Yapışma testlerinde ve yorulma testinde kullanılan Lastik karışımları bu testler için bir lastik firması tarafında hazırlanmış standart lastik karışımıdır. Katı miktarı testi çalışmalarının bir bölümünde Merck kimyasalarından analitik saflıkta formik asit ve diklorometan kullanılmıştır.

6.6 Kullanılan Deneysel Yöntemler

6.6.1 Büküm düzeyi kontrolü

Şekil 6.3'de verilen büküm test cihazı ile büküm düzeyi kontrolü yapılmıştır. Cihazın kıskaçları arasına başlangıç uzunluğu 500 mm olan bükülü iplik takılır. Büküm yönüne bağlı olarak kıskaçların sağa yada solo dönmesi sağlanır. Böylece büküm açılmış olur. Her bir test numunesi için büküm düzeyi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (BISFA, 1995).

Büküm Düzeyi (tpm) : [numunenin dönme sayısı/ başlangıç uzunluğu (mm))]*1000

Büküm düzeyi sınır değerleri müşteriden müşteriye değişmektedir. Kontrol edilen büküm düzeyleri için kabul sınır değeri genel olarak ±%10'dur.

6.6.2 Çekme ölçümleri

Üretilen kordların mekanik özelliklerinin ölçülmesi Instron 4502 cihazı ile ASTM 885-06 standardına göre yapılmıştır. Çekme cihazının biri sabit, diğeri hareketli olmak üzere iki çenesi vardır. Cihazın her iki çenesine kordu yerleştirdikten sonra cihazın altında bulunan pedala sağ ayakla basılarak alt çene kapatılır, sağ el ile belirli bir ön germe verilerek üst çenenin de kapatılması sağlanır. Daha sonra hareketli çene numuneyi iplik kopana kadar sabit 300 m/sn hızla çeker. Test sürecinde alınan veriler bilgisayara gönderilir. Test bittikten sonra bilgisayar ekranında numunenin kuvvet-uzama grafiği görülebilir. Yapılan her ölçüm beş kez tekrar edilir ve beş ölçümün ortalaması bilgisayar tarafından otomatik olarak kaydedilir.

Bu test cihazı ile yapılan her bir test için kopma dayanımı (Breaking Strength - BS), kopmadaki uzama yüzdesi (Elongation at Break - EB) ve 45 ve 67 Newton'daki uzama yüzdesi (Elongation at Specific Load, EASL) , %1-10 arasındaki uzamalarda kuvvet (Load at Specific Elongation, LASE) değerleri, kopma enerjisi (Breaking Energy) ve özdayanım değerleri elde edilmiştir.

6.6.3 Isıl kısalma ölçümü

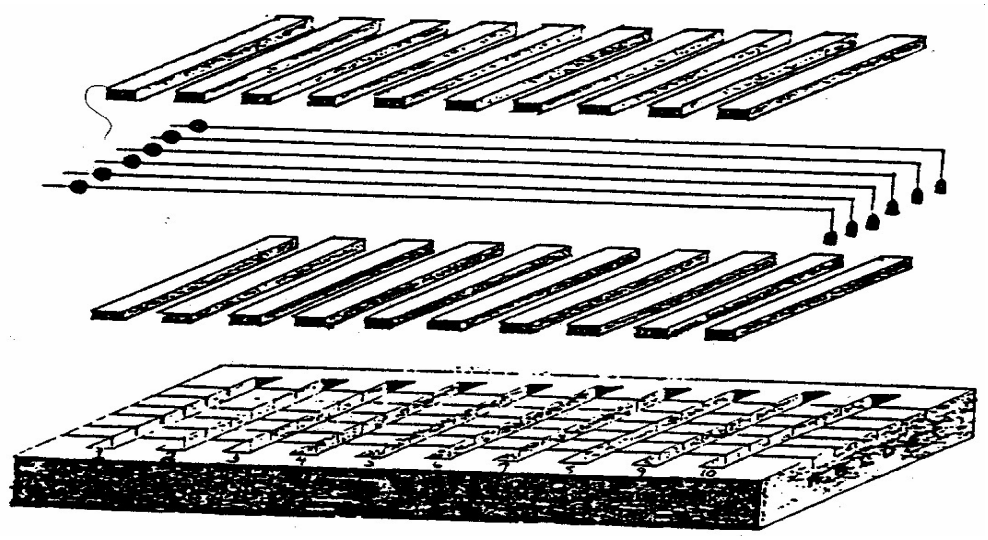
Üretilen kordların boyca (%) kısalması Testrite kısalma ölçümü cihazı ile yapılmıştır. Bu test ASTM 4974–04 standardına göre yapılmıştır. Test edilecek kordun uzunluğu yaklaşık 75 cm olmalıdır. Test edilecek örnekler 24± 2 ^{0}C, bağıl nem: % 55± 3. standart laboratuvar koşullarında bekletilerek iklimlendirilir. Cihaza takılacak her kordun ucuna toplam doğrusal yoğunluğuna göre değişen ağırlıklar takılır. Örneğin, 940 (dtex) 2 katlı bir kord için 1880*0,045:85 (gr) ağırlık bağlanır.

Cihaza iplik takıldıktan sonra, cihazın ön bölmesi içeriye doğru itilir ve cihaz otomatik olarak çalışmaya başlar. İplik kapalı bir sistem içinde 177 ºC'de iki dakika ısıtılır. Isınan kord kısalır, cihaza bağlı göstergedeki ok hareket eder ve göstergeden % boyca kısalma değeri okunur. Yapılan her bir test 3 kez tekrar edildikten sonra ortalama değerler alınarak % kısalma değeri belirlenir.

Kısalma kuvveti, kısalmaya karşı gösterilen dirençtir. Kısalma kuvveti de yine aynı cihazda parça değişimi yapılarak ve ASTM 5591-04 standardına göre yapılır. Kısalma için takılan ön germe ağırlıkları kısalma kuvveti için de uygulanır.

6.6.4 H yapışma testi

H yapışma testi ASTM D 4776 standardına göre yapılmıştır. Bu testin amacı lastik karışı ile işlenmiş kord arasındaki bağın durumunun kontrol edilmesidir. H yapışma testi için yaklaşık 50 cm boyunda kord örnekleri hazırlanır ve uçlarından birbirine düğümlenir. Test edilecek kordlar birden fazla ise birbirine karışmaması için düğümlerin ucuna kord numarasını yazan bir bant yapıştırılır. Daha önceden uygun boyutlarda kesilerek hazırlanmış olan lastik karışımından alınır.



Şekil 6.15: Kordların test kalıbına yerleştirilmesi

Şekil 6.15'de gösterildiği gibi önce kesilerek hazırlanmış lastik karışımı kalıba ilk kat olarak yerleştirilir. Daha sonra test edilecek kordlar alınıp, düğümlü uçlarını yan yana olan iki kord yuvasına tutturarak boydan boya geçirilir. Kordun ortasına da iki yuvaya ait parça için 100 gr'lık ön germe ağırlığı asılır.

Bundan sonra üçüncü kat olarak kordun üzerine uygun boyutta kesilmiş lastik karışımı yerleştirilir. Yerleştirme işlemi tamamlandıktan sonra kalıbın üst plakası kapatılır. Kalıp press plakalarının tam ortasına yerleştirilir. Hazırlanan kalıp 153±2 ºC sıcaklıkta, 3,2 MPa basınçta 25 dakika süre ile pişirilir. Bu süre sonunda kalıp hiç bekletilmeden çıkartılır.

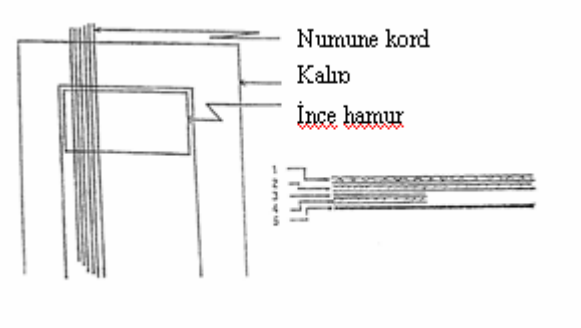
Ön germe ağırlıkları kalıptan alındıktan sonra örnek hemen soğuk bir yere alınıp 30 dakika bekletilir. Daha sonra kordlara paralel olarak hamurun tam ortasından kesilir. Her bir numune orta doğrusu kord olan H şekli edilerek kesilir. Bu şekilde elde edilen örneklerin dışarı taşan hamurları makasla temizlenir. Çekme cihazına H yapışma çeneleri takılarak cihazın ayarlaması (kalibrasyonu) yapılır. Her kord için 8 çekim yapıldıktan sonra ortalama değer alınır

.

6.6.5 Şerit yapışma testi

Şerit yapışma testi H-yapışma gibi lastik karışımı ve işlenmiş kord arasındaki yapışmanın kontrolü için yapılmaktadır. Şerit yapışma için "Kordsa şerit kord

yapışma testi" test metodu kullanılmıştır. Bu test de yaklaşık 75 cm boyunda kord örnekleri kullanılır. Kalıbın yapışma örneği verecek bölümüne 3 kord 7 kez geçecek şekilde yerleştirilir (Şekil 6.16). Bunu yaparken kordun tüm kısımlarının aynı gerginlikte olduğu el değmeden kordun kalıbın dışında kalan yerinden kontrol edilir. Test yapılacak kısma ince hamur yerleştirilip (test hamuruna yapışmaması için) üzerine selefon bant yerleştirilir. İnce hamur üzerine testi yapılan kord numarası yazılır. Daha önceden uygun boyutlarda kesilerek hazırlanmış olan standart hamuru kalıp içine düzgünce yerleştirilir.



Şekil 6.16 İşlenmiş kordun şerit yapışma kalıbına yerleştirilmesi

160±2 ºC sıcaklıkta, 2,4 MPa basınçta 20 dakika süre ile pişirilir. Bu süre sonunda kalıp hiç bekletilmeden çıkartılır. Kalıp presten alındıktan sonra kalıbın üst plakası açılır. Numune hemen soğuk bir yere alınıp yarım saat bekletilir. Her bir örneğin 1. ve 7. kordları kesilerek 5 kord ile çekim yapılır. Çekme cihazına şerit yapışma çeneleri takılarak cihazın ayarlaması yapılır. Kordları üst çeneye, hamur kısmı alt çeneye takarak çekimi yapılır. Her kord için 2 tekrar yapıldıktan sonra sonuçlar ortalama değer olarak bilgisayardan alınır

6.6.6 Katı miktarı testi

Bu testin amacı, işlenmiş naylon veya poliester kordlarındaki ipliği tamamen çözerek banyo işlemi sırasında aldığı katı madde yüzdesinin kimyasal yöntemle tayin edilmesidir. Katı testi ASTM 885-06 standardına göre yapılır. İşlenmiş naylon kord içindeki naylonu çözmek için formik asit kullanılırken, işlenmiş poliester kordun içindeki poliesteri çözmek için soyumhidroksit, ya da diklorometan kullanılır.

Katı miktarı yüzdesi;

% Katı miktarı = artık madde ağırlığı / (yaş örnek ağırlığı – artık madde ağırlığı)

şeklinde hesaplanır.

Ancak çalışmada melez kordlar üretildiği için kordun yapısında hem naylon hem de poliesterin çözülmesi gerekmektedir. Katı miktarı testi melez kordlar için formik asitde denenmiş ama poliesteri çözmemiştir. Diklorometanda 3-4 saat ısıtarak denendiğinde ise naylon çözünmüştür. Üretilen melez kord sayısı çok fazla olduğu ve yapışmanın eniyilenmesi amaçlanmadığı için ipliğin çözülmesi yönteminden vazgeçilmiştir.

Melez ipliklerin katı testi çözme yöntemiyle gerçekleştirilememiştir. Bunun yerine 10 m ham kordun ağırlığı, 10 metre işlenmiş kordun ağırlığından çıkarılıp daha sonrada % katı hesabı yapılmıştır. Ancak bu yöntemle bulunan %katı değerleri kıyaslama kordları için ASTM 885-06 standardına göre yapılan test sonuçlarıyla karşılaştırıldığında bazen %20'nin üzerinde hata verdiği için, bu yöntemin çok güvenilir olmadığı sonucuna varılmıştır.

6.6.7 Yorulma testi

Taşıt lastikleri, kordların yorulması ve lastik karışımı ile ayrılması sonucu hizmet dışı kalırlar. Lastik kordları lastiğin yer ile temasında sürekli germe ve sıkıştırma kuvvetlerine maruz kalırlar. Kordların kopma dayanımının azalmasının nedenlerinden biri de liflerin sürekli birbirine sürtünerek aşınmasıdır. Bu testteki amaç kordlar yorulduktan sonra yapışma ve kopma dayanımı testlerini yaparak yorulmamış kordla karşılaştırmaktır. Böylece kalan dayanım ve kalan yapışma değerleri hesaplanacaktır.

Bu test için Kordsa "Kord bezi dinamik yapışma ve yorulma" test yöntemi ve ASTM 430-06 standardı kullanılmıştır. Öncelikle yorulma testi lastik kordlarına uygulanacağı için kord bezi oluşturmak amacıyla Şekil 6.17'de görülen tezgaha kord

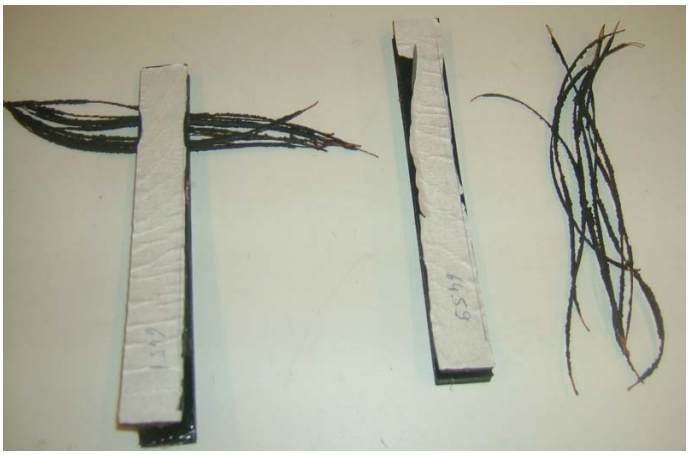
ipliği sarılır. Daha sonra tezgahtaki kord ipliğinin altı ve üstü standart lastik karışımı ile kaplanır. Bu şekilde 2 örnek hazırlanır ve araya saydam bant yerleştirilerek bu iki örnek üst üste konur.

Elde edilen örneği desteklemek amacıyla, örneğin her iki yanına bir kat kare doku bir kat lastik karışımı şeklinde iki kez destek konur. Elde edilen örneğin bir yüzüne örnek boyutunda kağıt yapıştırılır ve kağıt kaplı yüzey tükenmez kalemle üçe bölünür. Böylece üç tane lastik şeridi oluşur. Her bir şerit üzerine test edilecek kordun numarası yazılır.



Şekil 6.17: Yorulma testi örneğinin hazırlanması

Daha sonra hazırlanan örnek yorulma testi kalıbına yerleştirilir, kalıbın kapağı vulkanizasyon sırasında örneğin hava almasını önlemek için kapatılır ve kalıp hidrolik prese konur. Test numunesi 143 ^{0}C sıcaklıkda ve 68.9 MPa (10.000 psi) basınçta, 45 dakika pişirilir. Presten çıkarılan numune soğutulur. Pişme öncesi işaretlenen yerlerden üç şerite ayrılır. Her örneğin iki lastik şeriti yorulma cihazına takılırken, bir şeritde kenarda yorulmamış örnek olarak saklanır. Örnekler yorulma cihazına takılırken dikkat edilmesi gereken nokta kağıtlı olan yüzeyin üste gelmesidir.



Şekil 6.18: Yorulmuş şeritler

İstenilen döngü sayısı bitince cihaz otomatik olarak durur. Sonra şeritler cihazdan çıkarılır. Çekme cihazına şerit yapışma çeneleri takılır ve cihazın ayarlaması yapılır. Şerit örnekler saydam bantın olduğu yerden çekme cihazına sabit bir basınçla takılır ve çekim işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem yorulmuş şeritler ve yorulmamış şerit için tekrarlanır.

Daha sonra şeritler tamamen ayrılır ve yorulmanın olduğu yerden beş tane kord çıkarılır (Şekil 6.18). Çekme cihazına kord bezi çekme çeneleri takılır ve çeneler sıfır aralığa getirilir. Cihazın ayarlaması yapılır. Çekim işlemi yorulmuş kordlar ve yorulmamış kordlar için yapılarak ortalama değerlerden , % kalan dayanım ve % kalan yapışma değerleri hesaplanır.

6.7 Melez ve Kıyaslama Kordlarının Hazırlanışı

Bu çalışmada farklı doğrusal yoğunluklarda ve farklı büküm düzeylerinde Ny 6.6/PET melez kordlar üretilmiştir. Melez kord üretimi için Tablo 6.3'de verilen doğrusal yoğunluk bileşimlerinde, 10 takım büküm çalışması yapılmıştır. Büküm çalışmaları naylonun doğrusal yoğunluğu sabit tutularak, poliesterin doğrusal yoğunluğunun değiştirilmesi şeklinde sürdürülmüştür. Örneğin 940 dtex naylon sabit alınarak poliesterin 1100, 1440, 1670 bileşimleri çalışılmıştır. Büküm düzeyleri her bir takım için yeniden değerlendirilmiş ve üretimde kullanılan düzeyleri de kapsayacak şekilde belirlenmiştir.

Her bir takım, Taguchi deney tasarımına göre L_9 dikey dizisi kullanılarak çalışılmıştır. Her takımda farklı özelliklerde 9 tane melez kord üretimi yapılmıştır. Toplamda 10 takım için 90 tane melez kord üretilmiş ve kordların başarımları incelenmiştir.

Ayrıca melez kordların başarımlarını karşılaştırabilmek için üç farklı naylon ve dört farklı poliester doğrusal yoğunluğunda toplam 21 tane kıyaslama kordu üretilmiştir. Kıyaslama kordları için her bir doğrusal yoğunlukta üç farklı büküm düzeyi çalışılmıştır.

Üretilen tüm ham kordların büküm düzeyleri büküm test cihazında kontrol edilmiş. Mekanik özellikleri çekme cihazında test edilmiştir. Kısalma ve kısalma kuvveti değerleri Tesrite kısalma cihazında ölçülmüştür. Ayrıca ham kordların 1 metre uzunluklarının ağırlıkları ve kalınlıkları ölçümleri de yapılmıştır.

Bükülmüş kordların işlenmesi işlemi 940 dtex Ny-1100 dtex PET bileşimi ile başlanmıştır. Bu bileşimdeki kordlara öncelikle sadece RFL çözeltisi uygulanmış ve yapışma düzeyleri kontrol edilmiştir. Tüm kordlar yeterli yapışma düzeyini sağlamadığı için çift banyo uygulanmıştır. Çift banyolu işlemde yeterli yapışma değerleri sağlandığı için diğer bileşimlerdeki tüm kordlara çift banyo işlemi uygulanmıştır.

İşleme sonrasında ham kordlara yapılan tüm mekanik ve ısıl testler işlenmiş kordlara da yapılmıştır. Ham kord testlerine ek olarak kordların yapışma, katı ve yorulma testleri yapılmıştır.

BÖLÜM 7 - BULGULAR VE TARTISMA

7.1 940 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması

940 dtex Ny-1100 dtex PET melez kord üretimi, Tablo 6.4'de verilen L_9 dikey dizisi (kodlanmış) kullanılarak yapılmıştır. Bu kord bileşimi için L_9 dikey dizisindeki büküm düzeyleri, üretimde kullanılan büküm düzeyleri de düşünülerek geniş bir aralıkta belirlenmiş ve A_1, B_1, C_1 sembolleri ile gösterilmiştir. A_1, B_1, C_1 büküm düzeyleri 200-470 tpm aralığında üç farklı gerçek sayıdır. Bu büküm düzeyleri arasında $A_1 < B_1 < C_1$ ilişkisi vardır. L_9 dikey dizisinde bir takım için toplam 9 farklı özellikte melez kord üretimi çalışması vardır.

7.1.1 940 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Üretilen melez kordların özelliklerini karşılaştırabilmek için üçü 940 dtex naylon, üçü 1100 dtex poliester olmak üzere farklı büküm düzeylerinde 6 tane kıyaslama kordu üretilmiştir. Kıyaslama kordları büküm düzeyleri 270, 350 ve 470 tpm olarak belirlenmiştir. İplikler önce belirlenen büküm düzeyinde büküm makinasında bükülmüştür. Daha sonra iki katlı kıyaslama kordunu oluşturmak üzere belirlenen büküm düzeyinde bükülerek birleştirilmiştir.

Üretilen tüm kordların büküm düzeyi, büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edilmiştir. Büküm kontrolleri müşteri isteğine göre değişirken, genelde büküm düzeyinin alt ve üst sınırı için ±%10 kabul edilebilir değerler olarak alınmaktadır. Tablo 7.1'de bu takım için üretilen kıyaslama kordlarının büküm düzeyi ölçüm değerleri örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 7.1: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının büküm düzeyi ölçüm değerleri

Kord Türü	**Doğrusal yoğunluğu** (dtex)	**1. Kat Bük. Düzeyi** (tpm)	**2.Kat Bük. Düzeyi** (tpm)	**Katlı Bük.Düzeyi** (tpm)	**Hedef Büküm düzeyleri** (1.kat/2.kat/katlı bük)
1.Ny	940	197	197	199	200*200*200
2.Ny	940	348	348	351	350*350*350
3.Ny	940	473	473	472	470*470*470
4.PET	1100	201	201	198	200*200*200
5.PET	1100	348	348	348	350*350*350
6.PET	1100	471	471	472	470*470*470

Kıyaslama kordlarının mekanik özellikleri çekme cihazında her bir kordan 5 çekim yapılarak belirlenmiştir. Çekme cihazından kopma dayanımı, kopmada uzama, 44 N'da uzama, 67 N'da uzama, kopma enerjisi, özdayanım ve %1-10 arasındaki LASE değerleri elde edilmiştir.

Tablo 7.2-7.3'de kıyaslama kordları için çekme testi sonuçları verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi 940 dtex Ny kopma dayanımı açısından 1100 dtex PET göre daha üstün, ancak boyutsal kararlılık açısından bakıldığında ise PET'e göre daha çok uzayan, kararlılığını koruyamayan bir malzemedir.

Tablo 7.2'deki özdayanım değerleri ile Tablo 7.3'deki LASE değerleri karşılaştırıldığında, Ny ve PET kordların kuvvet-uzama eğrilerinin sadece %1'den düşük uzamalarda doğrusal davrandığı söylenebilir.

Tablo 7.2: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	**Doğ. yoğ. (dtex)**	**Kopma Dayanımı (N)**	**Kopmada Uzama (%)**	**44 N'da Uzama (%)**	**67 N'da Uzama (%)**	**Kopma Enerjisi (J)**	**Özdayanım (N/mm)**
1.Ny	940*2	156,1	19,1	7,1	9,1	3,91	5,88
2.Ny	940*2	154,7	22,4	8,2	10,5	4,57	5,09
3.Ny	940*2	151,7	26,1	10,2	12,8	5,10	4,22
4.PET	1100*2	150,5	11,5	2,8	4,4	2,71	6,34
5.PET	1100*2	144,9	14,3	3,7	5,5	3,33	5,39
6.PET	1100*2	139,1	16,8	5,2	7,5	3,35	4,51

Tablo 7.3: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının LASE değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	%l LASE (N)	%2 LASE (N)	%3 LASE (N)	%4 LASE (N)	%5 LASE (N)	%6 LASE (N)	%7 LASE (N)	%10 LASE (N)
1.Ny	940*2	8,2	14,9	18,9	22,9	28,2	34,9	43,3	79,1
2.Ny	940*2	6,8	12,8	16,6	19,8	23,7	28,7	34,7	61,1
3.Ny	940*2	5,2	9,9	13,0	16,2	18,9	22,1	25,9	42,9
4.PET	1100*2	19,6	33,7	46,3	60,3	75,4	91,4	107,8	146,1
5.PET	1100*2	14,9	27,2	37,2	48,0	59,8	72,5	86,0	126,1
6.PET	1100*2	10,5	19,8	27,1	34,5	42,7	51,9	61,9	95,9

Kıyaslama kordlarının ısıl kısalma değerleri Tablo 7.4'de ölçülen kalınlık değerleri ile birlikte verilmiştir. Tablo 7.4'e göre, naylonun kısalması büküm düzeyine bağlı olarak %6,7-8,6 arasında değişirken, poliesterin kısalması ise %4,8-5,7 arasında değişmektedir. Isıl kısalma değerlerinden PET'in Ny'a göre daha yüksek ısıl kararlığa sahip bir malzeme olduğu görülmektedir.

Büküm düzeyi arttıkça kısalma değerlerinde de artma meydana gelmiştir. Bunun nedeni birim uzunluktaki malzeme miktarının artmasıdır. Malzeme miktarının artışı Tablo 7.4 de verilen kalınlık ölçüm değerlerinden görülmektedir.

Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 kıyaslama kordlarının optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Bu fotoğraflardan görüldüğü gibi büküm düzeyi arttıkça kordun birim uzunluktaki döngü sayısı artmakta ve kord daha sıkı hale gelmektedir. Büküm düzeyi kord yüzeyini etkilerken, kord içindeki liflerin yönünü de değiştirmektedir. Görüldüğü gibi büküm düzeyi kordun mekanik ve ısıl özelliklerini etkileyen önemli bir etkendir.



(a) (b) (c)

Şekil 7.1: Üç farklı büküm düzeyinde PET kıyaslama kordlarının optik mikroskop görüntüleri (a) 200 tpm (b) 350 tpm (c) 470 tpm

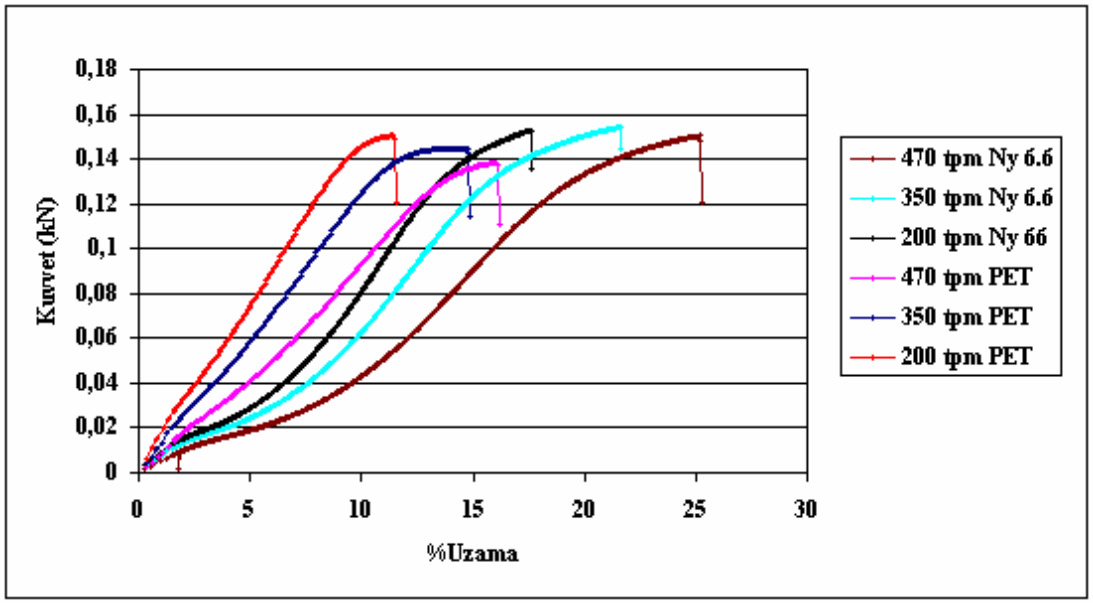


(a) (b) (c)

Şekil 7.2: Üç farklı büküm düzeyinde Ny 6.6 kıyaslama kordlarının optik mikroskop görüntüleri (a) 200 tpm (b) 350 tpm (c) 470 tpm

Tablo 7.4: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
1.Ny	940*2	6,7	5,1	0,33
2.Ny	940*2	7,6	4,7	0,43
3.Ny	940*2	8,6	4.1	0,49
4.PET	1100*2	4,8	5,1	0,33
5.PET	1100*2	5,3	4,6	0,45
6.PET	1100*2	5,7	3.7	0,50



Şekil 7.3: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri.

Naylon poliestere göre oldukça sünek, poliester ise naylona göre daha yüksek özdayanımlı ve boyutsal kararlılığı daha yüksek olan bir malzemedir. Şekil 7.3'de kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 7.3 incelendiğinde büküm düzeyi arttıkça her iki kord için de kopma dayanımları azalmakta ve kopmada uzama değerleri artmaktadır. Ayrıca, poliesterin büküm düzeyi artıkça, bazı malzeme özellikleri düşük büküm düzeydeki naylon ile benzer özellikleri göstermektedir. Şekil 7.3'den görüldüğü gibi, 470 büküm düzeyindeki poliesterin kopmadaki uzama ve kopma enerjisi, 200 büküm düzeyindeki naylonun değerlerine yaklaşmıştır.

7.1.2 940 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

A_1, B_1, C_1 büküm düzeylerinde üretilen 940 dtex Ny-1100 dtex PET melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Tablo 7.5'de bu takımın büküm kontrol değerleri örnek olarak verilmiştir.

Tablo 7.5: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların büküm kontrol değerleri

Üretilen Kord	Ny Büküm (%)	PET Büküm (%).	Katlı Büküm (%)
1.MLZ	0	0	2,5
2.MLZ	2,5	0	0,6
3.MLZ	0	2,8	5,0
4.MLZ	0,9	2,0	0,6
5.MLZ	0,6	0,9	3,8
6.MLZ	0	4,0	4,5
7.MLZ	2,1	1,0	5,7
8.MLZ	2,1	0,3	4.0
9.MLZ	3,0	1,9	3,4

Melez kordların başarım özelliklerini belirlemek için kıyaslama kordlarına yapılan tüm ısıl ve mekanik testler yapılmıştır ve elde edilen test sonuçları Tablo 7.6-8'de verilmiştir.

Tablo 7.6 incelendiğinde en yüksek dayanımı veren kordun altıncı sırada üretilen melez kord olduğu görülmektedir. En yüksek dayanımı veren melez kord Ny-Ny 350-350-350 kıyaslama kordu ile yaklaşık olarak aynı dayanım değerini vermektedir. En yüksek dayanımdaki melez kordun kopmada uzama değeri de 350 bükümdeki

naylon kıyaslama kordlarına göre oldukça azalmış ve PET kıyaslama kordlarının kopmada uzama değerlerini yakalamıştır. Bilindiği gibi özgül kopma dayanımı, kopma dayanımı değerlerinin, toplam doğrusal yoğunluk değerine bölünmesi ile bulunmaktadır. Buna göre en yüksek özgül kopma dayanımı değerini veren kordun yine altıncı sırada üretilen melez kord olduğu görülmektedir.

Tablo 7.6: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların(2040 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
1.MLZ	148,4	14,2	4,4	6,2	2,90	5,70
2.MLZ	147,8	18,1	6,0	8,0	3,72	5,28
3.MLZ	144,8	20,9	7,1	9,5	4,18	4,13
4.MLZ	135,2	16,1	5,2	7,4	3,02	4,60
5.MLZ	138,9	18,4	7,5	9,9	3,11	4,40
6.MLZ	153,0	16,7	5,4	7,4	3,49	5,58
7.MLZ	116,0	17.0	7,2	9,8	2,51	3,64
8.MLZ	141,5	15,3	4,7	6,8	3,03	5,11
9.MLZ	142,0	16,6	6,0	8,2	3,08	5,01

Tablo 7.7: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2040 dtex) LASE değerleri

Kord Türü	%l LASE (N)	%2 LASE (N)	%3 LASE (N)	%4 LASE (N)	%5 LASE (N)	%6 LASE (N)	%7 LASE (N)	%10 LASE (N)
1.MLZ	12,7	22,8	31,0	40,4	51,3	63,5	63,5	63,5
2.MLZ	8,5	15,1	20,6	27,3	35,1	44,4	54,9	92,9
3.MLZ	11,2	14,8	18,6	23,3	28,9	35,5	43,0	71,4
4.MLZ	10,5	19,4	26,2	33,5	42,0	51,5	62,1	96,8
5.MLZ	6,0	12,1	16,8	21,4	26,8	33,0	40,3	67,5
6.MLZ	9,2	17,2	23,9	31,4	40,2	50,5	62,2	103,5
7.MLZ	6,7	13,3	18,7	23,9	29,5	35,7	42,8	68,3
8.MLZ	11,3	21,0	28,6	37,0	46,6	57,5	69,5	107,7
9.MLZ	8,3	15,8	21,6	27,9	35,3	44,0	53,9	89,6

Tablo 7.6'deki özdayanım değerleri ile Tablo 7.7'deki LASE değerleri karşılaştırıldığında, melez kordların kıyaslama kordlarında olduğu gibi %1'den düşük uzamalarda doğrusal davrandığı görülmektedir.

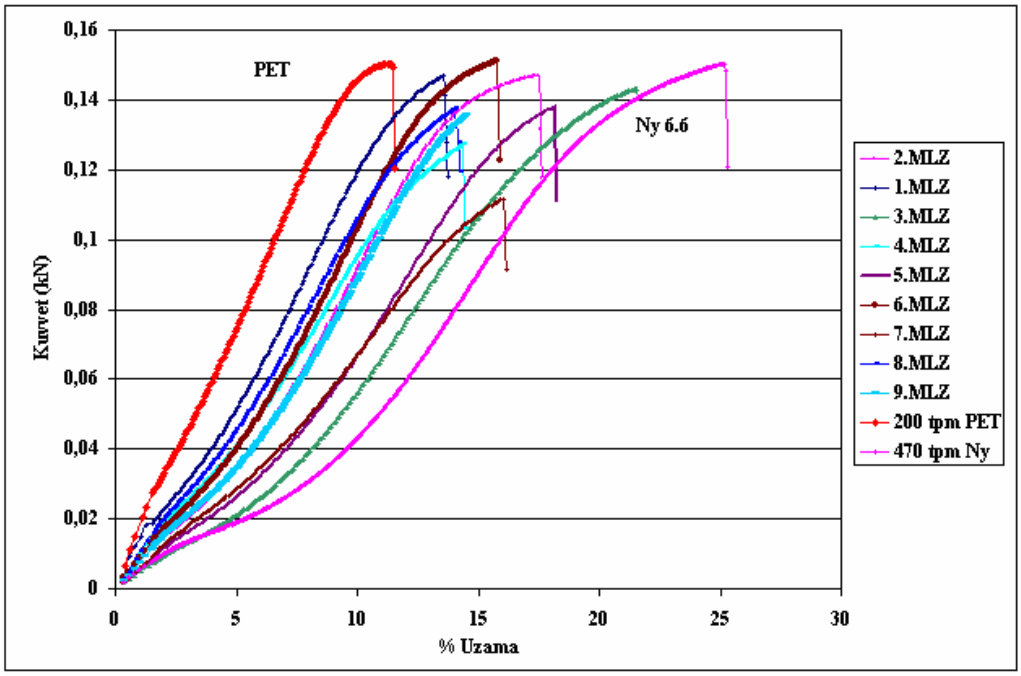
Melez kordların kısalma değerleri (Tablo 7.8) kıyaslama kordların kısalma değerleri (Tablo 7.4) ile karşılaştırıldığında, naylon iki katlı kıyaslama korduna göre kısalma değerlerinde anlamlı bir şekilde azalma olduğu görülmüştür. En yüksek dayanımı

veren 6 nolu melez kordda bu değer 6,1'iken, naylon kıyaslama kordlarının ısıl kısalma değerleri % 6,7-8,6 arasında gelmektedir. Isıl kararlılığı çok yüksek olan PET kıyaslama kordlarının ısıl kısalma değerlerine yaklaşılmıştır. Yüksek sıcaklıkta kısalma malzeme miktarı ile doğru orantılı olduğu için büküm düzeyinin artması ile kısalma da artmaktadır. Örneğin, 3 nolu melez kord yüksek büküm düzeyi kullanılarak üretildiği için ısıl kısalması daha yüksek değerdedir.

Tablo 7.8: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2040 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
1.MLZ	5,7	5,2	0,36
2.MLZ	7,0	4,6	0,47
3.MLZ	7,4	3,7	0,54
4.MLZ	6,6	4,9	0,45
5.MLZ	6,7	4,0	0,54
6.MLZ	6,1	4,4	0,46
7.MLZ	6,8	3,9	0,56
8.MLZ	6,3	4,9	0,45
9.MLZ	7,0	4,6	0,51

.

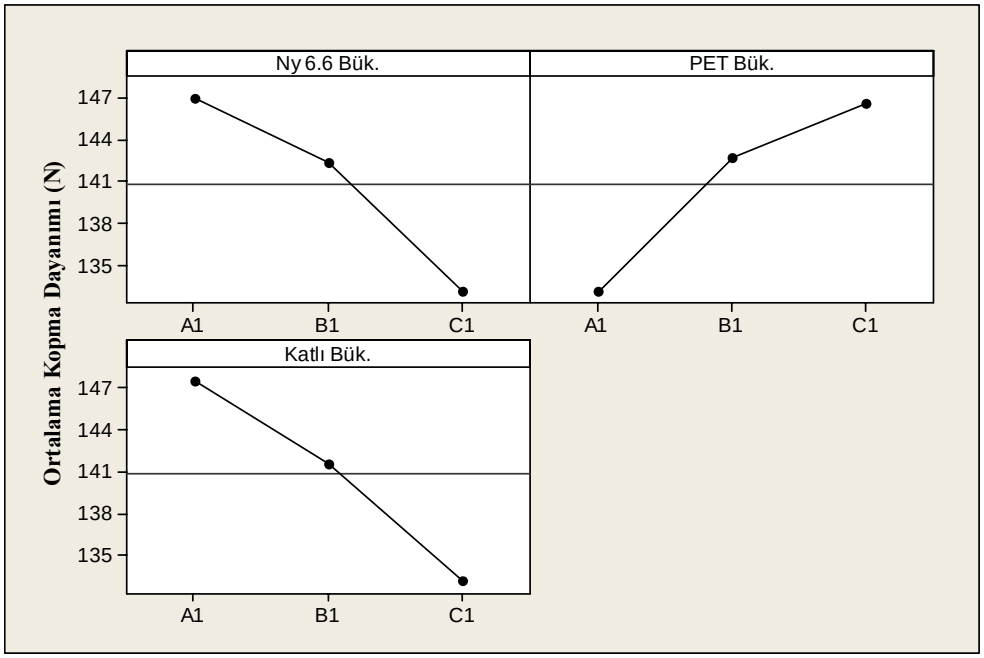


Şekil 7.4: 940 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

Şekil 7.4'den görüldüğü gibi dokuz farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen altı tane kıyaslama kordunun enyüksek ve endüşük değerlerini veren, 200 tpm büküm düzeyinde PET ve 470 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alındığında bu aralıkta poliestere yakın özellikte kord üretmek olanaklı olduğu gibi naylonun özelliklerine yakın kord üretimi yapmanın da olanaklı olduğu görülmüştür

Elde edilen kordların test sonuçlarının çözümlemesinde Minitab Release 14.2 programı kullanılmıştır. Bu program değişken etkilerinin grafiksel gösterimi amacıyla da kullanılmaktadır. Kopma dayanımının hedef değeri için çözümlemeler en büyük eniyi, kopmada uzama hedef değeri için en küçük eniyi şeklinde yapılmıştır.

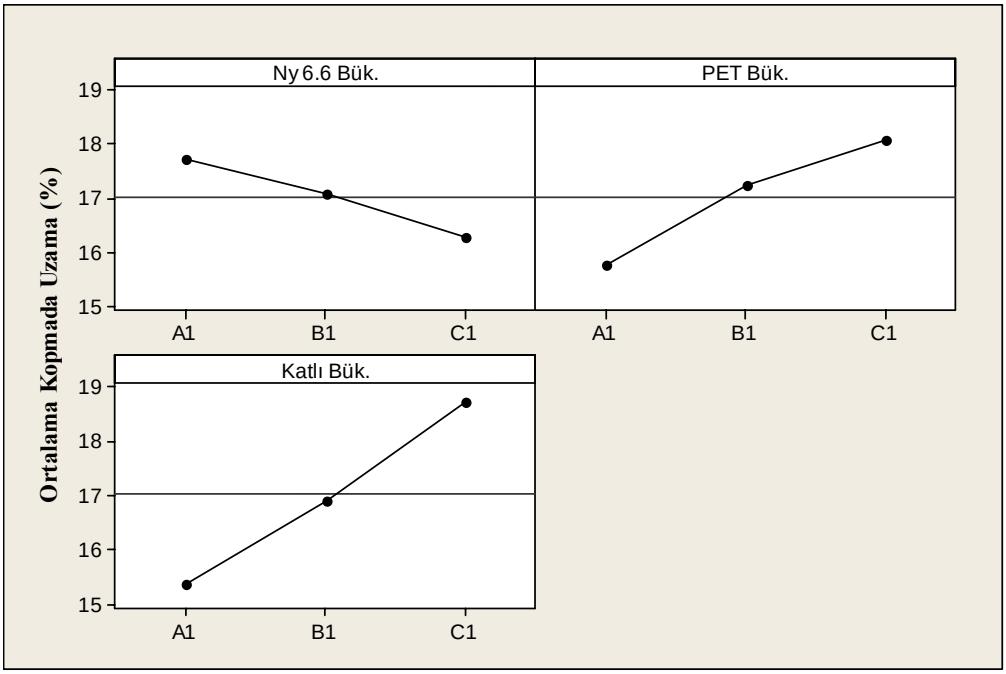
Şekil 7.5'de 1.takım melez kordların ortalama kopma dayanımı değerlerinin Minitab programındaki çözümleme grafiği görülmektedir. Buna göre artan büküm düzeylerinde naylonun kopma dayanımı düşerken, poliesterin kopma dayanımı artmaktadır. Kıyaslama kordlarında normalde görülen büküm düzeyi arttıkça kopma dayanımında azalma durumu melez kordlarda tersine dönmektedir. Farklı büküm düzeylerinde üretilen kıyaslama kordların grafiklerinden de görüldüğü gibi yüksek büküm düzeylerinde poliesterin kopmada uzama değerleri naylonun kopmada uzama değerlerine yaklaşmakta ve bu nedenle melez kord içinde poliesterin davranışı değişmektedir. Büküm düzeyi PET için arttığında melez kordun kopma dayanımı artmaktadır.



Şekil 7.5: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Melez kord içinde poliester ile naylon birlikte hareket ettikleri için PET'in büküm düzeyi naylonun büküm düzeyinin altına düştüğünde kord dayanımı da çok düşmektedir. Örneğin, C_1 büküm naylon, A_1 büküm poliester ve C_1 katlı büküm değerinde en düşük dayanım elde edilmektedir (7.MLZ).

En yüksek dayanım değeri de A_1 tpm naylon, C_1 tpm poliester ve A_1 tpm katlı büküm bileşiminde elde edilebilecektir. Fakat tasarım bu deney düzeneğini içermediği için deney tasarımını doğrulama deneyi yapılması gerekir. Bu amaçla doğrulama deneyi tasarlanmış ve tasarımın önerdiği bileşimde en yüksek dayanım elde edilmiştir. Üretilen melez kordlar içerisinde bu durumu destekleyen kord 6 nolu melez kordtur. 6 nolu melez kord B_1 tpm Ny, C_1 tpm PET ve A_1 tpm katlı büküm düzeylerinde üretilmiştir.



Şekil 7.6 Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Kopmada uzama değerlerinin Minitab programı ile Taguchi çözümlemesi Şekil 7.6'da verilmiştir. 350 bükümdeki kıyaslama naylon kordun kopmada uzaması oldukça fazla iken 6 nolu melez kordda bu değer %23 azalmaktadır. Bu sonuçlardan, Ny 6.6/PET melez kord üretimi ile naylondan daha fazla boyutsal kararlılığa sahip bir kord elde etmenin olanaklı olduğu anlaşılmaktadır.

Kıyaslama kordları için kopmada uzama değerleri büküm düzeyi arttıkça artmaktadır. Melez kordlarda ise inceleme en küçük eniyi kuralına göre yapıldığı için dayanımın tersi bir ilişki görülmektedir. C_1 bükümde naylon, A_1 bükümde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile en düşük büküm düzeyi, en düşük uzama değeri vermektedir. Bunun nedeni, A_1 büküm düzeyindeki poliesterin kopmada uzama değeri çok düşük olması ve söz konusu uzama değerine ulaşmadan poliesterin kopmasıdır.

7.1.3 940 dtex Ny - 1100 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Kord bezi üretiminde yapılan işleme, kord bezinin ısıl ve mekanik davranışlarını son üründe standartlaştırmak ve lastiğe yapışmasını sağlayacak yapıştırıcı kimyasalların korda yüklemesinin yapıldığı en son ve en önemli aşamadır. İşleme esnasında istenilen boyutsal özellikleri sağlamak için değişik süreç koşulları uygulanır. Kord bezinin lastiğe yapışmasını sağlamak için genelde RFL çözelti kullanılmaktadır. RFL bileşimi kullanılan iplik tipine veya lastik karışımı tipine göre farklılık göstermektedir.

İşleme süreci birinci takım melez kordların işlenmesi sırasında standartlaştırılmış ve diğer takımlardaki kordlar için belirlenen koşullar kullanılmıştır. Üretilen melez kordların işlenmesine önce banyo seçimi ile başlanmıştır. Naylonun yapışmasının çok kolay olması, poliesterin yüzey etkinliğinin düşük olması ve yapışmasının daha zor olması gibi nedenlerle, melez kordların işlenmesinde poliester banyosu kullanılmasına karar verilmiştir. Üretilen melez kordların tek katı naylon, tek katıda poliester olduğu için öncelikle poliester banyosu kullanılarak ve bir kez banyodan geçirilerek (tek dip) işleme denemiştir. Üretilen kordlar fırınlardan 14 m/sn hızla geçirilmiştir.

Karşılaştırma yapabilmek için Tablo 7.9'da işleme sonrası kıyaslama kordlarının özellikleri verilirken, Tablo 7.10'da tek banyolu sistemde işlemeden geçirilmiş 1.takım melez kordların başarım özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.9: 940 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
1.Ny	151,3	19,3	2,7	1,4	0,56	107,3	14,6	5,7
2.Ny	147,2	21,5	3,0	0,7	0,56	122,5	16,3	5,6
3.Ny	145,7	24,3	3,4	0,9	0,57	120,7	19,4	5,7
4.PET	152,0	13,3	1,3	1,1	0,53	115,9	18,4	3,5
5.PET	144,6	13,0	1,5	1,3	0,55	92,5	16,7	3,7
6.PET	136,7	13,6	1,7	1,5	0,55	111,8	15,7	3,6

Tablo 7.10: 940 Ny-1100 Pet bileşimi için tek banyolu sistemden elde edilen değerler

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
1.MLZ	139,1	13,7	1,9	1,0	0,56	71,0	11,6	4,56
2.MLZ	143,0	14,6	2,5	1,2	0,94	56,9	5,0	4,69
3.MLZ	143,5	20,7	2,7	1,2	0,55	33,8	3,4	5,45
4.MLZ	129,4	15,1	2,2	1,2	0,54	79,5	8,8	4,56
5.MLZ	132,9	16,2	2,7	1,3	0,55	31,2	3,6	6,56
6.MLZ	144,1	15,9	2,1	1,0	0,61	88,1	19,6	4,60
7.MLZ	110,7	14,4	2,6	1,5	0,58	42,0	5,0	6,57
8.MLZ	136,4	15,0	2,0	1,1	0,58	101,3	18,1	4,05
9.MLZ	138,2	15,8	2,3	0,5	0,59	101,2	18,7	5,10

Kıyaslama kordlarının işleme öncesi kopma dayanımı değerleri ile işleme sonrası değerleri karşılaştırıldığında ısıl ve kimyasal işlemeye bağlı olarak biraz dayanım kaybı görülmektedir. Fakat bu kayıp çok yüksek olmadığından işlemin başarılı olduğunu söylemek olanaklıdır. Ayrıca kıyaslama kordları için elde edilen yapışma değerleri lastik üreticilerinin kabul sınırları içerisindedir.

940 Ny-1100 PET bileşimli iki katlı melez kordlar için beklenen en düşük H-yapışma çekme kuvveti 90-100 N, şerit yapışma içinse 15-20 N arasındadır. Tablo 7.10'da tek banyolu sistemden elde edilen verilere göre melez kordların yapışma değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmüş ve sadece bir iki kord bu değerleri sağladığı için çift banyolu sisteme geçilmesine karar verilmiştir. Ancak bazı melez kordların değerlerinin iyi olması düşündürücüdür. Bu çalışmada işleme sürecinin eniyilenmesi amaçlanmamıştır. İşleme sürecinin eniyilemesi ile daha yüksek yapışma değerlerinin elde edilebileceği düşünülmektedir. Eğer melez kordların üretimine karar verilirse tek banyo sistemi maliyet etkeni nedeniyle tekrar değerlendirilmelidir.

Tablo 7.11: 940 Ny-1100 PET bileşimi için çift banyolu sistemden elde edilen değerler

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
1.MLZ	138,4	13,6	1,9	1,1	0,55	107,0	12,9	4,9
2.MLZ	143,7	16,6	2,1	1,4	0,56	105,3	17,2	4,5
3.MLZ	140,3	19,7	2,7	1,5	0,59	112,9	19,7	4,4
4.MLZ	126,0	14,3	2,2	1,2	0,58	121,5	19,8	4,5
5.MLZ	132,0	16,0	2,6	1,4	0,55	128,5	21,4	4,2
6.MLZ	144,3	15,4	2,2	1,2	0,59	114,1	22,9	4,3
7.MLZ	105,9	13,8	2,5	1,4	0,59	112,2	19,7	4,1
8.MLZ	129,6	13,8	2,1	1,2	0,59	118,7	23,2	4,4
9.MLZ	138,4	13,6	1,9	1,1	0,55	107,0	12,9	4,9

Tablo 7.11'de çift banyolu sistemde işlemeden geçirilmiş melez kordların başarım özellikleri verilmiştir. Çift banyolu sistemde üretilen kordlar öncelikle epoksi izosiyanat çözeltisinden, daha sonra da RFL çözeltisinden 14 m/sn hızla geçirilmiştir. Tablo 7.11 incelendiğinde hemen hemen tüm kordların yapışma değerlerinin lastikçilerin alt sınır değerinin üstünde olduğu görülmüştür ve bundan sonra üretilecek melez kordların aynı koşullarda çift banyolu sistemde işleme sürecinden geçirilmesine karar verilmiştir.

Üretilen kordların lastiğin gövdesinde kullanılabilmesi için yorulma testlerinin iyi sonuç vermesi gerekmektedir. Naylon-Poliester melez kordlarının lastiğin hangi bölümünde kullanılacağı müşteri isteğine bağlı olduğu için üretilen kordların yorulma testleri de planlanmıştır. Ancak 1.takım kordlar işleme sürecinin standartlaştırılması için kullanıldığından ve bu kordlara iki farklı işleme süreci uygulandığı için yorulma testine yeterli örnek kalmamıştır. Yorulma testlerine 2. takım melez kordlar ile başlanmıştır.

7.2 940 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması

2. takım melez kord üretiminde yine aynı dikey dizi (L_9) kullanıldı. Bu takımda poliesterin doğrusal yoğunluğu ilk takıma göre arttığı için büküm sırasında problem yaşanabileceği düşünüldüğünden büküm düzeylerinde değişiklik yapıldı. Büküm düzeyleri, iki katlı 940 dtex naylon ve 2 katlı 1440 poliester için üretimde kullanılan aralığı kapsayacak şekilde ve büküm çarpanına da (twist multiplier, TM) bağlı kalarak 180-450 arasında üç farklı değer olarak belirlendi. Belirlenen büküm

düzeyleri A_2, B_2, C_2 sembolleri ile kodlanarak gösterilmiştir. Bu büküm düzeyleri arasında $A_2 < B_2 < C_2$ ilişkisi vardır.

Büküm çarpanı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

TM= [Kordun doğrusal yoğunluğu]$^{1/2}$.Büküm düzeyi (tpm)

Örneğin: 942 dtex ve 472 tpm için kordun büküm çarpanı

TM= $\sqrt{1880}$. 472 = 20465

1402 dtex ve 350 tpm bir kordun büküm düzeyi;

tpm = 20465/$\sqrt{2800}$ = 386 olur.

Buna göre 940 dtex iki katlı bir kord 472 büküm düzeyi ile bükülebilirken, 1400 dtex'de bu büküm düzeyini 386 tpm ile karşılık gelmektedir.

7.2.1 940 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Üretilen melez kordların mekanik özelliklerinin kıyaslama kordlarının değerleriyle karşılaştırılabilmesi için belirlenen büküm düzeylerinde yeni kıyaslama kordlarına gereksinim duyuldu. 940 dtex naylon kıyaslama kordları belirlenen yeni büküm düzeyi aralığını kapsadığı için sadece 1440 dtex poliesterden 180-330-450 büküm düzeylerinde kıyaslama kordları hazırlandı.

Kıyaslama kordlarının mekanik test sonuçları Tablo 7.12'de, ısıl kısalma ve kalınlık değerleri de Tablo 7.13'de görülmektedir. Kıyaslama kordlarının LASE değerleri ayrıca bir tabloda verilmemiştir. LASE değerleri incelendiğinde, Ny ve PET kordların %1'den düşük uzamalarda doğrusal davrandığı görülmüştür.

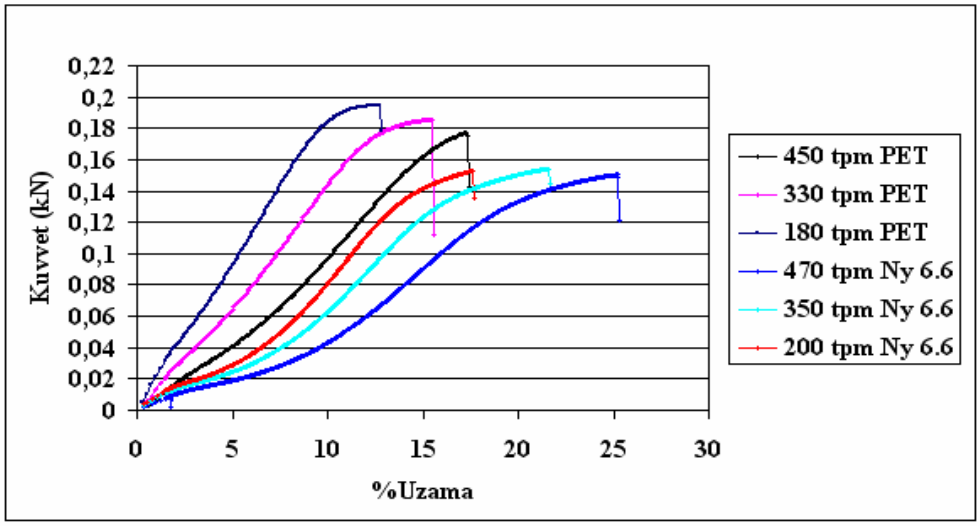
Tablo 7.12: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
1.Ny	940*2	156,1	19,1	7,1	9,1	3,91	5,88
2.Ny	940*2	154,7	22,4	8,2	10,5	4,57	5,08
3.Ny	940*2	151,7	26,1	10,2	12,8	5,10	4,22
7.PET	1440*2	195,0	13,1	2,2	3,6	4,17	8,05
8.PET	1440*2	186,6	15,9	3,2	5,0	4,45	6,48
9.PET	1440*2	180,0	17,8	5,0	7,2	4,18	5,44

Tablo 7.13: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
1.Ny	940*2	6,7	5,1	0,33
2.Ny	940*2	7,6	4,7	0,43
3.Ny	940*2	8,6	4,1	0,49
7.PET	1440*2	3,9	5,8	0,40
8.PET	1440*2	4,0	4,7	0,51
9.PET	1440*2	4,7	3,8	0,60

Tablo 13'de kıyaslama kordlarının kopma dayanımları melez kord için karşılaştırıldığında, 1.takım melez kodlar için naylon katı daha fazla dayanım gösterirken 2 takım melez kordlarda poliester katının daha fazla dayanım değeri sağladığı görülür. Şekil 7.7'de ikinci takım melez kordların özelliklerini kıyaslamak amacıyla üretilen kıyaslama kordlarına ait kuvvet-uzama grafikleri görülmektedir. Poliesterin doğrusal yoğunluğunu artırmakla melez kord içindeki malzeme davranışlarındaki farklılık biraz daha fazla arttırılmıştır. 200 tpm büküm düzeyindeki naylonla 470 tpm büküm düzeyindeki poliesterin grafiklerinin kesişmemesi bunu göstermektedir.



Şekil 7.7: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri.

7.2.2 940 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

A_2, B_2, C_2 büküm düzeylerinde ($C_2 > B_2 > A_2$) üretilen 940 dtex Ny-1440 dtex PET melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.14'de 940 dtex Ny-1440 dtex PET melez kordların çekme testleri sonuçları verilmiştir.

Tablo 7.14: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2380 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
10.MLZ	169,5	13,8	3,9	5,5	3,26	6,78
11.MLZ	172,6	18,9	6,0	7,9	4,38	5,92
12.MLZ	154,6	22,2	8,2	10,7	4,24	4,21
13.MLZ	160,8	17,2	4,7	6,7	3,89	5,37
14.MLZ	161,9	20,2	6,9	9,2	4,20	4,97
15.MLZ	171,1	18,4	5,5	7,4	4,45	6,08
16.MLZ	137,2	17,8	6,7	9,3	3,07	4,10
17.MLZ	167,5	15,3	4,3	6,1	3,60	6,18
18.MLZ	167,3	18,9	5,8	7,8	4,34	5,67

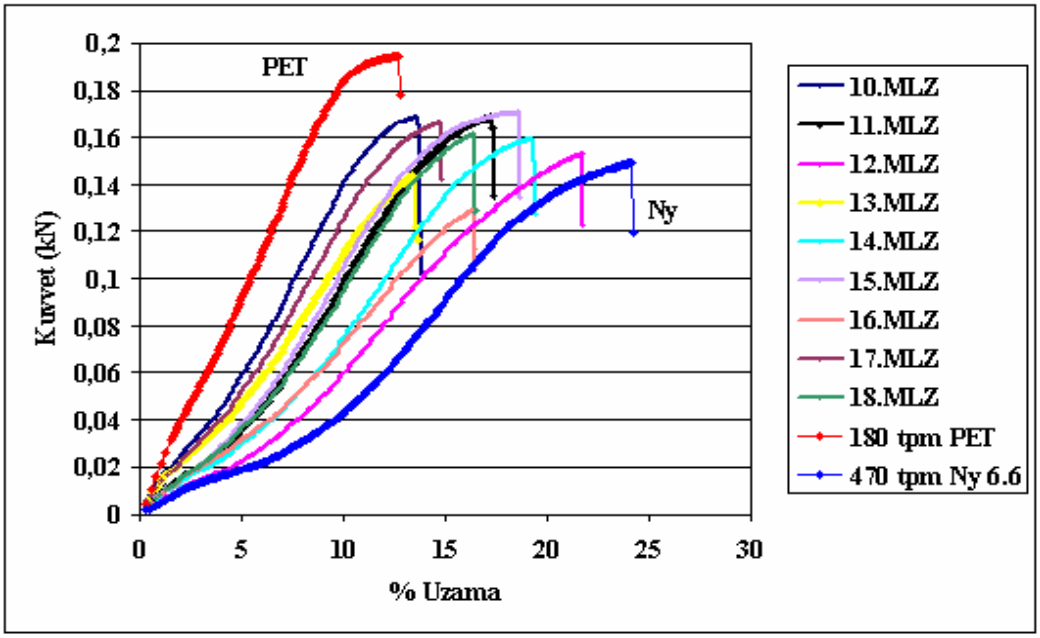
2. takım melez kordlar, 1. takım melez kordlarla karşılaştırıldığında yine L_9 dizisindeki aynı sıralarda üretilen kordların kopma dayanım değerlerinin, daha yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek kord dayanımı ise A_2-B_2-B_2 bileşimi ile elde edilmiştir. 2 katlı 1440 PET kıyaslama kordlarından daha az, 2 katlı 940 Naylon kordlardan daha fazla dayanıma sahip melez kordlar üretilmiştir. 940 dtex Ny-1100 dtex PET melez kordlarda hem PET, hem de naylon kıyaslama kordlarının değerlerine yakın dayanımlar elde edilirken, melez kord içindeki katların doğrusal yoğunluğunun farklılaşması ile birlikte naylon kıyaslama kordlarının verdiği dayanım değerinin üzerine çıkılmıştır.

Tablo 7.15: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2380 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
10.MLZ	5,5	5,4	0,34
11.MLZ	6,1	4,5	0,50
12.MLZ	6,5	3,7	0,54
13.MLZ	5,6	4,9	0,46
14.MLZ	6,7	4,2	0,52
15.MLZ	6,0	4,5	0,53
16.MLZ	6,0	4,2	0,51
17.MLZ	6,0	5,2	0,52
18.MLZ	6,2	4,6	0,54

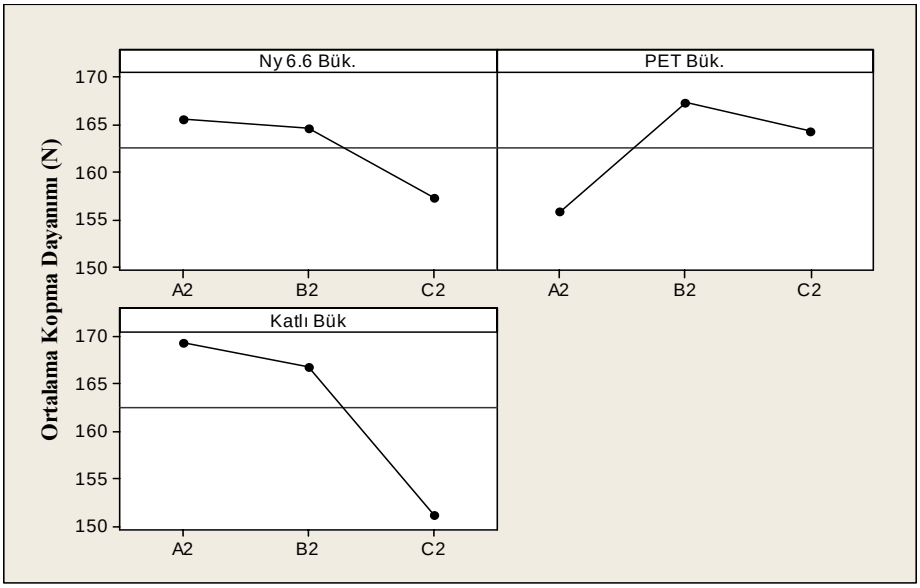
Tablo 7.15'de kısalma, kısalma kuvveti ve kalınlık değerleri verilmektedir. 940 dtex naylonun kısalma değeri % 6,7-8,6, 1440 dtex PET'in kısalması % 3,9-4,7 aralığında değişmektedir. Elde edilen melez kordlar, naylona göre oldukça iyi kısalma değerleri vermektedir. Poliestere göre ise bu değerde bir miktar artma olmaktadır.

Şekil 7.8'de üretilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri görülmektedir. Şekil 7.8'den görüldüğü gibi naylondan daha yüksek dayanımda fakat daha az uzayabilen melez kordların üretimi olanaklıdır. Elde edilen kordların özellikleri 470 tpm büküm düzeyindeki naylon ve 180 tpm PET büküm düzeyi aralığında değişiklik göstermektedir.



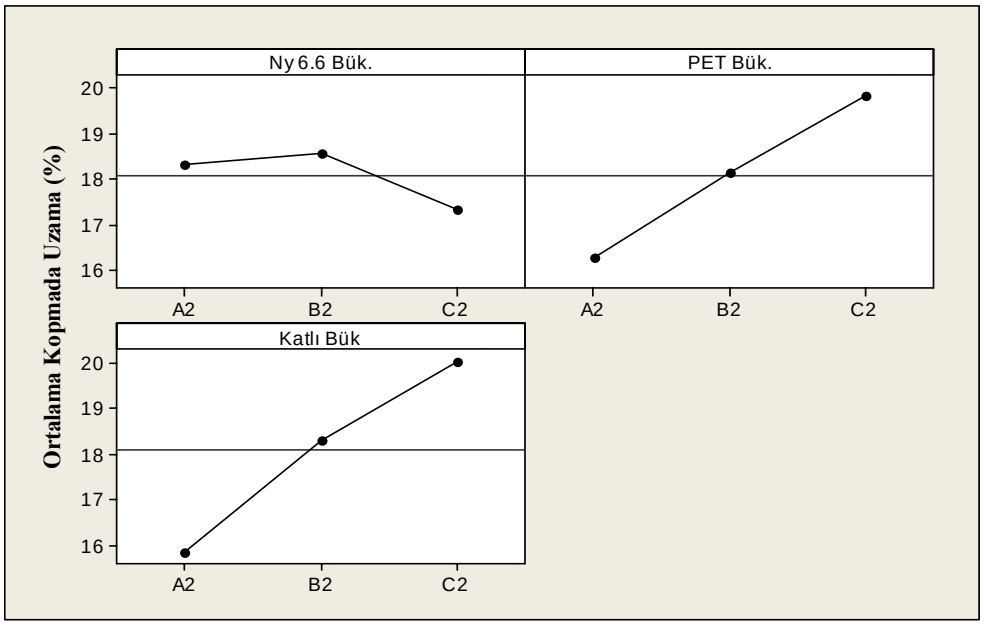
Şekil 7.8: 940 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri

Elde edilen değerler Minitab Release 14.2 programı ile yapılan çözümlemeleri Şekil 7.9-7.10 verilmiştir. Şekil 7.9'a göre poliesterin doğrusal yoğunluğunun artması B_2 tpm'e kadar devam edip bu büküm düzeyinden sonra azalmıştır. Bir önceki grupta görülen büküm düzeyi artıkça poliesterin kopma dayanımımda artma davranışı bu grupta da B_2 büküm düzeyine kadar devam etmiştir. Bu büküm düzeyinden sonra kıyaslama kordlarında görüldüğü gibi kopma dayanımı azalmaktadır.



Şekil 7.9: Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Şekil 7.10'da ortalama kopmada uzama değerleri farklı büküm düzeylerinde incelemiştir. Kopmada uzama için enküçük eniyi durumu değerlendirilmiştir. Buna göre dayanımının tersi bir ilişki ile naylonun C_2 tpm, PET'in A_2 tpm ve katlı büküm düzeyininde A_2 tpm'de uygulanması ile elde edilecek kord tasarıma göre en az uzamayı verecektir.



Şekil 7.10 Birinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

7.2.3 940 dtex Ny - 1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Birinci takım melez kordlar ile standartlaştırılan işleme 2 takım melez kordlara da uygulanmıştır. Üretilen ham kordlar 14 m/sn hızla kurutma ve yüksek sıcaklık fırınlarından geçirilmiştir. Süreç koşullarında değişiklik yapılmamış, sadece doğrusal yoğunluk arttığı için uygulanan gerilim değerleri değiştirilmiştir.

Tablo 7.16: 940 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
1.Ny	151,3	19,3	2,7	1,4	0,56	107,3	14,6	5,7
2.Ny	147,2	21,5	3,0	0,7	0,56	122,5	16,3	5,6
3.Ny	145,7	24,3	3,4	0,9	0,57	120,7	19,4	5,7
7.PET	193,4	13.9	0,9	0,8	0,63	166,5	27,0	4,0
8.PET	180,8	13,9	1,1	0,9	0,62	196,4	29,5	5,2
9.PET	165,8	14,4	1,2	0,9	0,65	193,5	28,6	6,7

Tablo 7.16'da işleme sonrası 940 dtex naylon ve 1440 dtex PET kıyaslama kordlarının test sonuçları verilmiştir. Tablo 7.16'dan görüldüğü gibi 940 dtex naylon kordlar için H-yapışma değerleri 107-120 N arasında iken, 1440 dtex kordlar için 166-196 N arasında değişmektedir. Üretilen melez kordlar için H-yapışma değerinin 107-196 N arasında değişmesi beklenmektedir.

Tablo 7.17: 940 Ny-1440 PET bileşimi için çift banyolu sistemden elde edilen değerler

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
10.MLZ	158,5	13,1	1,9	0,9	0,56	108,5	16,4	5,8
11.MLZ	162,3	16,2	2,1	1,1	0,66	132,4	22,8	5,4
12.MLZ	147,5	19,0	2,2	1,2	0,68	123,4	22,5	5,8
13.MLZ	137,7	13,1	2,0	1,0	0,54	106,8	20,7	5,6
14.MLZ	150,2	16,5	2,4	1,4	0,60	150,2	25,3	5,4
15.MLZ	167,4	16,5	2,1	1,1	0,65	115,5	30,8	6,1
16.MLZ	111,7	12,5	2,0	1,0	0,63	129,7	24,4	5,3
17.MLZ	154,6	14,4	1,7	0,9	0,61	129,3	30,8	6,7
18.MLZ	160,4	17,5	1,9	0,9	0,61	130,9	27,0	6,3

Tablo 7.17'de işleme sonrası elde edilen test sonuçları görülmektedir. Birinci takım melez kordlarda olduğu gibi ikinci takım melez kordlar için de yeterli yapışma değerleri elde edilmiştir. Kıyaslama kordlarının yapışma değerleri ile karşılaştırıldığında, beklenildiği gibi 107-196 N arasında H-yapışma değerleri elde edilmiştir. Elde edilen en yüksek H-yapışma değeri 132,4 N'dır.

Katı testi yapışmayı değerlendirmek ve aynı zamanda yapışmayı eniyilemek için kullanılan bir testtir. Ancak bu test ağırlık farkı temelinde yapıldığı için güvenilir sonuçlar vermemiştir. Yeterli yapışma elde edildiği için katı miktarı test sonuçları kıyaslanmamıştır.

Şerit yapışma değerleri kıyaslama kordları için 14,6-29,5 N arasında değişmektedir. Melez kordların şerit yapışma değerlerinin hepsi bu aralığın içindedir. Ayrıca yüksek büküm düzeyindeki kordlarda daha iyi yapışma değerleri elde edilmiştir. Tablo 7.16'da kıyaslama kordlarının yapışma değerleri incelendiğinde yapışmanın artan büküm düzeyi ile arttığı görülmektedir. Büküm düzeyi artması ile kord yüzey alanının artmış olacağı düşünülmüştür.

Bundan sonra üretilen kordların yorulma testleri yapılmıştır. Yorulma testleri sonuçları Tablo 7.18'de görülmektedir. Elde edilen sonuçlar kıyaslama kordlarının değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kıyaslama kordlarında genel olarak yüksek büküm düzeylerinde yorulma testi sonuçları daha iyi gelmektedir. Özellikle PET kordlarda bu özellik belirgin bir şekilde görülmektedir.

940 dtex naylonun yorulma testleri incelendiğinde dayanım kaybının çok az olduğu ve büküm düzeyi artışından çok fazla bir değişimin oluşmadığı görülür. Bunun nedeni kordu yormak için kullanılan döngü sayısının naylon kordlara az gelmiş olması olabilir. Bilindiği gibi naylon kordlar yorulma direnci çok yüksek kordlardır.

Üretilen melez kordlarda ise katlı bükümü düşük olan (A_2 tpm) ve PET büküm düzeyi düşük (A_2 tpm) olan melez kordlar (10–15-16-17 nolu melez kordlar) yorulma testlerinde iyi sonuç vermemiştir. Genel olarak yüksek büküm düzeylerinde ve PET büküm düzeyinin naylona eşit, ya da daha fazla olduğu durumlarda yorulma testi sonuçları naylon kordun sonuçlarına yaklaşmıştır. Üretilen 9 farklı melez kordun 4 tanesi iyi sonuç vermiş, yorulma özelliği çok iyi olan naylon kordun değerlerine ulaşılmıştır.

Tablo 7.18: 940 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
1.Ny	(270-270-270)	376,2	299,9	80	117,2	113,1	96
2.Ny	(350-350-350)	363,1	358,2	99	144,8	143,5	99
3.Ny	(470-470-470)	370,2	328,2	89	139,6	136,8	98
7.PET	(180-180-180)	364,1	257,2	71	192,0	59,6	31
8.PET	(330-330-330)	356,2	241,8	68	190,4	86,6	45
9.PET	(450-450-450)	359,3	319,9	89	179,0	159,7	89
10.MLZ	(A_2-A_2-A_2)	333,7	292,9	88	148,2	67,8	46
11.MLZ	(A_2-B_2-B_2)	350,1	306,2	87	168,8	140,6	83
12.MLZ	(A_2-C_2-C_2)	323,8	276,9	86	136,7	134,4	98
13.MLZ	(B_2-A_2-B_2)	357,8	290,2	81	141,7	90,0	63
14.MLZ	(B_2-B_2-C_2)	314,3	238,1	76	153,6	141,9	92
15.MLZ	(B_2-C_2-A_2)	304,5	236,7	78	165,1	65,8	40
16.MLZ	(C_2-A_2-C_2)	418,7	306,7	73	124,6	73,8	59
17.MLZ	(C_2-B_2-A_2)	352,1	301,3	86	153,1	74,9	49
18.MLZ	(C_2-C_2-B_2)	391,7	237,6	61	165,7	163,4	99

7.3 940 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması

İkinci takım melez kordların büküm düzeyi seçiminde olduğu gibi büküm çarpanını ve şu anki üretimde kullanılan büküm düzeylerini içine alan geniş bir büküm düzeyi aralığı üçüncü takım melez kordların üretiminde incelenmiştir. Üçüncü takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve 9 farklı özellikte melez kord üretildi. Bu takımda poliesterin doğrusal yoğunluğu ikinci takıma göre arttığı için büküm sürecinde problem yaşanabileceği düşünüldüğünden büküm düzeylerinde değişiklik yapıldı. Belirlenen düzeyler A_3, B_3 ve C_3 sembolleri ile gösterilmiştir ($A_3 < B_3 < C_3$). Bu büküm düzeyleri 160-430 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır.

7.3.1 940 dtex Ny ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Üçüncü takım melez kordların özelliklerini karşılaştırabilmek için 1670 dtex poliesterden üç farklı büküm düzeyinde kıyaslama kordu üretilmiştir. 940 dtex naylon kıyaslama kordları belirlenen yeni büküm düzeyi aralığını da kapsadığı için

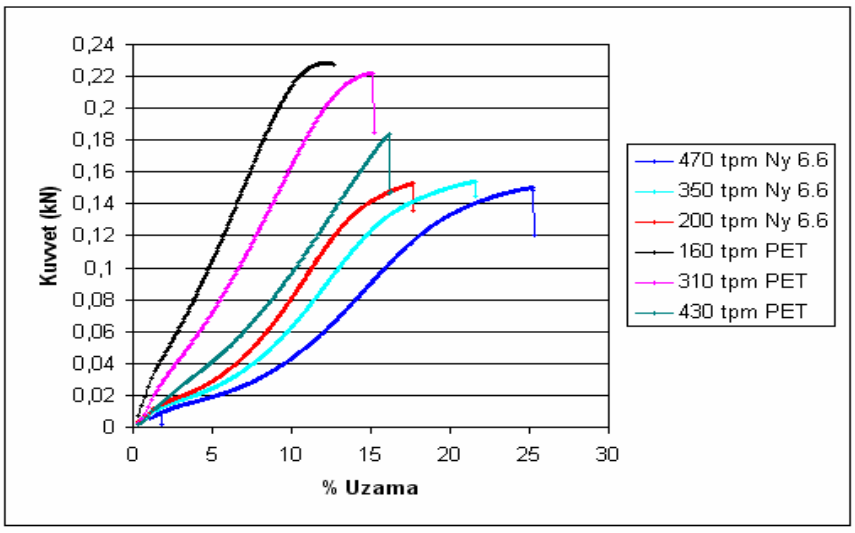
yeni naylon kıyaslama kordu üretilmemiştir. Üretilen ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.19 ve 7.20'da verilmiştir.

Tablo 7.19: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
1.Ny	940*2	156,1	19,1	7,1	9,1	3,91	5,88
2.Ny	940*2	154,7	22,4	8,2	10,5	4,57	5,09
3.Ny	940*2	151,7	26,1	10,2	12,8	5,10	4,22
10.PET	1670*2	228,3	12,2	1,8	3,1	4,50	9,21
11.PET	1670*2	222,3	15,2	2,8	4,4	4,93	7,64
12.PET	1670*2	200,4	17,8	5,1	7,4	4,27	5,88

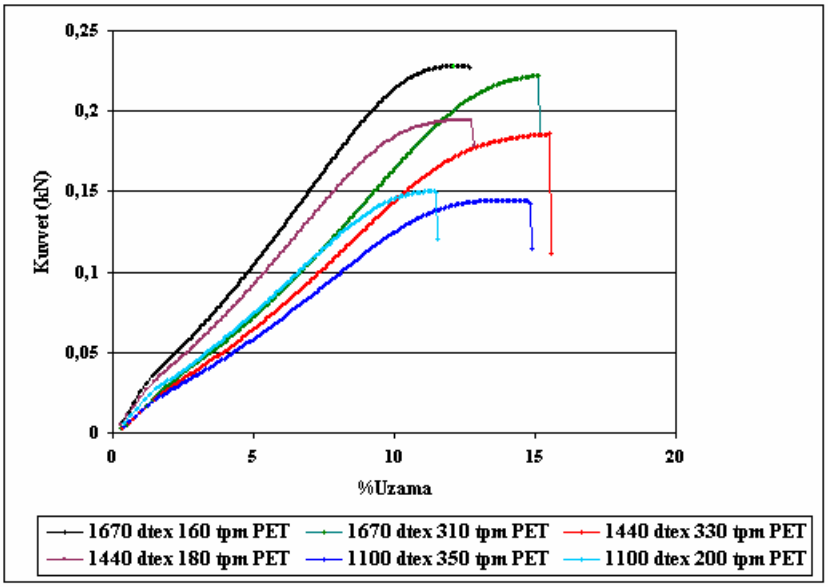
Tablo 7.20: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N))	Kalınlık (mm)
1.Ny	940*2	6,7	5,1	0,33
2.Ny	940*2	7,6	4,7	0,43
3.Ny	940*2	8,6	4,1	0,49
10.PET	1670*2	4,6	6,6	0,46
11.PET	1670*2	4,6	5,4	0,60
12.PET	1670*2	5,2	4,0	0,68



Şekil 7.11: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri.

Şekil 7.11'den görüldüğü gibi doğrusal yoğunluk farklılaşması ile malzemelerim davranışları tamamen farklılaşmaktadır. Genel olarak doğrusal yoğunluk artışıyla, kopma dayanımı, kopma uzaması, özdayanım ve kopma enerjisi değerlerinde artma görülmektedir. Şekil 7.12'de farklı doğrusal yoğunluktaki ve farklı büküm düzeyindeki PET kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.



Şekil 7.11: Farklı doğrusal yoğunlukta ve büküm düzeyinde PET kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri.

7.3.2 940 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

940 dtex Ny-1670 dtex PET bileşimli melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.21'de 940 dtex Ny-1440 dtex PET melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.22'de de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir. Şekil 7.12'de ise üçüncü takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.

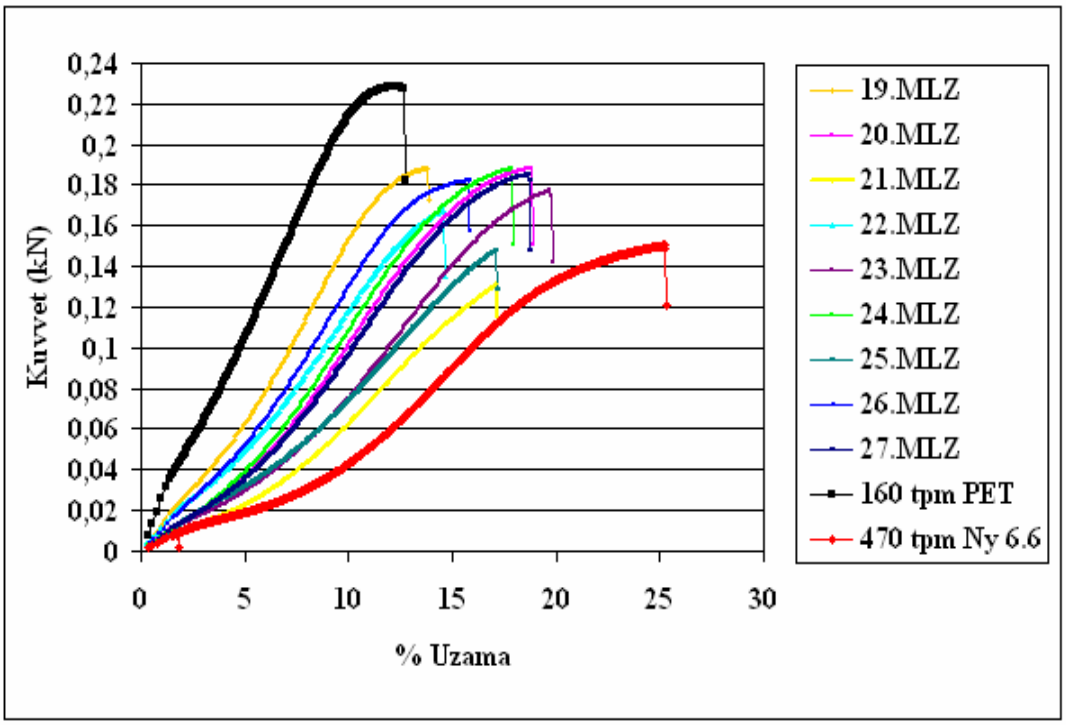
Tablo 7.21: 940 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (2610 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
19.MLZ	188,8	14,1	3,6	5,2	3,81	7,52
20.MLZ	189,8	19,9	5,8	7,7	5,14	6,12
21.MLZ	157,6	21,3	8,1	10,5	3,95	4,20
22.MLZ	174,0	15,9	4,5	6,4	3,68	5,97
23.MLZ	179,2	20,3	6,9	9,2	4,40	5,30
24.MLZ	189,5	18,9	5,4	7,3	4,82	6,40
25.MLZ	147,8	17,1	6,6	9,2	2,95	4,52
26.MLZ	182,5	16,0	4,2	6,0	4,11	6,65
27.MLZ	185,9	19,1	5,8	7,7	4,64	5,98

Tablo 7.22: 940 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (2610 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

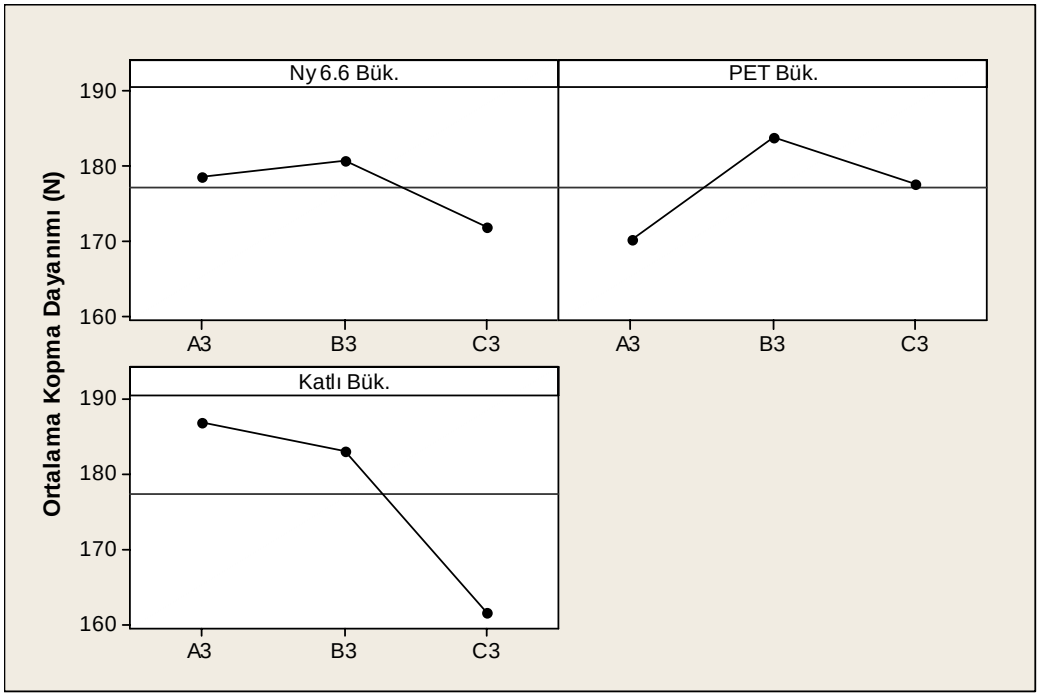
Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
19.MLZ	5,3	5,8	0,36
20.MLZ	5,9	4,4	0,49
21.MLZ	6,7	3,7	0,56
22.MLZ	6,1	5,2	0,49
23.MLZ	6,7	4,6	0,51
24.MLZ	5,7	4,4	0,52
25.MLZ	6,1	4,4	0,56
26.MLZ	5,9	5,0	0,49
27.MLZ	6,1	4,4	0,57

Tablolar ve Şekil 7.12 incelendiğinde müşteri isteğine bağlı olarak büküm düzeyi değiştirilerek istenilen özelliklerde melez kord üretmek olanaklıdır. Enyüksek dayanım değeri yine benzer tasarımlarda elde edilmiştir. Elde edilen kordların enyüksek dayanım değeri sadece naylon olan kıyaslama kordlarına göre oldukça yüksek, kopmada uzama değerleri ise yine aynı kıyaslama kordlarına göre oldukça düşüktür. Yüksek sıcaklıkta kısalma değerlerine bakıldığında ise en yüksek %6,7 endüşük %5,3 gelmektedir. PET kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında ise kopma dayanımı değeri düşerken, kopmada uzama ve kısalma değerleri artmakta, yani kötüleşmektedir

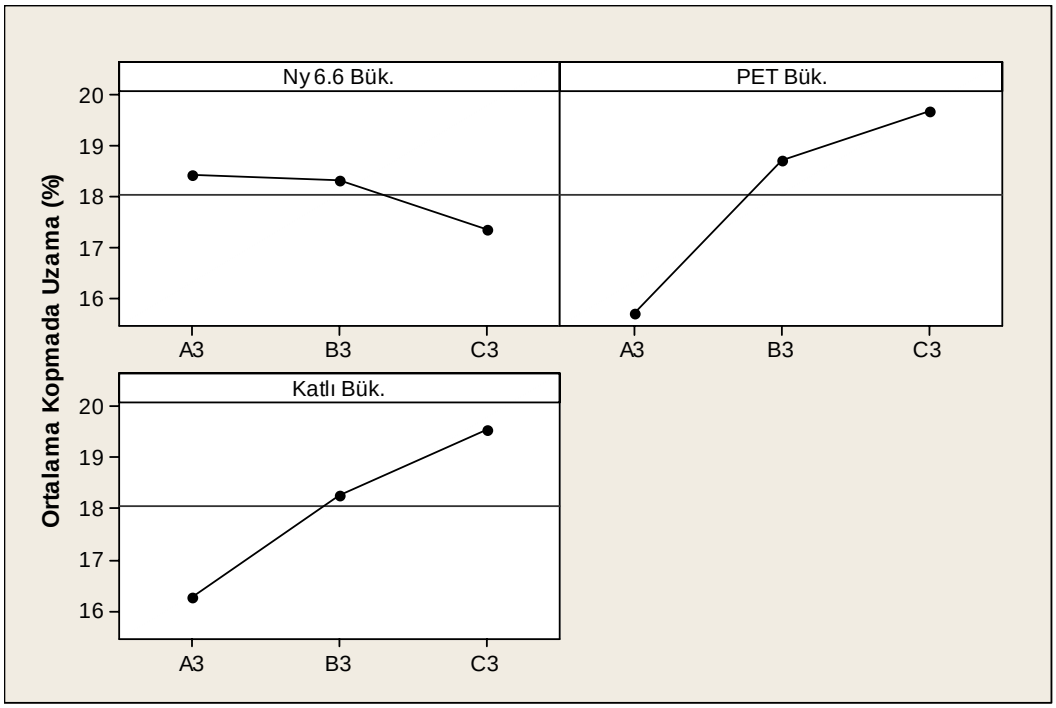


Şekil 7.12: 940 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

940 dtex Ny-1670 dtex PET melez kordlarının Minitab çözümlemesi sonucu Şekil 7.13-7.14'de görülmektedir. Melez kordların ortalama kopma dayanımı çözümlemesi incelendiğinde, kıyaslama kordlarından farklı olarak naylonun kopma dayanımı büküm düzeyi artıkça B_3 büküm düzeyine kadar bir artış göstermekte bu düzeyden sonra tekrara düşmektedir. Poliesterin dayanımının ise B_3 büküm düzeyine kadar arttığı, daha sonra ise azaldığı görülmektedir. Deney tasarımına göre en yüksek dayanımdaki kord B_3-B_3-A_3 bileşiminde elde edilebileceği görülmektedir.



Şekil 7.13: Üçüncü takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.14 Üçüncü takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Kopmada uzama enküçük eniyi durumuna göre çözümlenmiştir. Buna göre en az uzama değerini C_3-A_3-A_3 bileşiminde elde etmek olanaklıdır. Ortalama kopmada uzama değeri üçüncü takım melez kordlar için %18'dir.

7.3.3 940 dtex Ny-1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Üçüncü takım melez kordların işleme süreç koşulları birinci ve ikinci takıma uygulanan süreç koşulları ile aynıdır. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işleme sürecinden geçirilmiş, daha sonra da melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.23'da kıyaslama kordlarının, Tablo 7.24'de ise üçüncü takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.23: 940 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
1.Ny	151,3	19,3	2,7	1,4	0,56	107,3	14,6	5,7
2.Ny	147,2	21,5	3,0	0,7	0,56	122,5	16,3	5,6
3.Ny	145,7	24,3	3,4	0,9	5,70	120,7	19,4	5,7
10.PET	226,1	13,1	1,1	1,2	0,61	156,8	17,8	3,3
11.PET	209,5	12,6	1,4	1,5	0,69	202,5	27,3	3,5
12.PET	195,2	13,9	1,8	2,0	0,68	201,3	27,0	3,5

Tablo 7.24: 940 Ny-1670 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
19.MLZ	181,7	14,5	1,5	0,8	0,61	146,8	16,5	3,20
20.MLZ	183,1	18,2	1,9	0,8	0,67	174,2	22,4	3,50
21.MLZ	161,3	20,9	2,0	0,9	0,72	154,9	23,6	3,30
22.MLZ	164,0	14,8	1,7	1,0	0,64	172,1	21,6	3,60
23.MLZ	166,0	17,2	1,9	0,8	0,64	183,5	24,8	3,30
24.MLZ	177,9	16,8	1,8	0,8	0,67	171,6	28,6	3,70
25.MLZ	128,0	13,0	2,1	1,3	0,63	148,1	23,8	3,70
26.MLZ	172,9	13,6	2,1	1,3	0,63	179,4	26,0	3,90
27.MLZ	177,1	17,2	1,9	0,9	0,70	191,6	25,8	3,00

Tablo 7.23 ve Tablo7. 24'de elde edilen test sonuçları karşılaştırıldığında üçüncü takım melez kordların yapışma değerlerinin naylonun yapışmasından oldukça yüksek olduğu görülür. Bu bileşimdeki melez kordların kopma dayanımı değerleri de iki katlı 940 dtex naylona göre oldukça yüksektir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında ise, 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasından daha iyi kısalma değeri veren melez kord üretmenin olanaklı olduğu görülmektedir.

İşleme sürecinden sonra üçüncü takımda üretilen melez kordların tamamına yorulma testi uygulanmıştır. Kıyaslama kordlarından 940 dtex iki katlı naylon kordlara daha önce test yapıldığı için bu takımda sadece 1670 PET kıyaslama kordlarına yorulma testleri uygulanmıştır. 3. takım melez kordların elde edilen yorulma testleri sonuçları Tablo 7.25'de verilmiştir.

Tablo 7.25: 940 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

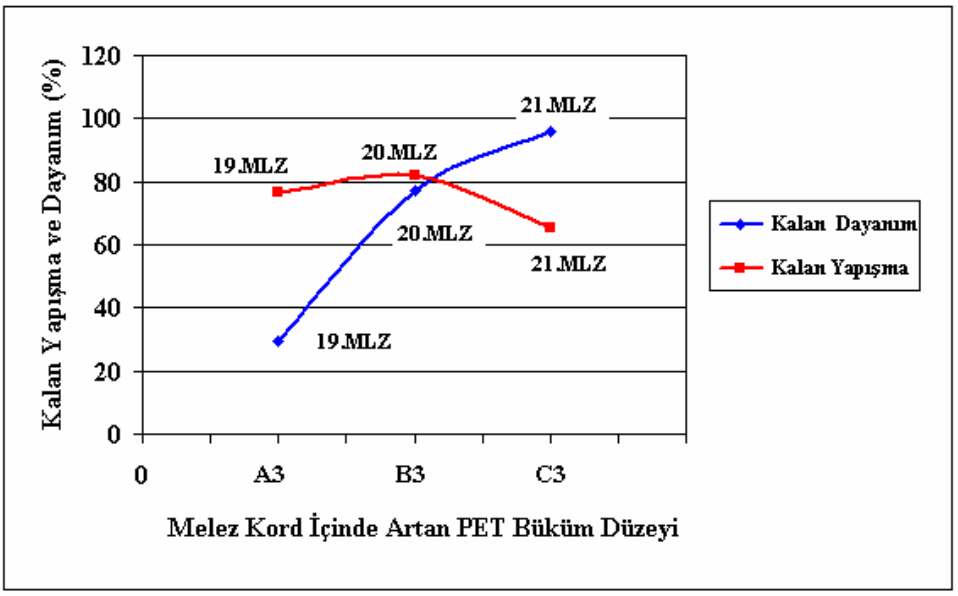
Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
1.Ny	(270-270-270)	376,2	299,9	80	117,2	113,1	96
2.Ny	(350-350-350)	363,1	358,2	99	144,8	143,5	99
3.Ny	(470-470-470)	370,2	328,2	89	139,6	136,8	98
10.PET	(160-160-160)	231,0	129,2	56	222,3	43,2	19
11.PET	(310-310-310)	304,0	216,2	71	221,2	92,1	42
12.PET	(430-430-430)	348,3	302,9	87	199,5	190,9	96
19.MLZ	(A_3-A_3-A_3)	297,2	228,2	77	173,9	51,3	29
20.MLZ	(A_3-B_3-B_3)	312,4	255,2	82	183,7	141,6	77
21.MLZ	(A_3-C_3-C_3)	346,2	225,3	65	147,4	141,0	96
22.MLZ	(B_3-A_3-B_3)	373,5	247,6	66	164,4	96,4	59
23.MLZ	(B_3-B_3-C_3)	342,7	243,5	71	170,0	156,4	92
24.MLZ	(B_3-C_3-A_3)	321,5	247,2	77	181,8	67,5	37
25.MLZ	(C_3-A_3-C_3)	342,4	237,0	69	134,6	83,5	62
26.MLZ	(C_3-B_3-A_3)	326,4	223,1	68	167,5	63,1	38
27.MLZ	(C_3-C_3-B_3)	323,6	247,3	76	183,8	149,2	81

Tablo 7.25, incelendiğinde kıyaslama kordlarından 1670 dtex PET'in 1440 dtex PET'e göre dayanım kaybının daha fazla olduğu görülmüştür. Böylece kordların doğrusal yoğunluğu arttıkça yorulma dayanımının daha da azaldığı görülmüştür.

Kıyaslama kordları için yapışma doğrusal yoğunluk arttıkça artarken, yorulma testi sonuçları doğrusal yoğunluk arttıkça azalmaktadır.

Doğrusal yoğunluğun artmasıyla kordun yorulma dayanımının artmasının nedeninin birkaç etkene bağlı olduğu varsayılmaktadır. Artan yüzey alanına bağlı olarak lastik karışımıyla temas eden yüzeydeki lif sayısı artmıştır. Ayrıca kord içindeki liflerin birbirine uyguladığı sürtünme kuvvetinin etkisi de düşünülmelidir.

Melez kordlarda % kalan dayanım değeri üzerine artan PET büküm düzeyine etkisi Şekil 7.15'de incelenmiştir. Buna göre artan büküm düzeyine bağlı olarak melez kord içindeki PET/Ny 6.6 oranı artmış, böylece yorulma testi sonucu kalan dayanım değeri artarken, kalan yapışma değeri düşmüştür. Üçüncü takım melez kordlar içindeki ağırlıkça % PET/Ny 6.6 oranı 65-66 arasında değişmektedir. Bu değer ayrıca üretilen kordların fiyatlarının ne kadar ucuzlayabileceğini de göstermektedir.



Şekil 7.15 Artan PET büküm düzeyinin kalan yapışma ve dayanım değerlerine etkisi

Melez kordların % kalan dayanım değerleri incelendiğinde ise yine ikinci takım melez kordlarda olduğu gibi katlı bükümü ve PET kat bükümü düşük düzeyde olan kordların dayanım kaybının çok fazla olduğu görülmüştür. Dayanım kaybı düşük olan kordların 1670 dtex PET'e göre oldukça iyi değerler verdiği, 940 dtex naylonun yorulma testi değerlerinden de uzaklaştığı görülmüştür.

2. ve 3. takım kordların yorulma testi sonuçlarına bakıldığında L_9 dikey dizisi kullanılarak üretilen melez kordların yorulma testleri sonucu 1-4-6-7 ve 8 nolu dizi ile üretilen melez kordların yorulma testleri iyi sonuç vermezken, 2-3-5 ve 9 nolu dizi ile üretilen melez kordların çok iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bundan sonra kıyaslama kordları ile sadece iyi sonuç veren melez kordlara yorulma testi yapılmasına karar verilmiştir

7.4 1400 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması

Dördüncü takım melez kordların büküm düzeyi 940 dtex Ny–1100 dtex PET (1.takım) bileşimli melez kordlarla aynı düzeyleri içermektedir. Böylece naylon doğrusal yoğunluğunun artması ile malzemenin davranışındaki değişimin kolaylıkla gözlenebilmesi amaçlanmıştır. Dördüncü takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve 9 farklı özellikte melez kord üretildi. Belirlenen düzeyler A_4, B_4 ve C_4 sembolleri ile gösterilmiştir. Bu büküm düzeyleri 200-470 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır ($C_4 > B_4 > A_4$).

7.4.1 1400 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Dördüncü takım melez kordların özelliklerini karşılaştırabilmek için 1400 dtex naylondan üç farklı büküm düzeyinde kıyaslama kordu üretilmiştir. Naylon kıyaslama kordları için 270–350 ve 470 büküm seviyelerinde üretim yapıldı 1100 dtex poliester kıyaslama kordları daha önceden üretildiği için yeni poliester kıyaslama kordu üretilmesine gerek kalmamıştır. Tüm kordların büküm düzeyi büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edildi. Üretilen ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.26 ve 7.27'de verilmiştir.

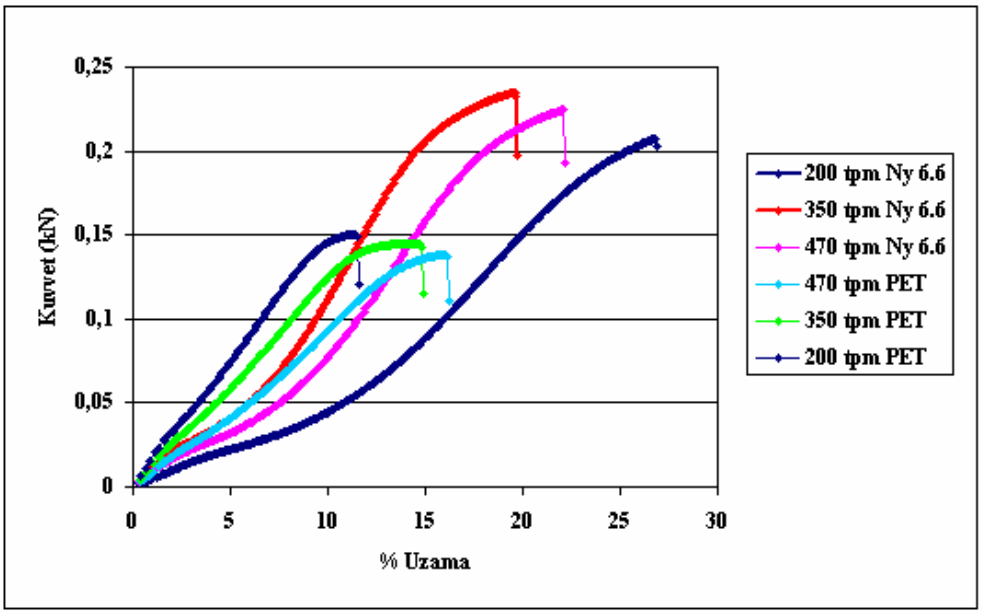
Tablo 7.26: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
13.Ny	1400*2	236,3	20,3	5,4	7,3	6,3	8,41
14.Ny	1400*2	228,0	23,4	6,9	9,2	6,7	6,85
15.Ny	1400*2	216,4	29,1	9,8	12,7	7,4	5,06
4.PET	1100*2	150,5	11,5	2,8	4,4	2,7	6,37
5.PET	1100*2	144,8	14,3	3,7	5,5	3,3	5,39
6.PET	1100*2	139,2	16,8	5,2	7,5	3,4	4,51

Tablo 7.27: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
13.Ny	1400*2	6,8	7,2	0,46
14.Ny	1400*2	8,3	7,0	0,60
15.Ny	1400*2	9,8	6,4	0,68
4.PET	1100*2	4,8	5,1	0,33
5.PET	1100*2	5,3	4,6	0,45
6.PET	1100*2	5,7	3,7	0,50

Tablo 7.26'ya göre 1100 dtex poliesterin kopma dayanımı 1400 dtex naylondan daha düşüktür. Bu iki kordun kopmada uzama değerleri karşılaştırıldığında poliesterin boyutsal kararlılığının çok daha iyi olduğu görülmektedir. Özdayanım açısından bakıldığında ise naylonun doğrusal yoğunluğunun poliesterden fazla olması özdayanım değerlerinin poliesterden daha fazla olmasını sağlamıştır. Tablo. 7.27'ye göre, naylonun kısalması büküm düzeyine bağlı olarak %6,8–9,8 arasında değişirken, poliesterin kısalması ise %4,8-5,7 arasında değişmektedir. Poliesterin sıcaklığa bağlı boyutsal kararlılık özelliği görülürken naylonun doğrusal yoğunluğunun artması ile ısıl kısalma değerlerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 7.16: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama Grafikleri

Kıyaslama kordlarının farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri Şekil 7.16'da verilmiştir. Şekil 7.16 ve Tablo 7.26'dan görüldüğü gibi, büküm düzeyi arttıkça, hem poliester hem de naylon kordlar için kopma uzaması artarken, kopma dayanımları azalmaktadır.

7.4.2 1400 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

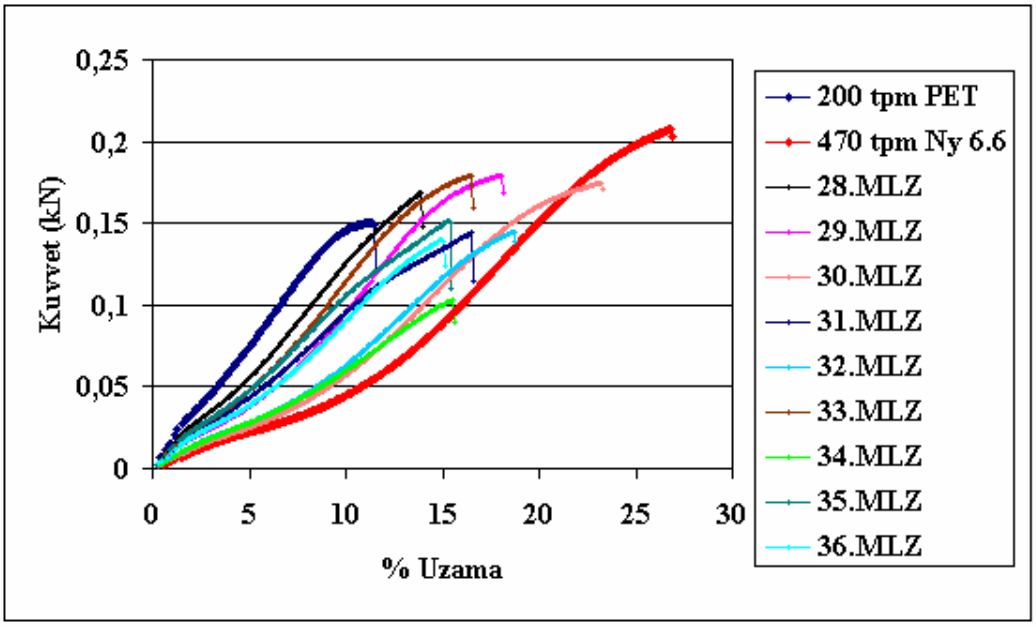
1400 dtex Ny-1100 dtex PET melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.28'de 940 dtex Ny-1440 dtex PET melez kordların çekme testi sonuçları, Tablo 7.29'de de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir. Şekil 7.17'de ise dördüncü takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 7.28: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2500 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
28.MLZ	177,9	15,4	3,9	5,8	3,7	5,88
29.MLZ	182,4	19,2	5,8	7,9	4,6	5,98
30.MLZ	176,3	23,9	8,3	11,0	5,2	4,70
31.MLZ	148,6	17,2	5,1	7,4	3,4	4,41
32.MLZ	149,5	19,5	7,6	10,3	3,4	4,31
33.MLZ	180,7	17,0	4,7	6,7	4,1	5,98
34.MLZ	111,4	17,3	7,8	10,8	2,4	3,33
35.MLZ	155,5	15,9	4,6	6,7	3,3	4,80
36.MLZ	145,6	15,8	5,6	7,9	2,9	4,80

Tablo 7.29: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2500 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
28.MLZ	5,6	6,4	0,42
29.MLZ	6,7	5,7	0,55
30.MLZ	8,1	4,6	0,61
31.MLZ	6,5	5,3	0,55
32.MLZ	7,4	4,7	0,61
33.MLZ	6,2	5,9	0,59
34.MLZ	6,8	4,5	0,67
35.MLZ	6,3	5,9	0,57
36.MLZ	6,3	5,4	0,61

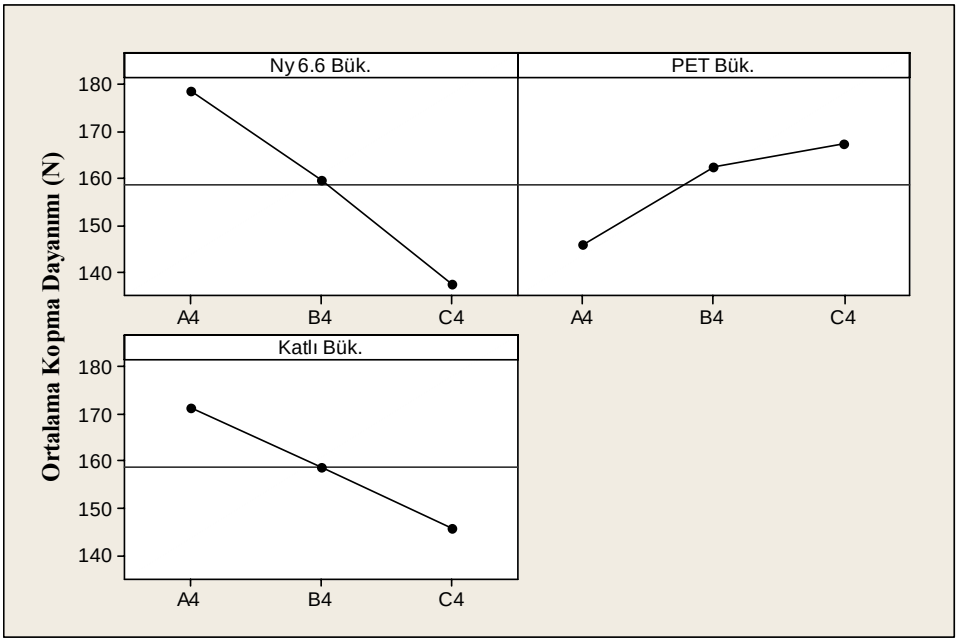


Şekil 7.17: 1400 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

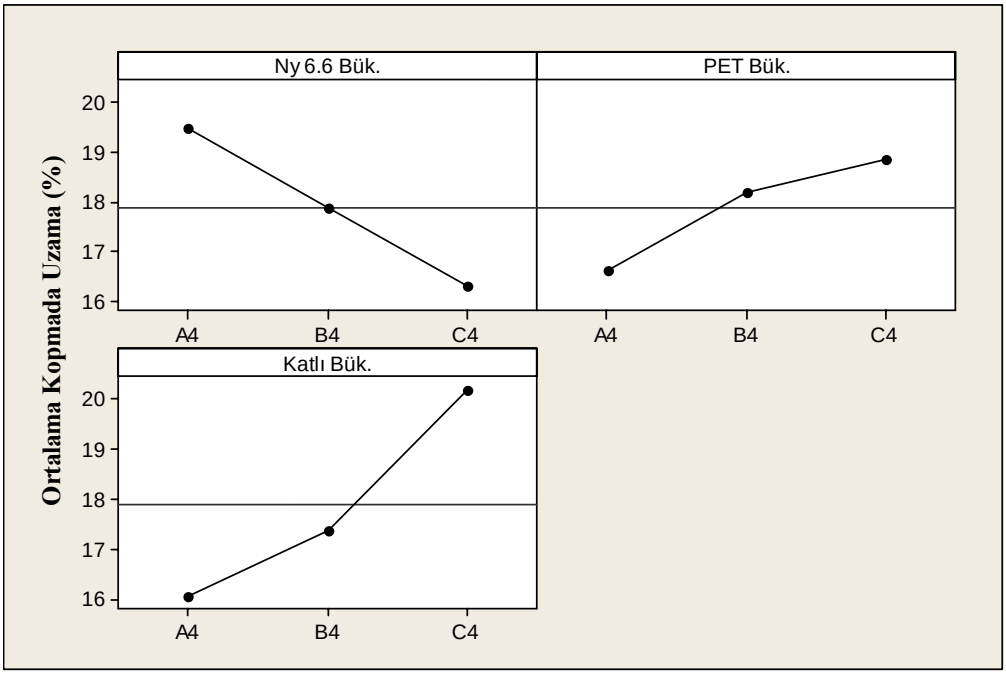
Şekil 7.17'den görüldüğü gibi 9 farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen altı tane kıyaslama kordunun enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 200 tpm büküm düzeyinde poliester ve 470 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alındığında bu aralıkta isteğe göre poliestere yakın özellikte veya naylonun özelliklerine yakın özellikte melez kord üretimi yapmak olanaklıdır.

Tablo 7.28 ve Şekil 7.17 incelendiğinde en yüksek dayanım değerinin 2. ve 6. sırada üretilen 29.MLZ ve 33.MLZ simgeleriyle gösterilen kordlar olduğu görülmektedir. Yine en kötü dayanım değeri tasarımın yedinci sırasında bulunan büküm düzeyleri ile üretilen kordda elde edilmiştir. En yüksek dayanım değeri elde edilen kordların uzama değerleri poliester kıyaslama kordlarının 470 tpm büküm düzeyindeki değerine yaklaşmaktadır. Yüksek sıcaklıkta kısalma değerlerinde de naylonun yüksek bükümlü kordlarına göre oldukça azalma görülmektedir.

Şekil 7.18-19'de kopma dayanımı ve % kopmada uzama için farklı büküm düzeylerinde melez kordların Minitab programının çözümlemeleri görülmektedir. Buna göre artan büküm seviyelerinde naylonun kopma dayanımı düşerken, poliesterin kopma dayanımı artmaktadır.



Şekil 7.18: Dördüncü takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.19 Dördüncü takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Kopma dayanımı davranışı 1. takım melez kordlar ile hemen hemen aynı sadece ortalama kopma dayanımı farklıdır. Bu değer 140 N'dan 160 N'a yükselmiştir.

Kıyaslama kordlarında kopmada uzama değerleri büküm düzeyi arttıkça artmaktadır. Melez kordlarda inceleme en küçük eniyi kuralına göre yapıldığı için dayanımın tersi bir ilişki görülmektedir. C_4 tpm büküm düzeyinde naylon, A_4 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile en düşük büküm seviyesi en düşük uzama değerini vermektedir.

7.4.3 1400 dtex Ny - 1100 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Dördüncü takım melez kordların işleme süreç koşulları önceki takımlara uygulanan koşullarla aynıdır. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işlenme sürecinden geçirilmiş, daha sonra da melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.30'da kıyaslama kordlarının, Tablo 7.31'de ise dördüncü takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.30: 1400 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
13.Ny	238,9	21,0	3,3	1,4	0,65	139,7	18,0	4,4
14.Ny	227,7	25,1	3,3	1,9	0,70	191,0	26,6	5,0
15.Ny	215,7	24,5	5,3	2,4	0,69	192,2	30,6	2,0
4.PET	152,0	13,3	1,3	1,1	0,53	115,9	18,4	3,5
5.PET	144,6	13,0	1,5	1,3	0,55	92,5	16,7	3,7
6.PET	136,7	13,6	1,7	1,5	0,55	111,8	15,7	3,6

Tablo 7.31: 1400 Ny-1100 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
28.MLZ	168,8	15,2	1,9	1,0	0,64	150,0	15,9	2,4
29.MLZ	157,5	14,5	2,1	1,0	0,64	162,0	21,8	2,1
30.MLZ	154,1	17,8	2,2	0,8	0,63	132,6	23,1	1,9
31.MLZ	133,7	14,3	2,1	1,0	0,68	168,6	23,4	3,6
32.MLZ	137,4	15,5	2,1	0,9	0,64	167,8	24,6	5,8
33.MLZ	162,4	14,3	2,1	1,0	0,66	162,5	28,5	5,2
34.MLZ	103,8	13,3	2,4	1,1	0,68	119,8	23,0	4,1
35.MLZ	142,2	14,1	2,1	1,0	0,69	152,8	27,7	3,8
36.MLZ	145,2	14,8	2,3	1,0	0,68	156,8	27,8	4,6

İşleme öncesi ve işleme sonrası elde edilen değerler karşılaştırıldığında işleme sürecinde, çok fazla kopma dayanımı kaybı olmadan korda yapıştırıcı kimyasalın yüklendiği görülmektedir. 1400 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 140-192 N değerleri arasında, 1100 dtex PET kıyaslama kordların da ise 92-116 N arasında olduğu görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 92-192 N arasında değişmesi beklenmektedir.

Yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında yeterli yapışmanın elde edildiği ve yapışma değerlerinin beklenen aralıkta olduğu görülmektedir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında ise 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasından daha iyi kısalma değeri veren melez kord üretmenin olanaklı olduğu görülmektedir. Geçici kısalma değerleri ise naylonun kısalma değerlerinden oldukça iyi, poliestere göre kısalması biraz daha yüksektir.

İşleme sürecinden sonra dördüncü takımda üretilen melez kordların büküm düzeyine bağlı olarak iyi sonuç verenlerine yorulma testi uygulanmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için 1100 dtex PET ve 1400 dtex naylon kıyaslama kordlarına da yorulma testleri uygulanmıştır.

Tablo 7.32: 1400 Ny -1100 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
13.Ny	(270-270-270)	282,8	194,1	69	202,1	168,9	84
14.Ny	(350-350-350)	354,6	250,3	71	225,3	210,7	94
15.Ny	(470-470-470)	360,1	272,6	76	222,5	207,8	93
4.PET	(270-270-270)	204,6	181,5	89	145,3	67,3	46
5.PET	(350-350-350)	306,7	256,4	84	147,0	91,6	62
6.PET	(470-470-470)	299,4	247,7	83	136,7	125,9	92
28.MLZ	(A_4-A_4-A_4)	335,1	270,5	81	137,5	59,7	43
29.MLZ	(A_4-B_4-B_4)	378,6	291,0	77	173,0	135,1	78
30.MLZ	(A_4-C_4-C_4)	391,0	232,8	60	173,4	169,8	98
32.MLZ	(B_4-B_4-C_4)	348,4	254,0	73	144,7	131,1	91
36.MLZ	(C_4-C_4-B_4)	347,7	261,4	75	138,3	111,7	81

Dördüncü takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.32'de verilmiştir. Tabloda 1400 dtex iki katlı naylon, 1100 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde melez kordların yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır. Yorulma testlerinde düşük katlı büküm düzeyine ve düşük PET katı büküm düzeyine sahip olan 4 tane melez kordun yorulma testleri iyi değerler vermemiştir. Bu nedenle büküm düzeyine bağlı olarak iyi sonuç vermeyen kordlardan sadece biri, hem katlı büküm düzeyi, hem de PET katın büküm düzeyi düşük olan melez kord, bu görüşü doğrulamak amacıyla test edilmiş, diğerleri test edilmemiştir.

Tablo 7.32'den görüldüğü gibi en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen kordda (28. MLZ) olmuş, diğer kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Hatta 30.MLZ koduyla üretilen melez kordun yorulma testi çok iyi sonuçlar veren 1400 dtex iki katlı naylondan bile daha iyi sonuç vermiş, sadece %2,1 dayanım kaybı gözlenmiştir.

940 dtex Nylon kıyaslama kordunun dayanım kaybı değeri %0,9-3,5 arasında değişirken, 1400 dtex naylonun dayanım kaybı değeri %6,5-16,4 arasında değişmiştir. Naylon kıyaslama kordlarında da doğrusal yoğunluk arttıkça yorulma dayanımı azalmaktadır. Naylon ve PET kordlarda yorulma dayanımı büküm düzeyi artıkça artarken doğrusal yoğunluk artıkça azalmaktadır.

7.5 1400 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması

Beşinci takımda üretilen melez kordların büküm düzeyi 940 dtex Ny–1440 dtex PET (2.takım) bileşimli melez kordlarla aynı düzeydedir. Beşinci takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve 9 farklı özellikte melez kord üretildi. Belirlenen düzeyler A_5, B_5 ve C_5 sembolleri ile gösterilmiştir. Bu büküm düzeyleri 180-450 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır (C_5> B_5> A_5). Bu gruptaki melez kordların özelliklerinin kıyaslanması için yeni kıyaslama kordu üretilmesine gerek kalmamıştır.

7.5.1 1400 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

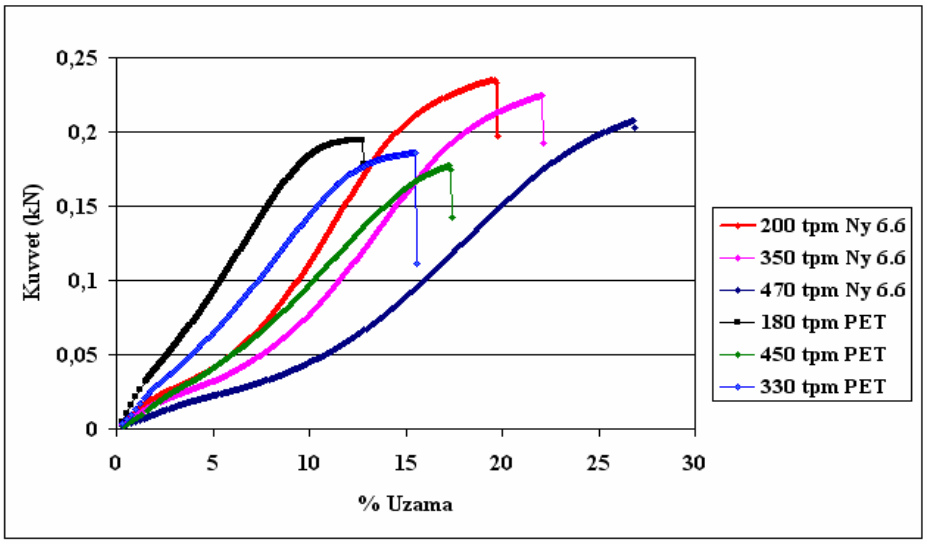
Naylon kıyaslama kordları üretimi için kullanılan büküm düzeyi 270–350 ve 470 tpm, poliester kıyaslama kordları için ise 180-330-450 tpm'dir. Tüm kordların büküm düzeyi büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edilmiştir. Üretilen ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.33 ve 7.34'de verilmiştir. Kıyaslama kordlarının farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.20'de verilmiştir.

Tablo 7.33: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
13.Ny	1400*2	236,3	20,3	5,4	7,3	6,3	8,41
14.Ny	1400*2	228,0	23,4	6,9	9,2	6,7	6,85
15.Ny	1400*2	216,4	29,1	9,8	12,7	7,4	5,06
7.PET	1440*2	195,0	13,1	2,2	3,6	4,17	8,05
8.PET	1440*2	186,6	15,9	3,2	5,0	4,45	6,48
9.PET	1440*2	180,0	17,8	5,0	7,2	4,18	5,44

Tablo 7.34: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
13.Ny	1400*2	6,8	7,2	0,46
14.Ny	1400*2	8,3	7,0	0,60
15.Ny	1400*2	9,8	6,4	0,68
7.PET	1440*2	3,9	5,8	0,40
8.PET	1440*2	4,0	4,7	0,51
9.PET	1440*2	4,7	3,8	0,60



Şekil 7.20: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Tablo 7.33'e ve Şekil 7.20'ye göre 1400 dtex naylonun kopma dayanımı, 1440 dtex poliesterden daha yüksektir. Bu iki kordun kopmada uzama değerleri karşılaştırıldığında poliesterin boyutsal kararlılığının çok daha iyi olduğu görülmektedir. Özdayanım değerleri karşılaştırıldığında ise yaklaşık olarak aynı değerlere sahip oldukları söylenebilir. Tablo. 7.34'e göre, naylonun kısalması büküm düzeyine bağlı olarak %6,8–9,8 arasında değişirken, poliesterin kısalması ise %3,9-4,7 arasında değişmektedir.

7.5.2 1400 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

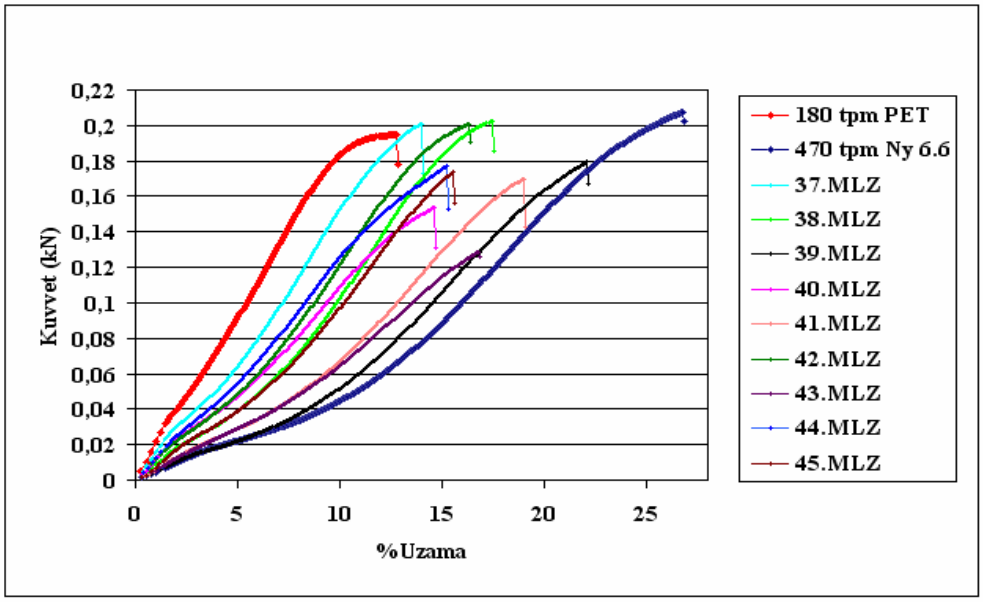
A_5, B_5, C_5 büküm düzeylerinde üretilen 1400 dtex Ny 6.6 -1440 dtex PET (5.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.35'de beşinci takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.36'da ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir. Şekil 7.21'de ise beşinci takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 7.35: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (2840 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
37.MLZ	203,3	14,5	3,3	5,1	3,89	7,45
38.MLZ	208,3	19,1	5,5	7,5	5,08	6,86
39.MLZ	186,3	23,2	8,8	11,4	4,84	4,90
40.MLZ	163,8	15,9	4,5	6,7	3,45	5,29
41.MLZ	175,7	19,6	7,1	9,7	3,95	5,10
42.MLZ	204,6	17,1	4,5	6,4	4,54	6,86
43.MLZ	134,9	17,6	7,2	9,9	2,80	3,92
44.MLZ	179,1	15,4	3,9	5,5	3,69	5,98
45.MLZ	178,4	15,8	5,3	7,4	3,29	6,08

Tablo 7.36: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
37.MLZ	5,6	6,7	0,42
38.MLZ	6,3	5,2	0,56
39.MLZ	7,3	4,3	0,64
40.MLZ	5,6	5,4	0,57
41.MLZ	6,7	4,8	0,58
42.MLZ	5,8	6,1	0,55
43.MLZ	6,4	4,6	0,63
44.MLZ	6,2	6,5	0,62
45.MLZ	6,4	5,3	0,64

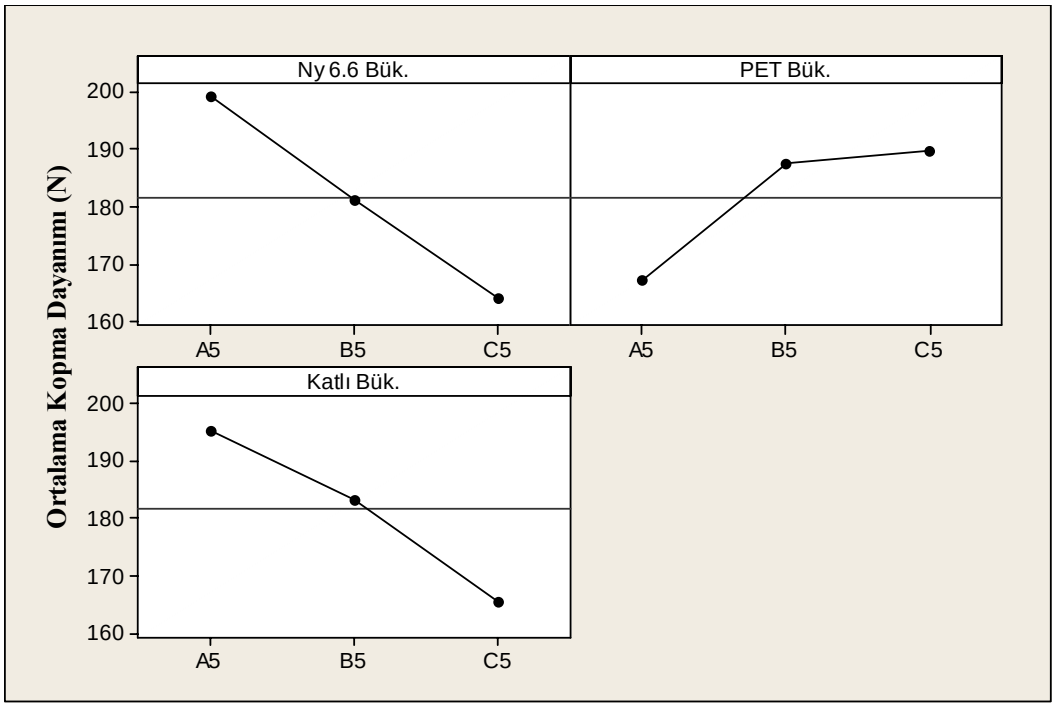


Şekil 7.21: 1400 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

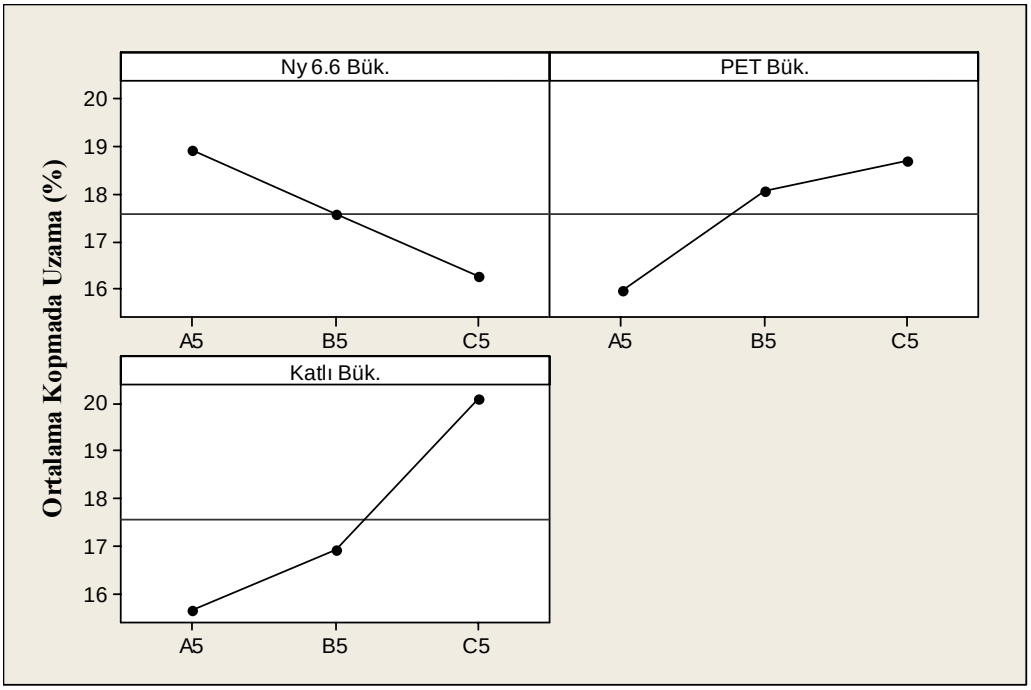
Şekil 7.21'den görüldüğü gibi 9 farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen altı tane kıyaslama kordunun enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 180 tpm büküm düzeyinde poliester ve 470 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alındığında bu aralıkta poliestere yakın özellikte melez kord üretmek olanaklı olduğu gibi naylonun özelliklerine de yakın melez kord üretimi yapmak olanaklıdır.

Tablo 7.35 ve Şekil 7.21 incelendiğinde en yüksek dayanım değerinin 2. ve 6. sırada üretilen 38.MLZ ve 42.MLZ kordlarda elde edildiği görülmektedir. Yine en kötü dayanım değeri (134 N) tasarımın 7. sırasında bulunana büküm düzeyleri ile üretilen kordda elde edilmiştir. En yüksek dayanım değeri elde edilen kordların uzama değerleri naylon kıyaslama kordlarından düşüktür. Yüksek sıcaklıkta kısalma değerlerinde de naylonun yüksek bükümlü kordlarına göre oldukça azalma görülmektedir. Bu takım içinde üretilen melez kordların ortalama ısıl kısalma değeri %6,3'tür.

Şekil 7.22-23'de kopma dayanımı ve kopma uzaması için farklı büküm düzeylerinde melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir. Buna göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin katının B_5 tpm'e kadar artmakta, bu büküm düzeyinden sonra sabitleşmektedir. Beşinci takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 180 N'dur. Deney tasarımına göre en yüksek dayanım A_5 tpm Ny 6.6 – C_5 PET ve A_5 tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilecektir.



Şekil 7.22: Beşinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.23 Beşinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Kıyaslama kordlarında kopmada uzama değerleri büküm düzeyi arttıkça artmaktadır. Melez kordlarda inceleme en küçük eniyi kuralına göre yapıldığı için dayanımın tersi

bir ilişki görülmektedir. C_5 tpm büküm düzeyinde naylon, A_5 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_5 büküm düzeyi en düşük uzama değeri vermektedir.

7.5.3 1400 dtex Ny - 1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Beşinci takım melez kordların işleme süreç koşulları önceki takımlara uygulanan koşullarla aynıdır. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işlenme sürecinden geçirilmiş, daha sonra da melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.37'de kıyaslama kordlarının, Tablo 7.38'de ise beşinci takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.37: 1400 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
13.Ny	238,9	21,0	3,3	1,4	0,65	139,7	18,0	4,4
14.Ny	227,7	25,1	3,3	1,9	0,70	191,0	26,6	5,0
15.Ny	215,7	24,5	5,3	2,4	0,69	192,2	30,6	2,0
7.PET	193,4	13.9	0,9	0,8	0,63	166,5	27,0	4,0
8.PET	180,8	13,9	1,1	0,9	0,62	196,4	29,5	5,2
9.PET	165,8	14,4	1,2	0,9	0,65	193,5	28,6	6,7

Tablo 7.38: 1400 Ny-1440 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
37.MLZ	190,0	13,8	1,9	1,1	0,67	152,2	20,8	4,3
38.MLZ	189,2	15,9	2,4	1,1	0,62	180,4	26,6	2,5
39.MLZ	183,8	20,0	2,5	0,9	0,71	178,7	24,5	1,9
40.MLZ	149,8	13,7	2,1	1,2	0,71	178,9	23,7	2,6
41.MLZ	157,5	15,5	2,4	1,0	0,66	173,6	27,8	1,0
42.MLZ	193,5	15,5	2,1	1,0	0,72	177,4	31,3	4,0
43.MLZ	121,2	13,3	2,3	1,1	0,75	150,3	26,2	1,2
44.MLZ	172,5	14,2	2,1	1,1	0,75	170,1	28,9	5,9
45.MLZ	162,3	13,8	2,4	1,2	0,69	197,6	28,3	3,0

Tablo 7.37 incelendiğinde 1400 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 140-192 N değerleri arasında, 1440 dtex PET kıyaslama kordların da ise 166-196 N arasındaki değerlerde değiştiği görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 92-196 N arasında değişmesi beklenmektedir. Melez kordların H-yapışma değeri 150-197 N arasında değişmiştir. Şerit yapışma değerleri karşılaştırıldığında ise kıyaslama kordlarının 18-30 N arasında değişirken melez kordların şerit yapışma değerleri 21-31 N arasında değişmiştir.

Yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında yeterli yapışmanın elde edildiği ve yapışma değerlerinin beklenen aralıkta olduğu görülmektedir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında ise bazı melez kordlarda 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasıyla aynı değerde kısalma değeri elde edilirken, bazı kordlarda ise naylon ile PET arasında ısıl kısalma değerleri elde edilmiştir.

İşleme sürecinden sonra beşinci takımda üretilen melez kordların büküm düzeyine bağlı olarak iyi sonuç verenlerine yorulma testi uygulanmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için 1440 dtex PET ve 1400 dtex naylon kıyaslama kordlarına da yorulma testleri uygulanmıştır. Beşinci takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.39'de verilmiştir.

Tablo 7.39: 1400 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
13.Ny	(270-270-270)	282,8	194,1	69	202,1	168,9	84
14.Ny	(350-350-350)	354,6	250,3	71	225,3	210,7	94
15.Ny	(470-470-470)	360,1	272,6	76	222,5	207,8	93
7.PET	(180-180-180)	364,1	257,2	71	192,0	59,6	31
8.PET	(330-330-330)	356,2	241,8	68	190,4	86,6	45
9.PET	(450-450-450)	359,3	319,9	89	179,0	159,7	89
37.MLZ	(A_5-A_5-A_5)	340,5	243,6	72	173,5	62,0	36
38.MLZ	(A_5-B_5-B_5)	335,5	296,6	88	199,1	162,8	82
39.MLZ	(A_5-C_5-C_5)	342,3	251,0	73	185,0	168,8	91
41.MLZ	(B_5-B_5-C_5)	367,3	279,2	76	178,4	157,1	88
45.MLZ	(C_5-C_5-B_5)	384,9	304,1	79	180,1	138,3	77

Tabloda 1400 dtex iki katlı nylon, 1440 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde üretilmiş melez kordun yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır. Tasarımın katlı büküm ve PET katının büküm düzeyi düşük olan melez kordu doğrulama amacıyla bu takımda da test edilmiştir. Tablo 7.32'den görüldüğü gibi en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen kordda (37. MLZ) olmuş ve diğer melez kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ny/PET bileşimli melez kord üretimiyle PET'in yorulma direncinden daha fazla yorulma direncine sahip kord üretiminin olanaklı olduğu açıktır.

7.6 1400 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması

Altıncı takımda üretilen melez kordların büküm düzeyi 940 dtex Ny–1670 dtex PET (3.takım) bileşimli melez kordlarla aynı düzeydedir. Altıncı takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve 9 farklı özellikte melez kord üretildi. Belirlenen düzeyler A_6, B_6 ve C_6 sembolleri ile gösterilmiştir. A_6, B_6 ve C_6 büküm düzeyleri 160-430 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır ($C_6>B_6>A_6$). Bu gruptaki melez kordların özelliklerinin kıyaslanması için yeni kıyaslama kordu üretilmesine gerek kalmamıştır.

7.6.1 1400 dtex Ny ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

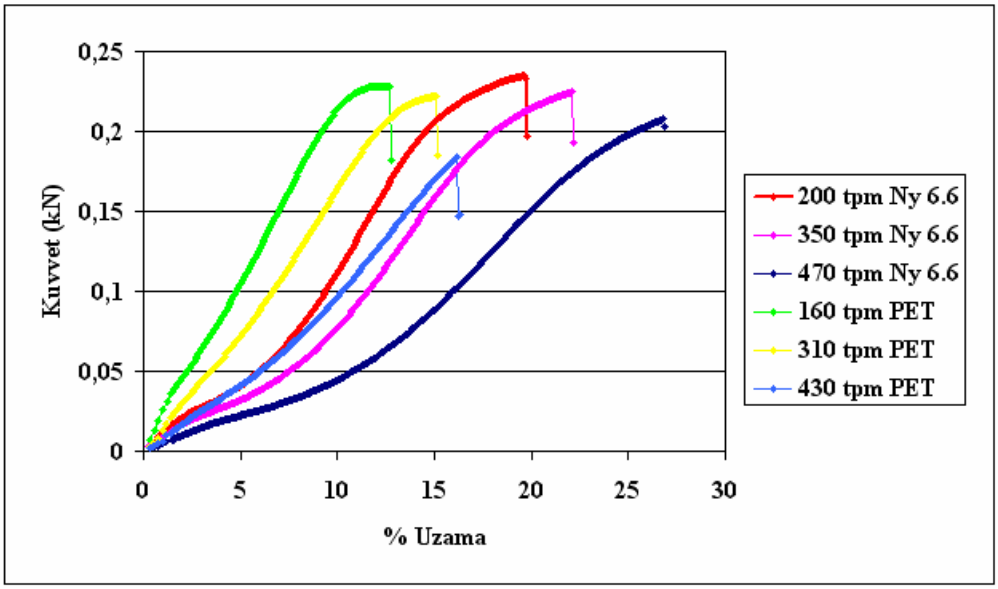
1400 dtex naylon kıyaslama kordları üretimi için kullanılan büküm düzeyi 270–350 ve 470 tpm, 1670 poliester kıyaslama kordları için ise 160-310-430 tpm'dir. Tüm kordların büküm düzeyi büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edilmiştir. Üretilen ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.40 ve 7.41'de verilmiştir. Kıyaslama kordların farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.24'de verilmiştir.

Tablo 7.40: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
13.Ny	1400*2	236,3	20,3	5,4	7,3	6,3	8,41
14.Ny	1400*2	228,0	23,4	6,9	9,2	6,7	6,85
15.Ny	1400*2	216,4	29,1	9,8	12,7	7,4	5,06
10.PET	1670*2	228,3	12,2	1,8	3,1	4,50	9,21
11.PET	1670*2	222,3	15,2	2,8	4,4	4,93	7,64
12.PET	1670*2	200,4	17,8	5,1	7,4	4,27	5,88

Tablo 7.41: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
13.Ny	1400*2	6,8	7,2	0,46
14.Ny	1400*2	8,3	7,0	0,60
15.Ny	1400*2	9,8	6,4	0,68
10.PET	1670*2	4,6	6,6	0,46
11.PET	1670*2	4,6	5,4	0,60
12.PET	1670*2	5,2	4,0	0,68



Şekil 7.24: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Tablo 7.40 ve Şekil 7.24'ye göre 1400 dtex naylon ve 1670 dtex poliesterin kopma dayanımları birbirine çok yakındır. Bu bileşimde PET'e yüksek büküm verilerek PET'in uzama değeri naylona yaklaştırılırsa oldukça yüksek dayanımlarda melez kord elde edilebilir.

Bu iki kordun kopmada uzama değerleri karşılaştırıldığında ise çok farklı değerler verdiği naylonun uzamasının PET'den çok fazla olduğu görülür. Özdayanım değerleri karşılaştırıldığında ise PET'in özdayanımının naylondan daha yüksek olduğu görülmektedir. Tablo 7.41'e göre, naylonun kısalması büküm düzeyine bağlı olarak %6,8–9,8 arasında değişirken, poliesterin kısalması ise %4,6-5,2 arasında değişmektedir.

7.6.2 1400 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

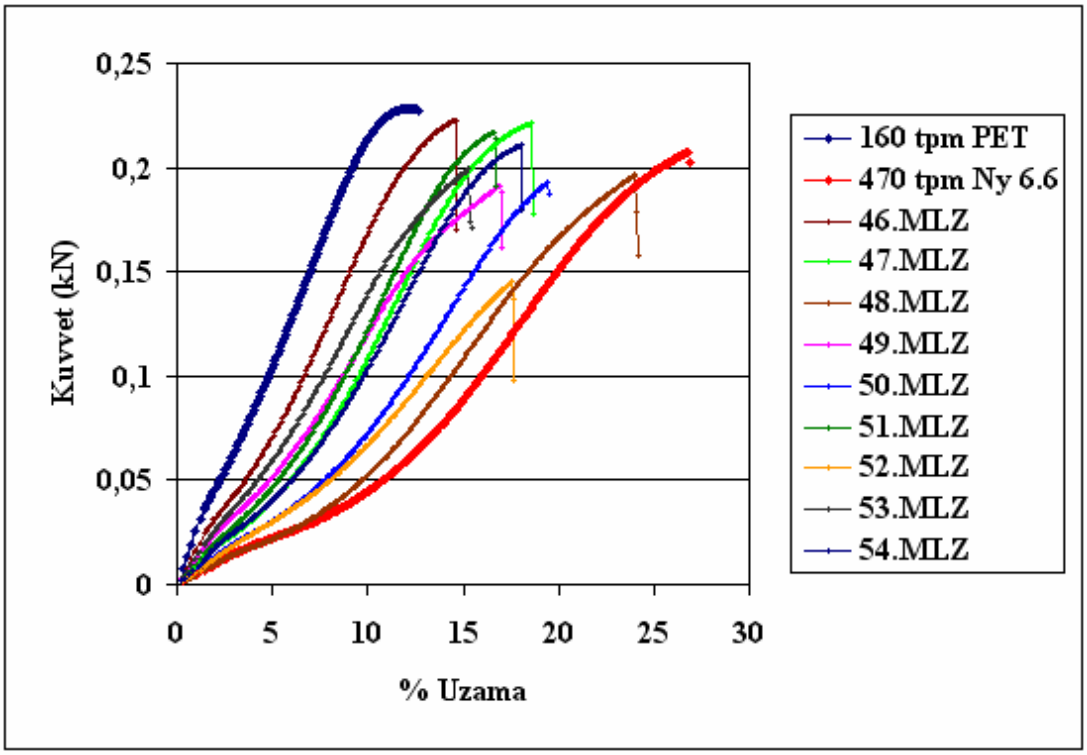
A_6, B_6, C_6 büküm düzeylerinde üretilen 1400 dtex Ny 6.6 -1670 dtex PET (6.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.42'de altıncı takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.43'de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir. Şekil 7.25'de ise altıncı takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.

Tablo 7.42: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3070 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
46.MLZ	222,8	14,7	3,0	4,6	4,44	8,23
47.MLZ	224,6	19,9	5,3	7,2	5,87	7,35
48.MLZ	203,1	25,1	8,7	11,3	5,90	5,00
49.MLZ	196,1	17,6	4,1	6,2	4,65	6,17
50.MLZ	196,3	19,8	6,8	9,3	4,36	5,78
51.MLZ	221,5	17,8	4,6	6,5	5,07	7,64
52.MLZ	148,0	17,7	7,0	9,7	3,01	4,41
53.MLZ	202,9	15,7	3,5	5,4	4,29	6,86
54.MLZ	212,1	18,1	5,1	7,2	4,77	6,86

Tablo 7.43: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3070 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
46.MLZ	5,0	6,9	0,49
47.MLZ	6,1	5,1	0,56
48.MLZ	6,5	3,9	0,71
49.MLZ	5,7	6,0	0,58
50.MLZ	6,8	5,0	0,68
51.MLZ	6,1	5,6	0,64
52.MLZ	6,5	4,5	0,69
53.MLZ	6,1	6,0	0,63
54.MLZ	6,4	5,6	0,67

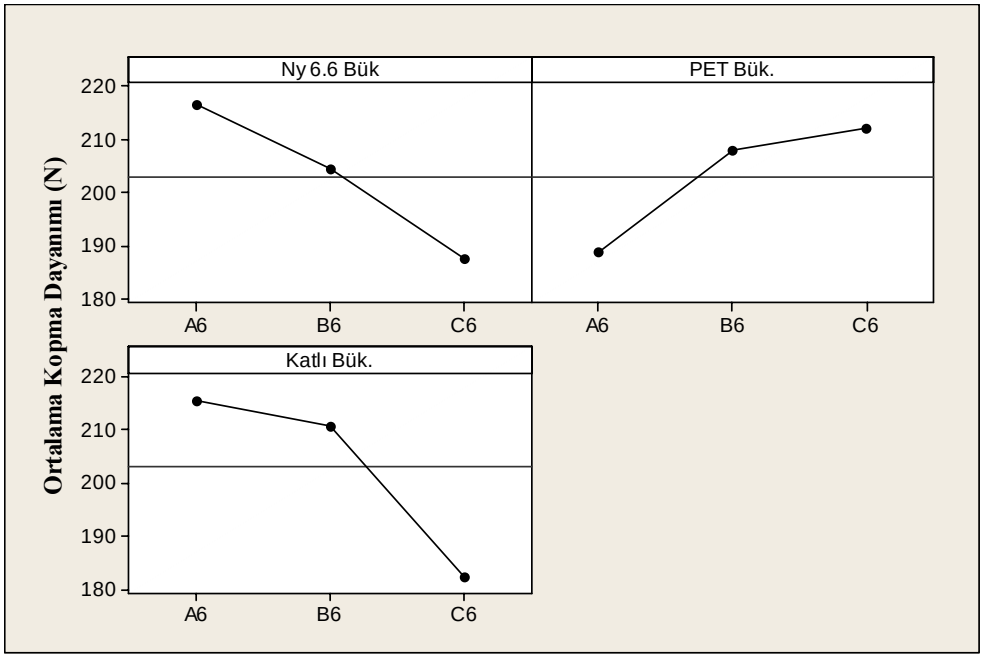


Şekil 7.25: 1400 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

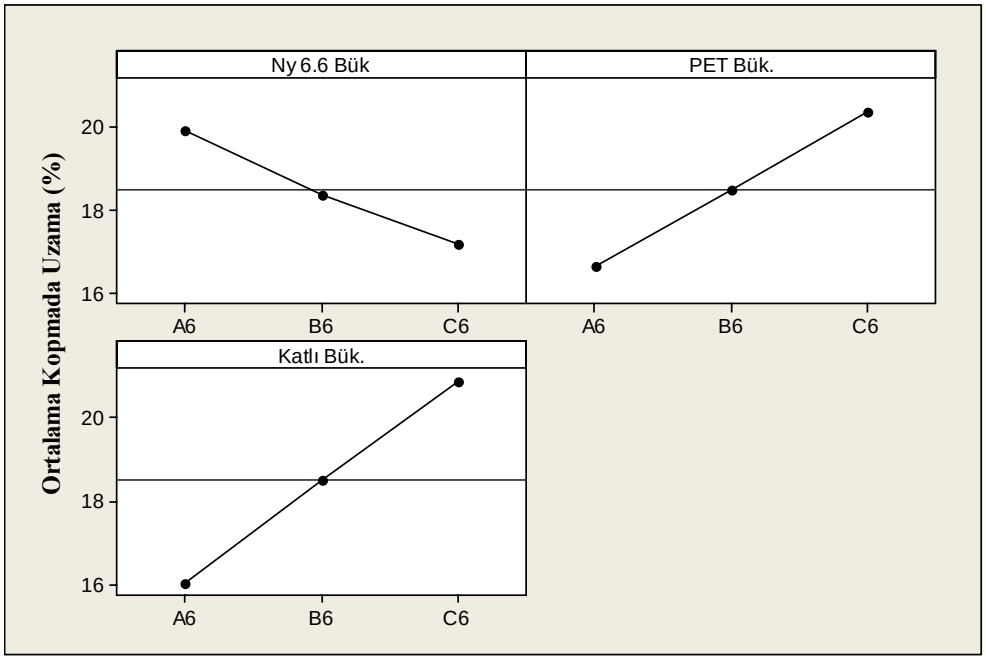
Şekil 7.25'den görüldüğü gibi 9 farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen 6 tane kıyaslama kordun enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 180 tpm büküm düzeyinde poliester ve 470 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alınmıştır.

Tablo 7.42 ve Şekil 7.25 incelendiğinde en yüksek dayanım değerleri birinci, ikinci ve altıncı sırada üretilen 46-47 ve 51.MLZ simgeleriyle gösterilen kordlarda elde edildiği görülmektedir. Yine en kötü dayanım değeri (148 N) tasarımın yedinci sırasında bulunan büküm düzeyleri ile üretilen kordda elde edilmiştir. En yüksek dayanım değeri elde edilen kordların uzama değerleri naylon kıyaslama kordlarından düşüktür. Yüksek sıcaklıkta kısalma değerlerinde de naylonun yüksek bükümlü kordlarına göre oldukça azalma görülmektedir. Bu takım içinde üretilen melez kordların ortalama ısıl kısalma değeri %5,4'dür.

Şekil 7.26-27'de kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri için altıncı takım melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir.



Şekil 7.26: Altıncı takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.27 Altıncı takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Buna göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin katının B_6 tpm'e kadar artmakta, bu büküm düzeyinden sonra artış hızı azalmaktadır. Altıncı takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 203 N'dur. Deney tasarımına göre enyüksek dayanım A_6 tpm Ny 6.6 – C_6 PET ve A_6 tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilecektir.

Kıyaslama kordlarında kopmada uzama değerleri büküm düzeyi arttıkça artmaktadır. Melez kordlarda inceleme enküçük eniyi kuralına göre yapıldığı için dayanımın tersi bir ilişki görülmektedir. C_6 tpm büküm düzeyinde naylon, A_6 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_6 endüşük büküm düzeyi endüşük uzama değerini vermektedir.

7.6.3 1400 dtex Ny - 1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Altıncı takımın işleme işleminde önceki takımlara uygulanan süreç koşulları kullanılmıştır. Yalnızca doğrusal yoğunluk değişimine bağlı olarak korda uygulanan gerilim değeri ayarlanmıştır. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işleme sürecinden geçirilmiş, daha sonra da melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.44'de

kıyaslama kordlarının, Tablo 7.45'de ise altıncı takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.44: 1400 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
13.Ny	238,9	21,0	3,3	1,4	0,65	139,7	18,0	4,4
14.Ny	227,7	25,1	3,3	1,9	0,70	191,0	26,6	5,0
15.Ny	215,7	24,5	5,3	2,4	0,69	192,2	30,6	2,0
10.PET	226,1	13,1	1,1	1,2	0,61	156,8	17,8	3,3
11.PET	209,5	12,6	1,4	1,5	0,69	202,5	27,3	3,5
12.PET	195,2	13,8	1,8	2,0	0,68	201,3	27,0	3,5

Tablo 7.44 incelendiğinde 1400 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 140-192 N değerleri arasında, 1670 dtex PET kıyaslama kordlarının ise 157-203 N arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 140-203 N arasında değişmesi beklenmektedir.

Tablo 7.45: 1400 Ny-1670 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
46.MLZ	215,0	15,1	1,8	1,0	0,69	164,7	19,9	4,7
47.MLZ	219,1	18,7	2,3	1,0	0,72	187,8	27,7	4,6
48.MLZ	191,3	21,2	2,6	1,0	0,76	185,4	31,1	7,7
49.MLZ	174,8	14,6	2,0	1,1	0,69	187,6	27,4	2,0
50.MLZ	176,9	16,5	2,3	1,0	0,67	203,4	33,5	4,7
51.MLZ	209,2	16,2	2,0	0,9	0,78	194,0	35,5	4,2
52.MLZ	124,0	13,1	2,2	1,2	0,76	146,1	30,2	1,6
53.MLZ	184,7	14,5	2,0	1,1	0,76	175,4	33,1	4,2
54.MLZ	207,1	17,3	2,2	1,0	0,73	220,4	35,7	4,0

Melez kordların H-yapışma değeri 146-220 N arasında değişmiştir. Şerit yapışma değerleri karşılaştırıldığında ise kıyaslama kordlarının 18-31 N arasında, melez kordların ise 19-36 N arasında değiştiği görülmektedir.

Yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında yeterli yapışmanın elde edildiği ve yapışma değerlerinin beklenen aralıkta olduğu, hatta bazı kordlar için sınır değerleri geçtiği görülmektedir. Bu artışın nedeni doğrusal yoğunluk farklılığına bağlı olarak kordun kalınlığının artması, böylece yüzey alanının genişleyerek RFL'i daha fazla soğurması olabilir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında geçici kısalma değerlerinin kıyaslama korlarının değerlerinin arasında olduğu görülmektedir. Kalıcı kısalmada ise melez kordlarda 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasıyla aynı değerde kısalma değeri elde edilirken, bazı kordlarda ise PET'den daha iyi ısıl kısalma değerleri elde edilmiştir. Bu farklılık katların büküm düzeylerinin farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir.

İşleme sürecinden sonra altıncı takımda üretilen melez kordlara yorulma testi uygulanmıştır. Yorulma testi yine L_9 dizisinde iyi sonuçlar veren deney sıralarına uygulanmış, yorulması kötü sonuç veren kordlardan sadece bir tanesi doğrulama amacıyla test edilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için 1670 dtex PET ve 1400 dtex naylon kıyaslama kordlarına da yorulma testleri uygulanmıştır. Beşinci takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.46'da verilmiştir.

Tablo 7.46: 1400 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
13.Ny	(270-270-270)	282,8	194,1	69	202,1	168,9	84
14.Ny	(350-350-350)	354,6	250,3	71	225,3	210,7	94
15.Ny	(470-470-470)	360,1	272,6	76	222,5	207,8	93
10.PET	(160-160-160)	231,0	129,2	56	222,3	43,2	19
11.PET	(310-310-310)	304,0	216,2	71	221,2	92,1	42
12.PET	(430-430-430)	348,3	302,9	87	199,5	190,9	96
46.MLZ	(A_6-A_6-A_6)	297,3	260,0	87	185,1	74,6	40
47.MLZ	(A_6-B_6-B_6)	338,1	252,2	75	216,2	174,4	81
48.MLZ	(A_6-C_6-C_6)	408,3	301,8	74	195,4	176,9	91
50.MLZ	(B_6-B_6-C_6)	399,0	308,9	77	186,1	182,2	98
54.MLZ	(C_6-C_6-B_6)	426,0	256,8	60	207,6	142,8	69

Tabloda 1400 dtex iki katlı naylon, 1440 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde üretilmiş melez kordun yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır. Tablo 7.46'dan görüldüğü gibi melez kordlar içinde en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen melez kordda (46. MLZ) olmuş ve diğer melez kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ny/PET bileşimli melez kord üretimiyle PET'in yorulma direncinden daha fazla yorulma direncine sahip kord üretiminin olanaklı olduğu görülmektedir.

7.7 1880 dTex Ny- 1100 dTex PET Melez Kord Çalışması

Yedinci takımda üretilen melez kordların büküm düzeyi naylonun doğrusal yoğunluğu artması sonucu, büküm sırasında sorun yaşamamak için büküm düzeyleri üretimde kullanılan düzeyler göz önünde bulundurularak yeniden değerlendirilmiştir. Önceki takımlarda kullanılan büküm düzeyleri düşürülerek, yeni büküm düzeyleri belirlenmiş, belirlenen düzeyler A_7, B_7 ve C_7 sembolleri ile gösterilmiştir. A_7, B_7 ve C_6 büküm düzeyleri 150-400 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır (C_7>B_7>A_7). Yedinci takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanılmış ve dokuz farklı özellikte melez kord üretilmiştir.

7.7.1 1880 dtex Ny ve 1100 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Yedinci takımda üretilecek melez kordların başarımlarını karşılaştırabilmek için 3 tane 1880 dtex naylon kıyaslama kordu üretildi. Kıyaslama kordları için 130–250 ve 400 büküm düzeyleri seçilip üretim yapılmıştır. Poliesterin 1100-1440-1670 dtex doğrusal yoğunlukları için önceden kıyaslama kordu üretildiğinden tekrar üretim yapılmamış önceki değerler kullanılmıştır.

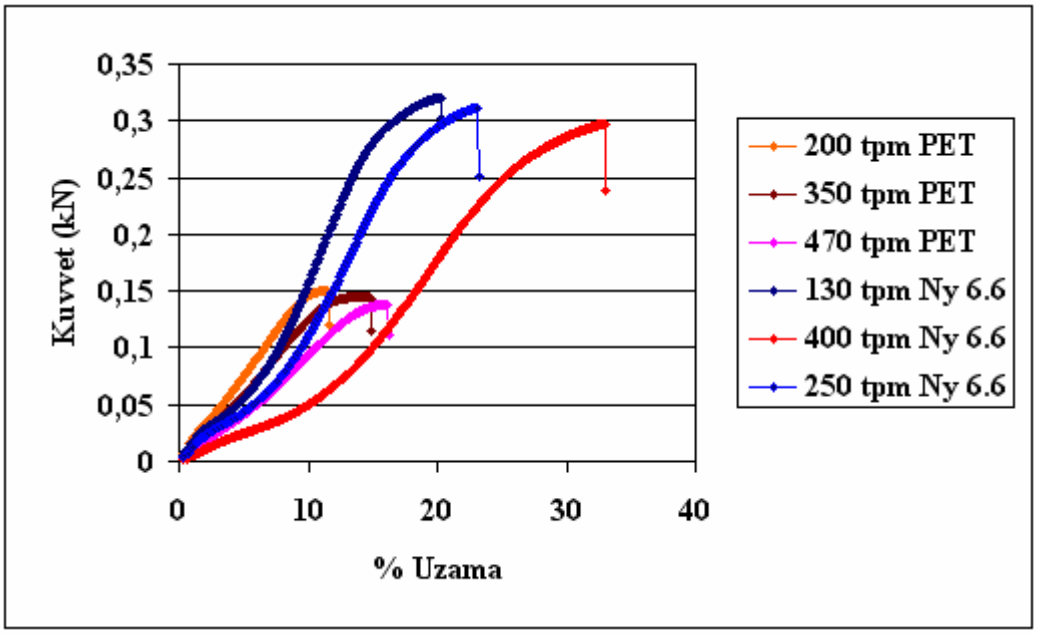
Tüm kordların büküm düzeyi büküm açma yöntemi ile büküm test cihazında kontrol edildi. Üretilen ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri Tablo 7.47 ve 7.48'de verilmiştir. Kıyaslama kordların farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.28'de verilmiştir.

Tablo 7.47: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
16.Ny	1880*2	320,6	20,5	4,0	5,8	9,12	11,47
17.Ny	1880*2	313,7	23,9	5,0	7,2	9,87	9,31
18.Ny	1880*2	298,1	32,9	8,8	11,7	11,98	6,47
4.PET	1100*2	150,5	11,5	2,8	4,4	2,71	6,34
5.PET	1100*2	144,9	14,3	3,7	5,5	3,33	5,39
6.PET	1100*2	139,1	16,8	5,2	7,5	3,35	4,51

Tablo 7.48: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
16.Ny	1880*2	6,4	9,6	0,50
17.Ny	1880*2	6,9	8,6	0,63
18.Ny	1880*2	8,2	6,8	0,81
4.PET	1100*2	4,8	5,1	0,33
5.PET	1100*2	5,3	4,6	0,45
6.PET	1100*2	5,7	3.7	0,50



Şekil 7.28: 1880 dtex Ny-1100 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Şekil 7.28 ve Tablo 7.47'den görüldüğü gibi, büküm seviyesi artıkça hem polyester hem de naylon için kopma uzaması artarken, kopma dayanımları azalmıştır. Tablo 7.47 ve Şekil 7.24'ye göre 1880 dtex naylon ve 1100 dtex poliesterin kopma dayanımları karşılaştırıldığında birbirinden çok farklı dayanıma sahip kordlar olduğu görülmektedir. 1880 dtex naylonun kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri 1100 dtex poliesterin kopma dayanımının ve uzama değerinin yaklaşık iki katı kadardır. 1880 dtex naylonun kopma enerjisi ve özdayanım değerleri de 1100 dtex PET'den oldukça yüksektir.

7.7.2 1880 dtex Ny- 1100 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

1880 dtex Ny 6.6 -1100 dtex PET (7.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.49'da yedinci takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.50'de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir. Şekil 7.29'da ise yedinci takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir.

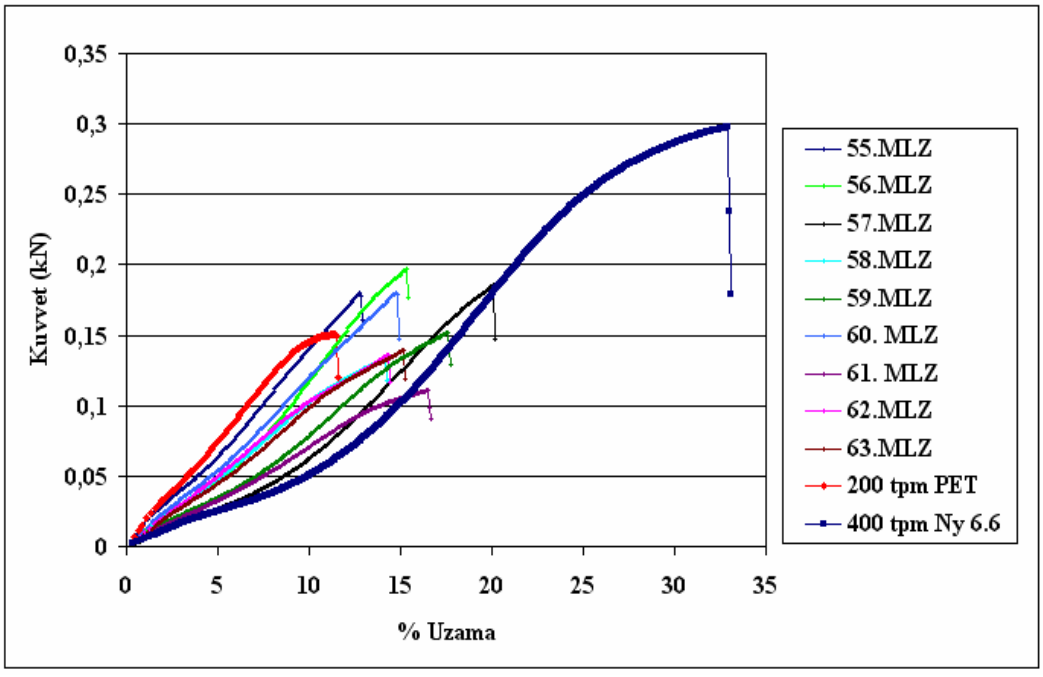
Tablo 7.49: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2980 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
55.MLZ	198,0	14,4	3,3	5,2	3,6	6,37
56.MLZ	216,0	18,4	4,6	6,6	5,2	6,96
57.MLZ	197,6	21,8	7,7	10,2	4,9	5,39
58.MLZ	141,4	15,0	4,5	6,7	2,9	4,51
59.MLZ	158,7	18,4	6,2	8,7	3,6	4,61
60.MLZ	189,4	15,5	3,9	6,0	3,7	5,49
61.MLZ	114,2	17,3	6,5	9,4	2,7	3,33
62.MLZ	141,6	14,8	4,2	6,3	2,8	4,41
63.MLZ	142,7	15,4	4,7	6,9	3,0	4,61

Tablo 7.50: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların (2980 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
55.MLZ	5,3	6,9	0,46
56.MLZ	6,8	6,7	0,53
57.MLZ	7,4	5,2	0,63
58.MLZ	5,1	5,0	0,56
59.MLZ	6,9	5,6	0,60
60.MLZ	5,6	6,6	0,61
61.MLZ	5,9	4,8	0,69
62.MLZ	5,2	5,9	0,60
63.MLZ	5,5	5,7	0,65

Tablo 7.49 incelendiğinde en yüksek dayanımı veren kordun dizinin ikinci sırasında üretilen (56.MLZ) melez kord olduğu görülmektedir. En yüksek dayanımı veren melez kordun 1100 dtex iki katlı poliester kıyaslama kordları yerine seçenek olabileceği, fakat naylon kıyaslama kordlarının kopma dayanımı değerlerinden çok uzak olduğu görülmüştür.

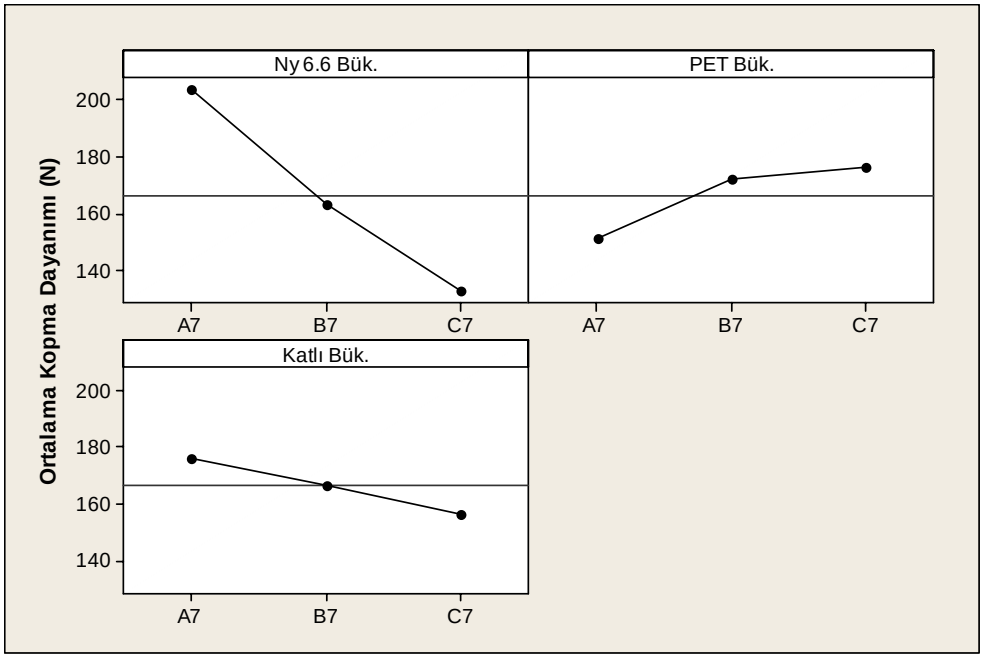


Şekil 7.29: 1880 dtex Ny 6.6–1100 PET melez kordların kuvvet-% uzama grafikleri

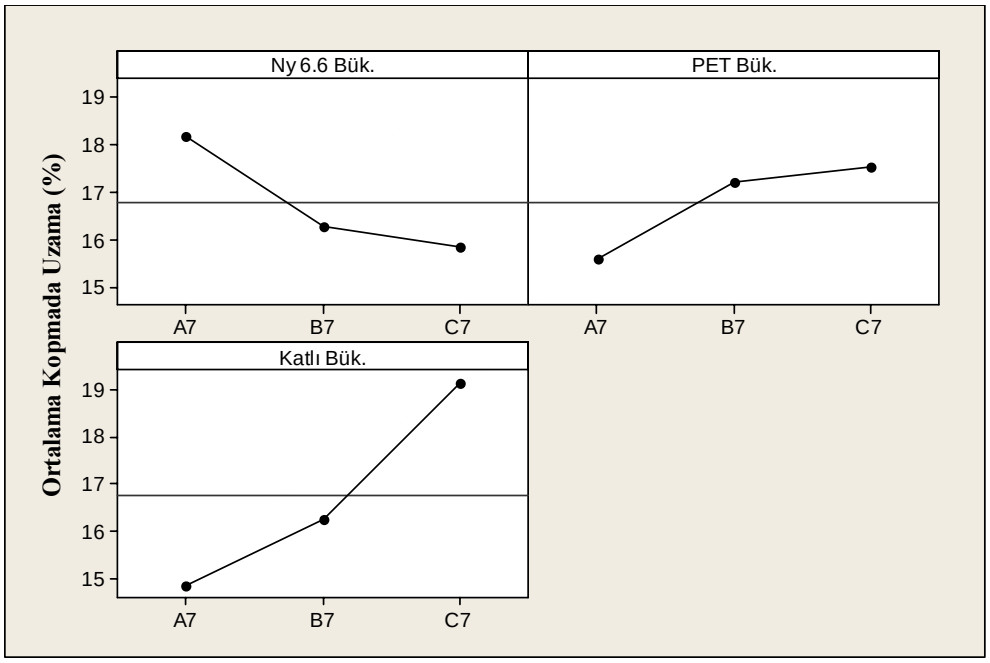
Şekil 7.29'den görüldüğü gibi dokuz farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen 6 tane kıyaslama kordunun enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 200 tpm büküm düzeyinde poliester ve 400 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alınmıştır. Bu aralıkta ve bu bileşimde 1100 dtex polyester kordundan çok daha iyi kopma dayanımı olan lastik kordu üretmenin olanaklı olduğu görülmüştür. Fakat elde edilen melez kordların özellikleri naylon kıyaslama kordlarından oldukça farklı çıkmıştır. Ny/PET bileşiminde melez kordlar için naylonun yerine geçebilecek melez kord üretimi yapmak maliyet açısından bakıldığında önem taşımaktadır. Naylonun kopma dayanımına ulaşan melez kordlar, bileşime PET katı katıldığı için kordun maliyetini ucuzlatmaktadır. Tersi durumda PET'in yerine geçebilecek melez kordlarda ise kordun maliyeti artmaktadır. Bu nedenle 1880 dtex Ny-1100 dtex PET bileşiminin işleme ve yorulma testlerine devam edilmemesine karar verilmiştir.

Şekil 7.30-31'de kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri için yedinci takım melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir. Şekil 7.30'a göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin katının B_6 tpm'e kadar artmakta, bu büküm düzeyinden sonra artış hızı azalmaktadır.

Yedinci takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 167 N'dur. Deney tasarımına göre en yüksek dayanım A_7 tpm Ny 6.6 – C_7 PET ve A_7 tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilmiştir. Kopmada uzama için ise C_7 tpm büküm düzeyinde naylon, A_7 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_7 en düşük büküm düzeyi en düşük uzama değeri vermektedir.



Şekil 7.30: Yedinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.31 Yedinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

7.8 1880 dTex Ny- 1440 dTex PET Melez Kord Çalışması

Sekizinci takımda üretilen melez kordların büküm düzeyi bir önceki takıma göre poliesterin doğrusal yoğunluğunun arttığı dikkate alınarak yeniden değerlendirildi. Büküm sürecinde sorun yaşamamak için büküm düzeylerinde değişiklik yapıldı. Sekizinci takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve dokuz farklı özellikte melez kord üretildi. Belirlenen düzeyler A_8, B_8 ve C_8 sembolleri ile gösterilmiştir. A_8, B_8 ve C_8 büküm düzeyleri üretimde kullanılan aralığı da kapsayacak şekilde düzenlenmiş ve 130-370 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır (C_8>B_8>A_8).

7.8.1 1880 dtex Ny ve 1440 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

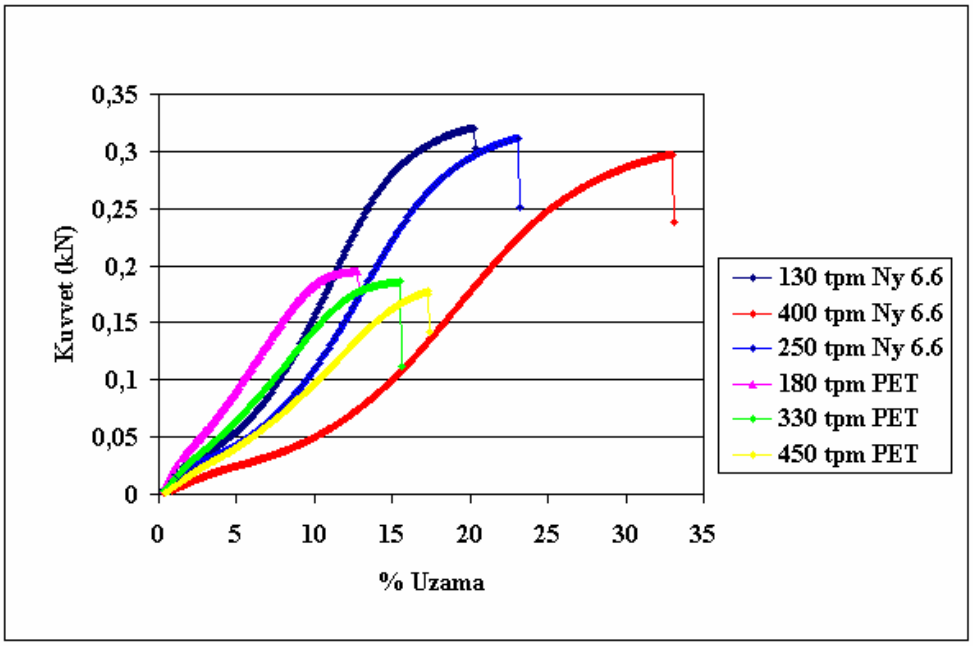
Sekizinci takımda üretilecek melez kordların başarımlarını karşılaştırabilmek için yeni kıyaslama kordu üretilmesine gerek kalmamıştır. Ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri Tablo 7.51 ve 7.52'de verilmiştir. Kıyaslama kordların farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.32'de görülmektedir.

Tablo 7.51: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
16.Ny	1880*2	320,6	20,5	4,0	5,8	9,12	11,47
17.Ny	1880*2	313,7	23,9	5,0	7,2	9,87	9,31
18.Ny	1880*2	298,1	32,9	8,8	11,7	11,98	6,47
7.PET	1440*2	195,0	13,1	2,2	3,6	4,17	8,05
8.PET	1440*2	186,6	15,9	3,2	5,0	4,45	6,48
9.PET	1440*2	180,0	17,8	5,0	7,2	4,18	5,44

Tablo 7.52: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
16.Ny	1880*2	6,4	9,6	0,50
17.Ny	1880*2	6,9	8,6	0,63
18.Ny	1880*2	8,2	6,8	0,81
7.PET	1440*2	3,9	5,8	0,40
8.PET	1440*2	4,0	4,7	0,51
9.PET	1440*2	4,7	3,8	0,60



Şekil 7.32: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Tablo 7.50 ve Şekil 7.32'ye göre 1880 dtex naylon ve 1440 dtex poliesterin kopma dayanımları karşılaştırıldığında, bir önceki takımda görülen dayanım farklılığının PET'in doğrusal yoğunluğunun artması ile biraz daha azaldığı görülmektedir. Ancak yine de 1440 dtex poliesterin kopma dayanımı, 1880 dtex naylonun kopma dayanımının % 61 kadardır. 1440 dtex PET'in özdayanım değeri 1880 dtex naylonun öz gerilim değerlerine yaklaşmıştır. Kıyaslama kordların uzama değerleri ve kopma enerjisi değerleride oldukça faklıdır.

7.8.2 1880 dtex Ny- 1440 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

1880 dtex Ny 6.6 -1440 dtex PET (8.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.53'de yedinci takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.54'de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir.

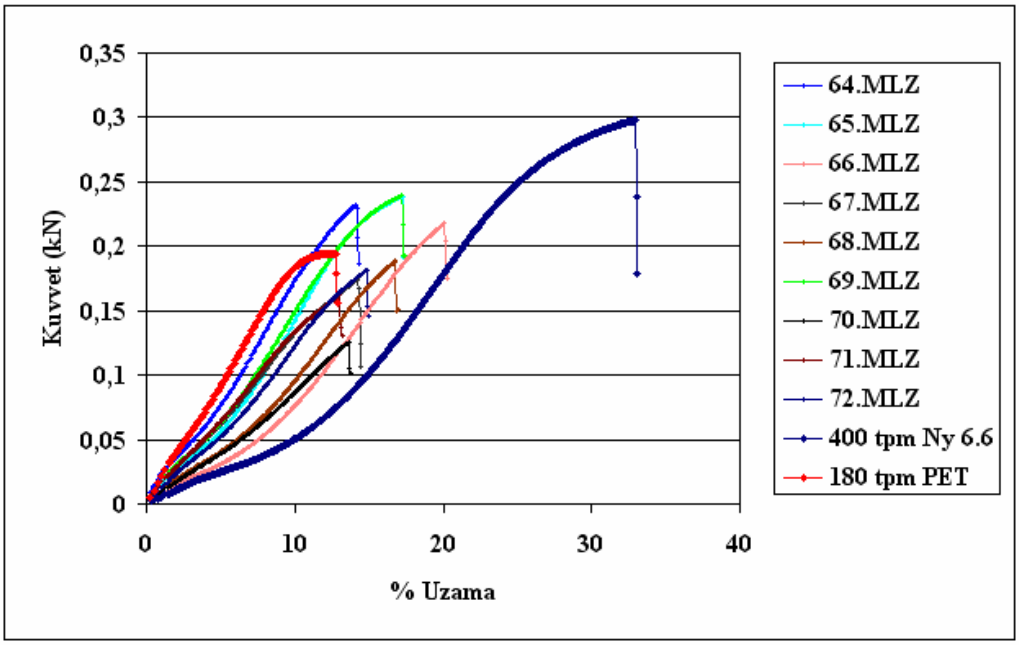
Tablo 7.53: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (3320 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
64.MLZ	236,5	14,9	2,7	4,4	4,67	8,13
65.MLZ	243,2	18,7	3,9	5,8	6,21	8,13
66.MLZ	231,9	22,4	6,8	9,1	6,08	6,37
67.MLZ	185,0	15,4	3,4	5,4	3,84	5,88
68.MLZ	197,2	17,8	5,4	7,7	4,16	6,08
69.MLZ	241,2	17,6	3,4	5,2	5,77	7,45
70.MLZ	134,8	14,7	5,5	8,0	2,45	4,51
71.MLZ	173,6	14,2	3,3	5,2	3,37	5,88
72.MLZ	184,5	15,0	4,0	6,0	3,50	6,17

Tablo 7.54: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların (3320 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

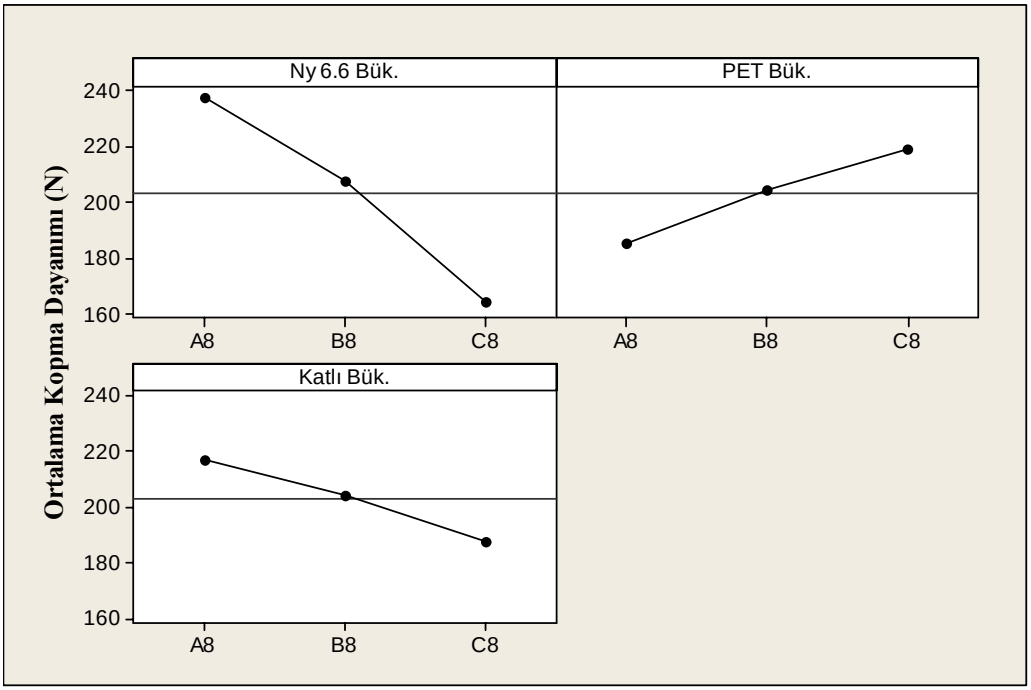
Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
64.MLZ	5,2	7,9	0,46
65.MLZ	5,9	7,1	0,56
66.MLZ	7,1	5,5	0,69
67.MLZ	5,0	6,8	0,61
68.MLZ	6,6	6,1	0,62
69.MLZ	5,4	7,2	0,61
70.MLZ	5,8	5,5	0,69
71.MLZ	5,0	6,5	0,61
72.MLZ	5,8	6,6	0,68

Tablo 7.53 incelendiğinde en yüksek dayanımı veren kordların dizinin ikinci sırasında üretilen (65.MLZ) ve altıncı sırada üretilen (69 MLZ) melez kordlar olduğu görülmektedir. Melez kordların kopma dayanımı değerleri kıyaslama kordlarınınki ile karşılaştırıldığında elde edilen melez kordların dayanımının 1440 dtex PET kıyaslama kordlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 1880 dtex naylon kıyaslama kordların göre ise enyüksek dayanım değerine sahip melez kordda, naylon kıyaslama kordunun dayanım değerinin % 75'i elde edilebilmiştir.

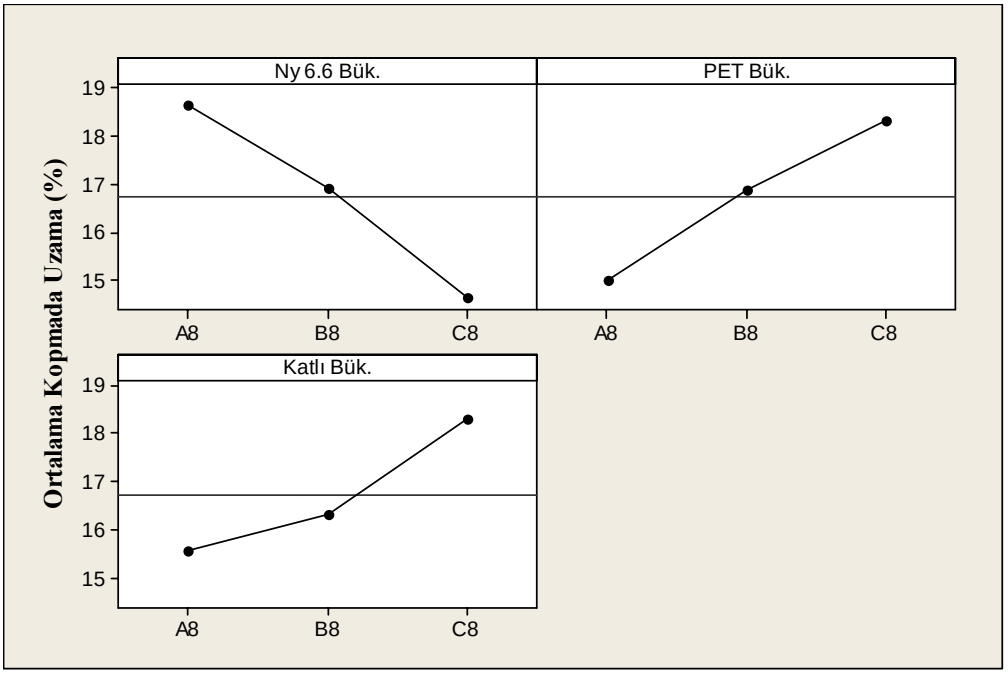


Şekil 7.33: 1880 dtex Ny 6.6–1440 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri

Şekil 7.33'de ise sekizinci takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 7.33'den de görüldüğü gibi dokuz farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen altı tane kıyaslama kordun enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 180 tpm büküm düzeyinde poliester ve 400 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alınmıştır. Bu aralıkta ve bu bileşimde 1440 dtex polyester kordundan çok daha iyi kopma dayanımı olan lastik kordu üretmenin olanaklı olduğu görülmüştür.



Şekil 7.34: Sekizinci takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.35 Sekizinci takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Şekil 7.34-35'de kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri için sekizinci takım melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir. Şekil 7.34'e göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin artmaktadır. Sekizinci takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 203 N'dur. Deney tasarımına göre en yüksek dayanım A_8 tpm Ny 6.6 – C_8 PET ve A_8 tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilmiştir. Kopmada uzama için ise C_8 tpm büküm düzeyinde naylon, A_8 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_8 tpm en düşük uzama değeri vermektedir.

7.8.3 1880 dtex Ny - 1440 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Sekizinci takımın işlenmesinde de önceki takımlara uygulanan süreç koşulları kullanılmıştır. Yalnızca doğrusal yoğunluk değişimine bağlı olarak korda uygulanan gerilim değeri değiştirilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işlenme sürecinden geçirilmiş daha sonrada melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.55'de kıyaslama kordlarının, Tablo 7.56'da ise sekizinci takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.55: 1880 dtex Ny-1440 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
16.Ny	310,0	19,3	3,2	1,7	0,75	152,1	17,8	5,1
17.Ny	308,2	22,0	3,9	1,9	0,79	186,9	21,4	4,9
18.Ny	284,4	24,1	5,7	2,8	0,74	222,8	35,7	8,3
7.PET	193,4	13.9	0,9	0,8	0,63	166,5	27,0	4,0
8.PET	180,8	13,9	1,1	0,9	0,62	196,4	29,5	5,2
9.PET	165,8	14,4	1,2	0,9	0,65	193,5	28,6	6,7

Tablo 7.55 incelendiğinde 1880 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 152-222 N değerleri arasında, 1440 dtex PET kıyaslama kordların da ise 167-196 N arasındaki değerlerde değiştiği görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 152-222 N arasında değişmesi beklenmektedir.

Tablo 7.56: 1880 Ny-1440 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
64.MLZ	217,7	14,6	1,8	0,8	0,72	145,7	21,8	7,60
65.MLZ	202,0	14,3	2,1	1,0	0,69	175,9	25,1	3,80
66.MLZ	216,9	19,1	2,6	0,8	0,74	181,5	26,6	2,10
67.MLZ	164,9	13,0	1,8	0,8	0,71	176,8	23,4	4,00
68.MLZ	169,2	14,5	2,3	1,0	0,72	198,5	25,6	2,70
69.MLZ	213,2	15,0	1,9	1,0	0,76	186,8	30,0	5,20
70.MLZ	113,5	11,1	2,2	1,0	0,80	139,1	27,1	5,90
71.MLZ	159,4	12,7	1,7	0,9	0,80	164,4	32,6	5,90
72.MLZ	168,3	13,3	2,1	1,0	0,80	194,0	33,5	6,40

Melez kordların H-yapışma değeri 139-199 N arasında değişmiştir. Şerit yapışma değerleri karşılaştırıldığında ise kıyaslama kordlarının 18-36 N arasında değişirken melez kordların şerit yapışma değerleri 22-34 N arasında değişmiştir.

H-yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında 64. ve 70. melez kord dışında kalan tüm melez kordlarda yeterli yapışma düzeyinin elde edildiği görülmektedir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında geçici kısalma değerlerinin kıyaslama kordlarının değerlerinin arasında olduğu görülürken kalıcı kısalmada ise melez kordlarda 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasıyla yaklaşık aynı değerde kısalma değeri elde edilmiştir. İşleme sonrasında, hem kıyaslama, hem de melez kordların dayanım değerlerinde çok az bir azalma görülmüştür. Buna bağlı olarak sekizinci takımda üretilen enyüksek dayanımdaki melez kordun kopma dayanım değerinin naylon kıyaslama kordunun %70'ini sağladığı belirlenmiştir.

İşleme sürecinden sonra sekizinci takımda üretilen melez kordlara yorulma testi uygulanmıştır. Yorulma testi yine L_9 dizisinde iyi sonuçlar veren deney sıralarına uygulanmış, yorulması kötü sonuç veren kordlardan sadece bir tanesi doğrulama amacıyla test edilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarına da yorulma testleri uygulanmıştır. 1440 dtex PET kıyaslama kordlarının yorulma testleri daha önceden yapıldığı için tekrar test edilmemiştir. Sekizinci takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.57'de verilmiştir.

Tablo 7.57: 1880 Ny -1440 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
16.Ny	(130-130-130)	304,8	264,3	87	264,1	204,6	77
17.Ny	(250-250-250)	339,1	259,2	76	281,4	247,5	88
18.Ny	(400-400-400)	389,0	244,5	63	291,1	264,5	91
7.PET	(180-180-180)	364,1	257,2	71	192,0	59,6	31
8.PET	(330-330-330)	356,2	241,8	68	190,4	86,6	45
9.PET	(450-450-450)	359,3	319,9	89	179,0	159,7	89
64.MLZ	(A_8-A_8-A_8)	348,2	251,6	72	183,5	75,7	41
65.MLZ	(A_8-B_8-B_8)	365,5	308,3	84	223,4	160,8	72
66.MLZ	(A_8-C_8-C_8)	267,5	232,0	87	215,4	203,0	94
68.MLZ	(B_8-B_8-C_8)	388,3	290,5	75	186,0	152,9	82
72.MLZ	(C_8-C_8-B_8)	347,9	255,4	73	166,5	83,9	50

Tablo 7.57'de 1880 dtex iki katlı nylon, 1440 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde üretilmiş melez kordun yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır. Tablo 7.57'dan görüldüğü gibi melez kordlar içinde en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen melez kordda (64. MLZ) olmuş ve diğer melez kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ny/PET bileşimli melez kord üretimiyle PET'in yorulma direncinden daha fazla yorulma direncine sahip kord üretiminin olanaklı olduğu görülmektedir. Ayrıca doğrusal yoğunluk artışına bağlı olarak 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarının yorulma direnci de azaldığı için, uygun bükümlerde elde edilen melez kordlarda naylonla aynı, hatta daha yüksek yorulma direncine sahip melez kord üretmek olanaklıdır.

7.9 1880 dTex Ny- 1670 dTex PET Melez Kord Çalışması

Dokuzuncu takımda üretilen melez kordların büküm düzeyi bir önceki takımda kullanılan büküm düzeyleri ile aynıdır. Sekizinci takımda büküm düzeyleri oldukça azaltıldığı için dokuzuncu takımda bu düzeyler kullanıldığında büküm sırasında problemle karşılaşılmayacağı düşünülerek sekizinci takım için kullanılan büküm düzeylerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Dokuzuncu takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve 9 farklı özellikte melez kord üretildi.

Belirlenen düzeyler A_9, B_9 ve C_9 sembolleri ile gösterilmiştir. A_9, B_9 ve C_9 büküm düzeyleri 130-370 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır ($C_9>B_9>A_9$).

7.9.1 1880 dtex naylon ve 1670 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

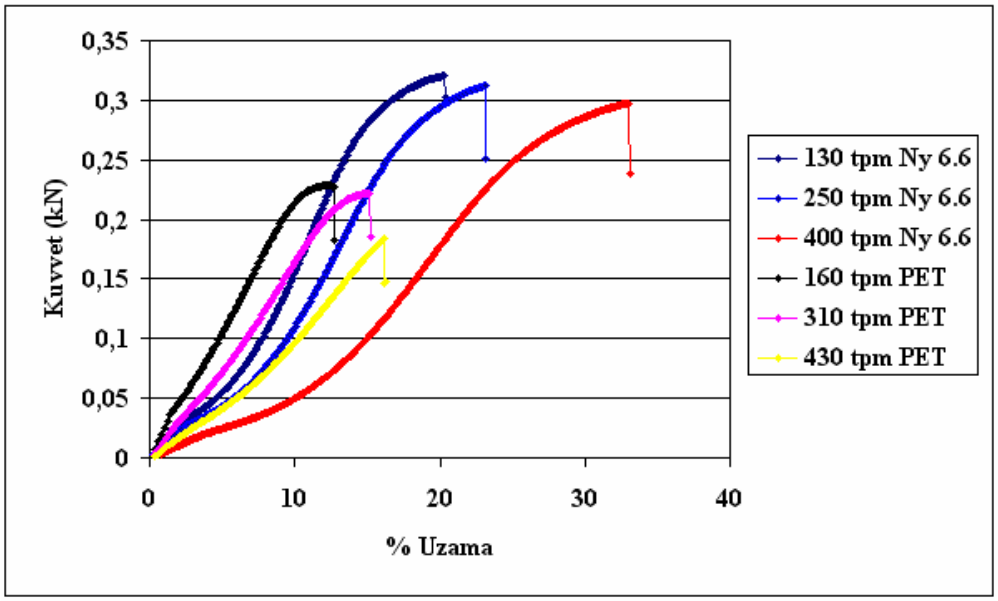
Dokuzuncu takımda üretilen melez kordların başarımlarını karşılaştırabilmek için gerekli olan kıyaslama kordları önceki takım çalışmalarında üretildiği için yeni kıyaslama kordu üretilmesine gerek kalmamıştır. Ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.58 ve 7.59'da verilmiştir. Kıyaslama kordların farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.36'de görülmektedir.

Tablo 7.58: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
16.Ny	1880*2	320,6	20,5	4,0	5,8	9,12	11,47
17.Ny	1880*2	313,7	23,9	5,0	7,2	9,87	9,31
18.Ny	1880*2	298,1	32,9	8,8	11,7	11,98	6,47
10.PET	1670*2	228,3	12,2	1,8	3,1	4,50	9,21
11.PET	1670*2	222,3	15,2	2,8	4,4	4,93	7,64
12.PET	1670*2	200,4	17,8	5,1	7,4	4,27	5,88

Tablo 7.59: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
16.Ny	1880*2	6,4	9,6	0,50
17.Ny	1880*2	6,9	8,6	0,63
18.Ny	1880*2	8,2	6,8	0,81
10.PET	1670*2	4,6	6,6	0,46
11.PET	1670*2	4,6	5,4	0,60
12.PET	1670*2	5,2	4,0	0,68



Şekil 7.36: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Tablo 7.58 ve Şekil 7.36'ye göre 1880 dtex naylon ve 1670 dtex poliesterin kopma dayanımları karşılaştırıldığında, kıyaslama kordları için kopma dayanım farklılığının 1440 dtex PET kıyaslama kordlarına göre biraz daha azaldığı ancak yine de 1880 dtex naylonun kopma dayanımına ulaşılmadığı görülmektedir. 1670 dtex PET'in özdayanım değeri 1880 dtex naylonun özdayanım değerlerine yaklaşmıştır. Kıyaslama kordlarının uzama değerlerinin, uzamaya bağlı olarak kopma enerjisi değerleri de birbirinden oldukça faklı olduğu görülmektedir.

7.9.2 1880 dtex Ny- 1670 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

A_9, B_9, C_9 büküm düzeylerinde üretilen 1880 dtex Ny 6.6 -1670 dtex PET (9.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için üretilen kordlara mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.60'da yedinci takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.61'de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir.

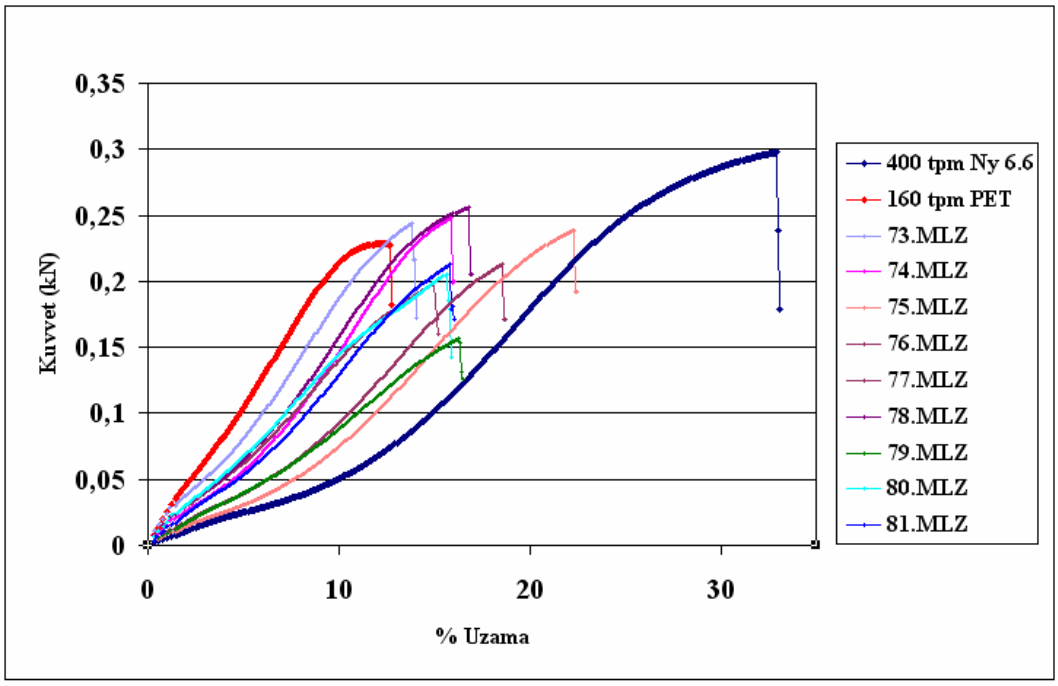
Tablo 7.60: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3550 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
73.MLZ	246,0	14,2	2,5	4,2	4,61	8,92
74.MLZ	255,5	17,8	3,9	5,7	5,89	8,72
75MLZ	243,4	22,9	6,8	9,1	6,43	6,37
76.MLZ	207,7	16,0	3,4	5,3	4,41	6,66
77.MLZ	220,2	19,4	5,5	7,8	5,02	6,37
78.MLZ	260,0	17,9	3,2	5,1	6,32	8,53
79.MLZ	159,9	16,7	5,4	7,9	3,27	4,80
80.MLZ	213,1	16,4	3,1	4,9	4,76	6,27
81.MLZ	218,5	16,3	3,9	5,9	4,46	7,15

Tablo 7.61: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların (3550 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
73.MLZ	5,2	7,9	0,50
74.MLZ	6,2	7,1	0,58
75MLZ	7,2	5,5	0,72
76.MLZ	5,6	6,7	0,64
77.MLZ	6,2	5,7	0,70
78.MLZ	5,8	7,3	0,66
79.MLZ	5,8	5,1	0,74
80.MLZ	5,6	6,6	0,65
81.MLZ	5,6	6,5	0,73

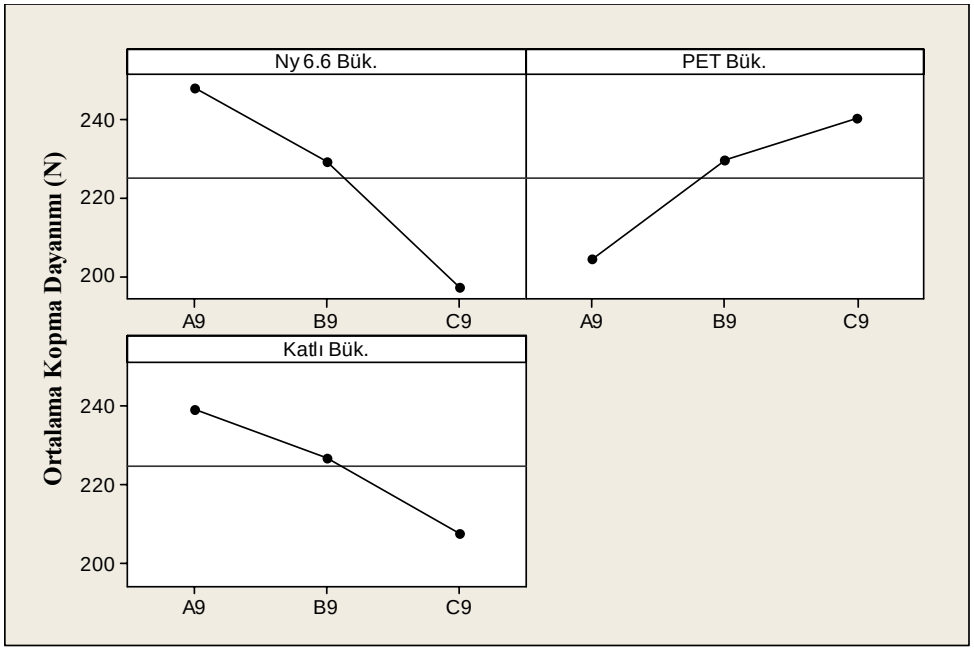
Tablo 7.60 incelendiğinde enyüksek dayanımı veren kordların dizinin birinci (73.MLZ), ikinci (74.MLZ) ve altıncı sırada üretilen (78.MLZ) melez kordlar olduğu görülmektedir. Melez kordların kopma dayanımı değerleri kıyaslama kordlarınınki ile karşılaştırıldığında elde edilen melez kordların dayanımının 1670 dtex PET kıyaslama kordlarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ancak hala 1882 dtex naylon kıyaslama kordlarının dayanım değerine yaklaşılmamıştır. Elde edilen en yüksek dayanım değeri en yüksek naylon kıyaslama kordu dayanım değerinin %81'i kadardır. Bu sonuçlara bağlı olarak 1880 Ny-2200 dtex PET bileşimli melez kordlarda 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarının kopma dayanımı değerlerine çok fazla yaklaşılabileceği düşünülmüş ve bu bileşiminde üretilip test edilmesine karar verilmiştir.



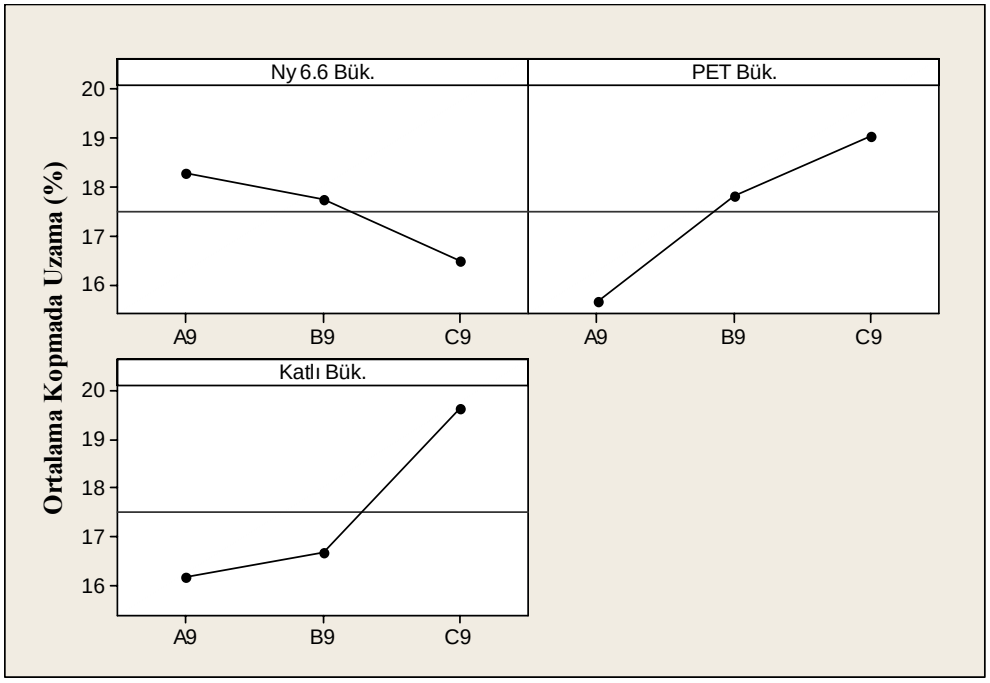
Şekil 7.37: 1880 dtex Ny 6.6–1670 PET melez kordların kuvvet-uzama grafikleri

Şekil 7.37'de dokuzuncu takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 7.37'den de görüldüğü gibi dokuz farklı özellikte melez kord üretilmiştir. Üretilen kıyaslama kordlarının enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 160 tpm büküm düzeyinde poliester ve 400 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alınmıştır. Bu aralıkta ve bu bileşimde 1670 dtex poliester kordundan çok daha iyi kopma dayanımı olan lastik kordu üretmenin olanaklı olduğu görülmüştür.

Şekil 7.38-39'de kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri için dokuzuncu takım melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir. Şekil 7.38'e göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin artmaktadır. Dokuzuncu takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 225 N'dur. Deney tasarımına göre en yüksek dayanım A_9 tpm Ny 6.6 – C_9 PET ve A_9 tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilmiştir. Kopmada uzama için ise C_9 tpm büküm düzeyinde naylon, A_9 büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_9 tpm en düşük uzama değeri vermektedir.



Şekil 7.38: Dokuzuncu takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.39 Dokuzuncu takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

7.9.3 1880 dtex Ny - 1670 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Dokuzuncu takımın işleme işleminde önceki takımlara uygulanan süreç koşulları kullanılmıştır. Yalnızca doğrusal yoğunluk değişimine bağlı olarak korda uygulanan gerilim değeri değiştirilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işleme sürecinden geçirilmiş daha sonra da melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.62'de kıyaslama kordlarının, Tablo 7.63'de ise dokuzuncu takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.62: 1880 dtex Ny-1670 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
16.Ny	310,0	19,3	3,2	1,7	0,75	152,1	17,8	5,1
17.Ny	308,2	22,0	3,9	1,9	0,79	186,9	21,4	4,9
18.Ny	284,4	24,1	5,7	2,8	0,74	222,8	35,7	8,3
10.PET	226,1	13,1	1,1	1,2	0,61	156,8	17,8	3,3
11.PET	209,5	12,6	1,4	1,5	0,69	202,5	27,3	3,5
12.PET	195,2	13,8	1,8	2,0	0,68	201,3	27,0	3,5

Tablo 7.63: 1880 Ny-1670 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
73.MLZ	233,1	14,8	1,9	1,0	0,73	160,7	19,5	7,2
74.MLZ	**245,3**	17,5	2,1	1,0	0,75	182,4	23,9	5,5
75MLZ	237,0	21,3	2,3	0,8	0,77	185,6	29,5	2,7
76.MLZ	199,0	15,0	1,9	0,9	0,78	195,0	21,5	5,2
77.MLZ	200,7	16,5	2,1	0,8	0,73	208,2	33,3	3,8
78.MLZ	244,7	16,6	1,9	0,9	0,78	194,0	36,2	7,9
79.MLZ	136,1	12,7	2,0	1,0	0,85	165,0	30,3	3,8
80.MLZ	191,4	14,6	1,8	0,8	0,83	197,3	31,9	7,2
81.MLZ	209,8	15,5	2,1	1,0	0,81	**224,1**	35,7	5,1

Tablo 7.62 incelendiğinde 1880 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 152-222 N değerleri arasında, 1670 dtex PET kıyaslama kordların da ise 157-202 N arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 152-222 N arasında değişmesi beklenmektedir.

Melez kordların H-yapışma değeri 161-224 N arasında değişmiştir. Şerit yapışma değerleri karşılaştırıldığında ise kıyaslama kordlarının 18-36 N arasında değişirken melez kordların şerit yapışma değerleri 20-36 N arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 7.63'de verilen H-yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında tüm melez kordlarda yeterli yapışma düzeyinin elde edildiği görülmektedir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında geçici kısalma değerlerinin kıyaslama kordlarının değerlerinin arasında olduğu görülürken, kalıcı kısalmada ise melez kordlarda 1670 dtex PET'in kalıcı kısalmasıyla yaklaşık aynı değerde kısalma değeri elde edilmiştir. İşleme sonrasında, hem kıyaslama, hem de melez kordların dayanım değerlerinde çok az bir azalma görülmüştür. Buna bağlı olarak dokuzuncu takımda üretilen enyüksek dayanımdaki melez kordun kopma dayanım değerinin 1880 dtex naylon kıyaslama kordunun %79'unu sağladığı belirlenmiştir.

İşleme sürecinden sonra dokuzuncu takımda üretilen melez kordlara yorulma testi uygulanmıştır. Dokuzuncu takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.64'de verilmiştir.

Tablo 7.64: 1880 Ny -1670 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	**Büküm düzeyleri (tpm)**	**Yorulmamış yapışma (N)**	**Yorulmuş yapışma (N)**	**Kalan Yapışma (%)**	**Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)**	**Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)**	**Kalan Dayanım (%)**
16.Ny	(130-130-130)	304,8	264,3	87	264,1	204,6	77
17.Ny	(250-250-250)	339,1	259,2	76	281,4	247,5	88
18.Ny	(400-400-400)	389,0	244,5	63	291,1	264,5	91
10.PET	(160-160-160)	231,0	129,2	56	222,3	43,2	19
11.PET	(310-310-310)	304,0	216,2	71	221,2	92,1	42
12.PET	(430-430-430)	348,3	302,9	87	199,5	190,9	96
73.MLZ	(A_9-A_9-A_9)	257,5	179,2	70	197,1	117,7	60
74.MLZ	(A_9-B_9-B_9)	249,3	189,1	76	246,6	176,0	71
75.MLZ	(A_9-C_9-C_9)	316,5	238,0	75	237,9	222,9	94
77.MLZ	(B_9-B_9-C_9)	270,8	171,6	63	199,5	190,1	95
81.MLZ	(C_9-C_9-B_9)	300,2	217,3	72	200,1	121,4	61

Yorulma testi yine L_9 dizisinde iyi sonuçlar veren deney sıralarına uygulanmış, yorulması kötü sonuç veren kordlardan sadece bir tanesi doğrulama amacıyla test edilmiştir. Kıyaslama kordlarının yorulma testleri daha önceden yapıldığı için tekrar test edilmemişlerdir. Tablo 7.64'de 1880 dtex iki katlı naylon, 1670 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde üretilmiş melez kordun yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.64'den görüldüğü gibi melez kordlar içinde en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen melez kordda (73. MLZ) olmuş ve diğer melez kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Ny/PET bileşimli melez kord üretimiyle PET'in yorulma direncinden daha fazla yorulma direncine sahip kord üretiminin olanaklı olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca doğrusal yoğunluk artışına bağlı olarak 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarının yorulma direnci de azaldığı için, uygun bükümlerde elde edilen melez kordlarda naylonla aynı hatta daha yüksek yorulma direncine sahip melez kord üretmek olanaklıdır.

7.10 1880 dTex Ny- 2200 dTex PET Melez Kord Çalışması

1880 dtex naylonu temel alan 1100–1440 ve 1670 dtex PET bileşimlerinde melez kord üretilip testleri yapıldıktan sonra 2200 dtex poliesterin de incelenmesinin gerekli olduğuna karar verilmiştir. Bunun için sekizinci ve dokuzuncu takımların büküm düzeyleri ile aynı büküm düzeylerini içeren onuncu takım melez kordların üretimi yapılmıştır. Onuncu takım melez kord üretiminde de L_9 dikey dizisi kullanıldı ve dokuz farklı özellikte melez kord üretildi. Belirlenen düzeyler A_{10}, B_{10} ve C_{10} sembolleri ile gösterilmiştir. A_{10}, B_{10} ve C_{10} büküm düzeyleri 130-370 tpm arasında değişen üç farklı gerçek sayıdır ($C_{10}>B_{10}>A_{10}$).

7.10.1 1880 dtex naylon ve 2200 dtex PET kıyaslama kordları test sonuçları

Onuncu takımda üretilen melez kordların başarımlarını karşılaştırabilmek için gerekli olan kıyaslama kordlarından 1880 dtex naylon önceki takım çalışmalarında üretildiği için, sadece 2200 dtex PET'den 3 tane kıyaslama kordu üretilmiştir. Ham kıyaslama kordlarının ısıl ve mekanik özellikleri test edilip Tablo 7.65 ve 7.66'da verilmiştir.

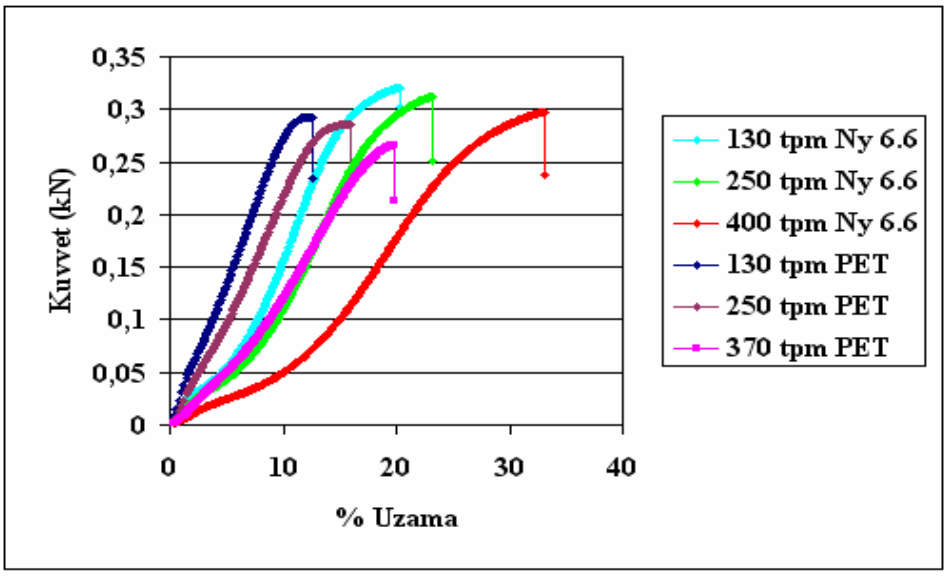
Kıyaslama kordların farklı büküm düzeylerinde kuvvet-uzama grafikleri ise Şekil 7.40'de görülmektedir.

Tablo 7.65: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordlarının çekme testi sonuçları

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
16.Ny	1880*2	320,6	20,5	4,0	5,8	9,1	11,47
17.Ny	1880*2	313,7	23,9	5,0	7,2	9,9	9,31
18.Ny	1880*2	298,1	32,9	8,8	11,7	12,0	6,47
19.PET	2200*2	292,9	12,3	1,3	2,2	6,0	11,76
20.PET	2200*2	285,6	15,3	1,9	3,2	6,9	9,80
21.PET	2200*2	268,9	19,8	3,9	5,9	6,9	7,45

Tablo 7.66: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Doğ. yoğ. (dtex)	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
16.Ny	1880*2	6,4	9,6	0,50
17.Ny	1880*2	6,9	8,6	0,63
18.Ny	1880*2	8,2	6,8	0,81
19.PET	2200*2	4,7	8,8	0,46
20.PET	2200*2	4,6	7,2	0,66
21.PET	2200*2	4,5	4,7	0,66



Şekil 7.40: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için kıyaslama kordlarının kuvvet-uzama grafikleri

Tablo 7.65 ve Şekil 7.40'a göre 1880 dtex naylon ve 2200 dtex poliesterin kopma dayanımları karşılaştırıldığında, kıyaslama kordları için kopma dayanım farklılığının 1670 dtex PET kıyaslama kordlarına göre biraz daha azaldığı görülmektedir. 2200 dtex PET'in özdayanım değeri ile 1880 dtex naylonun özdayanım değerleri hemen hemen aynı düzeydedir. Kıyaslama kordların uzama değerleri ve kopma enerjisi değerlerinin birbirinden oldukça faklı olduğu görülmektedir. Tablo 7.66'ya göre ham kordların kısalma değeri karşılaştırıldığında 1880 dtex naylonun ısıl kısalmasının %6,4-8,2 değerleri arasında, 2200 dtex PET'in ise %4,5-4,7 arasında değiştiği görülmektedir.

7.10.2 1880 dtex Ny- 2200 dtex PET ham melez kordların test sonuçları

1880 dtex Ny 6.6 -2200 dtex PET (10.takım) melez kordların büküm kontrolleri büküm test cihazı ile yapılmıştır. Büküm kontrolleri değerleri sınır değerler içerisinde olduğu için üretilen kordlara mekanik ve ısıl testler uygulanmıştır. Tablo 7.67'de yedinci takım melez kordların çekme testleri sonuçları, Tablo 7.68'de ısıl testleri ve kalınlık değerleri verilmiştir.

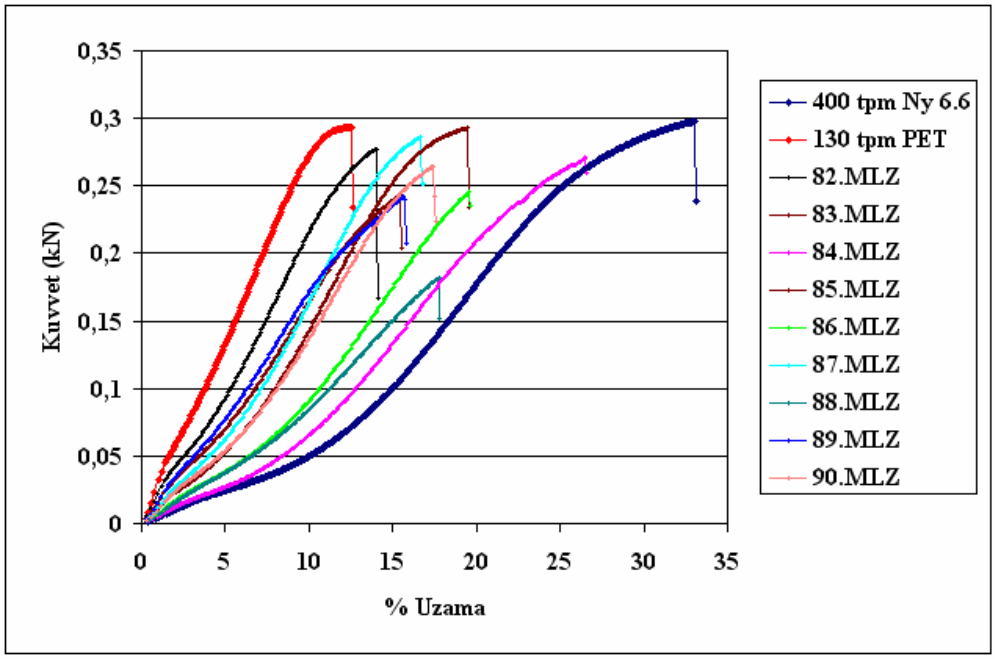
Tablo 7.67: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların (4080 dtex) çekme testi sonuçları

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	44 N'da Uzama (%)	67 N'da Uzama (%)	Kopma Enerjisi (J)	Özdayanım (N/mm)
82.MLZ	277,9	14,1	2,0	3,5	5,3	10,29
83.MLZ	295,0	20,3	4,1	5,9	8,0	9,31
84.MLZ	272,5	26,6	7,5	9,9	8,4	6,27
85.MLZ	253,6	16,3	2,8	4,6	5,5	8,13
86.MLZ	255,9	20,6	5,5	7,9	6,0	7,06
87.MLZ	293,6	18,2	3,4	5,1	7,1	9,80
88.MLZ	191,0	18,6	5,6	8,1	4,2	5,29
89.MLZ	249,7	16,3	2,5	4,1	5,6	7,74
90.MLZ	269,8	17,9	3,8	5,7	6,0	8,53

Tablo 7.68: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların (4080 dtex) ısıl kısalma ve kalınlık değerleri

Kord Türü	Kısalma (%)	Kısalma kuvveti (N)	Kalınlık (mm)
82.MLZ	5,3	8,9	0,45
83.MLZ	5,9	7,1	0,62
84.MLZ	6,7	5,0	0,82
85.MLZ	5,6	7,7	0,61
86.MLZ	6,2	6,2	0,74
87.MLZ	5,6	7,6	0,65
88.MLZ	6,1	6,0	0,82
89.MLZ	5,3	8,1	0,65
90.MLZ	6,2	7,1	0,73

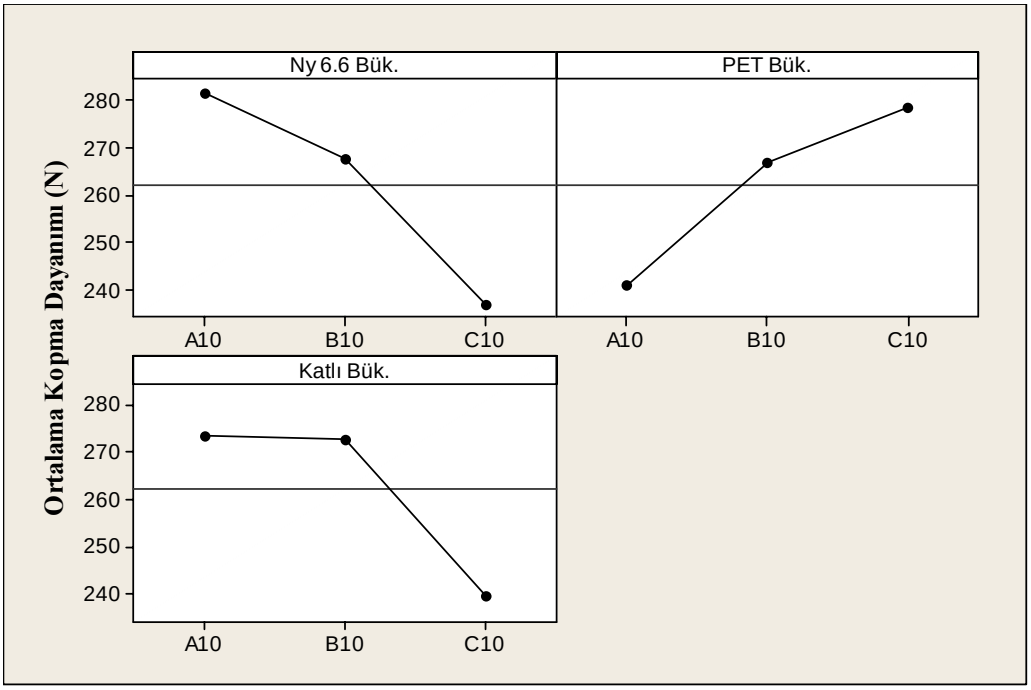
Tablo 7.67 incelendiğinde enyüksek dayanımı veren kordların dizinin birinci (82.MLZ), ikinci (83.MLZ) ve altıncı sırada üretilen (87.MLZ) melez kordlar olduğu görülmektedir. Melez kordların kopma dayanımı değerleri kıyaslama kordlarınınki ile karşılaştırıldığında, 2202 dtex PET kıyaslama kordundan daha yüksek dayanıma sahip melez kord üretiminin olanaklı olduğu görülmektedir. Elde edilen en yüksek dayanım değeri, en yüksek naylon kıyaslama kordu dayanım değerinin %92'sini sağlamaktadır.



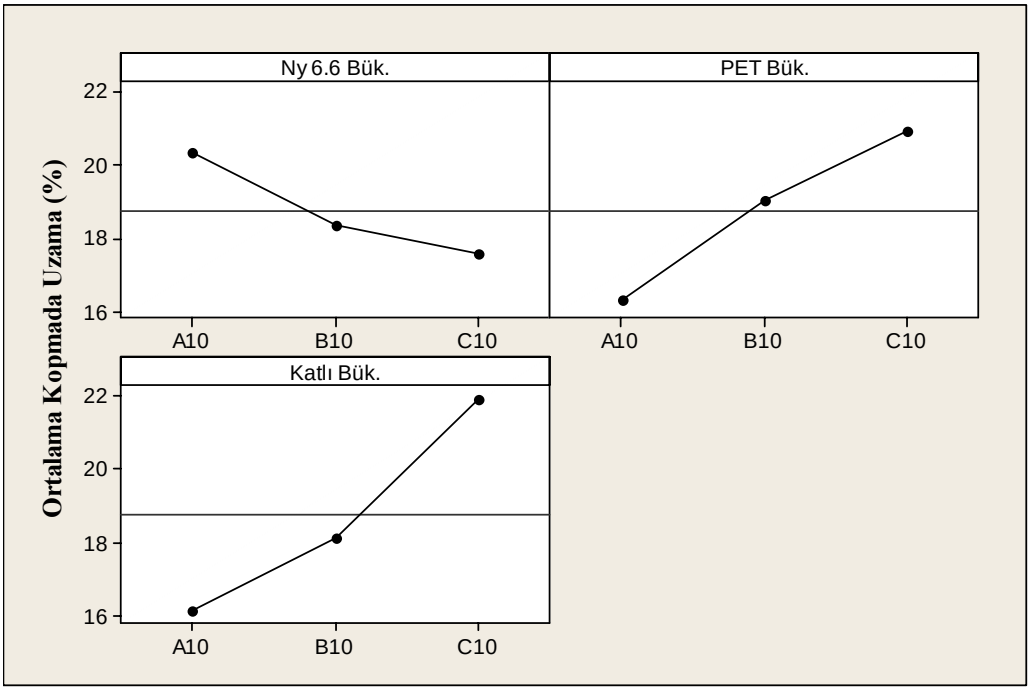
Şekil 7.41: 1880 dtex Ny 6.6–2200 PET melez kordların kuvvet- uzama grafikleri

Şekil 7.41'de onuncu takımda elde edilen melez kordların kuvvet-uzama grafikleri verilmiştir. Şekil 7.41'den de görüldüğü gibi üretilen kıyaslama kordlarının enyüksek ve endüşük büküm düzeylerini içeren, 160 tpm büküm düzeyinde poliester ve 400 tpm büküm düzeyinde naylon aralığı ele alınmıştır. Bu aralıkta ve bu bileşimde 2200 dtex PET'den daha yüksek kopma dayanımı olan lastik kordu üretmenin olanaklı olduğu görülmüştür. Ayrıca üretilen melez kordların kopma dayanımları 1880 dtex naylon kordun kopma değerine diğer bileşimlerdeki melez kordlara göre çok daha fazla yaklaşmıştır.

Şekil 7.42-43'de kopma dayanımı ve kopmada uzama değerleri için onuncu takım melez kordların Minitab programından elde edilen çözümlemeleri görülmektedir. Şekil 7.42'e göre artan büküm düzeylerinde naylon katının kopma dayanımı düşerken, poliesterin artmaktadır. Onuncu takım melez kordlar için elde edilen ortalama kopma dayanımı 262 N'dur.



Şekil 7.42: Onuncu takım melez kordlar için ortalama kopma dayanımı değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri



Şekil 7.43: Onuncu takım melez kordlar için ortalama kopma uzama değerlerinin farklı büküm düzeylerindeki değerleri

Deney tasarımına göre en yüksek dayanım A_{10} tpm Ny 6.6 – C_{10} PET ve A_{10} tpm katlı büküm düzeylerinde elde edilmiştir. Şekil 7.43'den görüldüğü gibi kopmada uzama için C_{10} tpm büküm düzeyinde naylon, A_{10} büküm düzeyinde poliester en düşük uzama değerini verirken, katlı bükümde yine doğrusal bir ilişki ile A_{10} tpm en düşük uzama değeri vermektedir.

7.10.3 1880 dtex Ny 6.6-2200 dtex PET melez kordların işleme sonrası test sonuçları

Onuncu takımın işlemesinde önceki takımlara uygulanan süreç koşulları kullanılmıştır. Yalnızca doğrusal yoğunluk değişimine bağlı olarak korda uygulanan gerilim değeri değiştirilmiştir. Karşılaştırma yapabilmek için önce kıyaslama kordları işleme sürecinden geçirilmiş daha sonrada melez kordlar işlenmiştir. Tablo 7.69'da kıyaslama kordlarının, Tablo 7.70'de ise dokuzuncu takım melez kordların işleme sonrası özellikleri verilmiştir.

Tablo 7.69: 1880 dtex Ny-2200 dtex PET için üretilen kıyaslama kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
16.Ny	310,0	19,3	3,2	1,7	0,75	152,1	17,8	5,1
17.Ny	308,2	22,0	3,9	1,9	0,79	186,9	21,4	4,9
18.Ny	284,4	24,1	5,7	2,8	0,74	222,8	35,7	8,3
19.PET	300,6	14,8	0,9	0,8	0,75	162,6	30,9	5,6
20.PET	286,5	14,8	0,9	0,8	0,76	165,0	31,5	5,3
21.PET	258,3	15,5	1,2	0,8	0,76	213,9	42,7	3,0

Tablo 7.70: 1880 Ny-2200 PET bileşimi melez kordların işleme sonrası özellikleri

Kord Türü	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama (%)	Geçici Kısalma (%)	Kalıcı Kısalma (%)	Kalınlık (mm)	H-yapışma (N)	Şerit yapışma (N)	Katı (%)
82.MLZ	267,0	14,8	1,6	0,8	0,77	168,1	24,4	6,6
83.MLZ	280,7	17,9	1,9	0,9	0,81	183,2	27,0	4,2
84.MLZ	257,1	22,6	2,3	0,6	0,85	161,1	30,5	1,8
85.MLZ	230,0	14,4	1,7	0,7	0,77	177,4	26,9	4,4
86.MLZ	231,5	17,1	2,0	0,7	0,75	209,3	33,8	2,4
87.MLZ	275,3	16,5	1,7	0,8	0,85	202,5	40,6	4,8
88.MLZ	153,7	13,1	1,7	0,7	0,85	203,8	30,1	1,4
89.MLZ	236,2	14,9	1,7	0,8	0,85	209,2	40,1	4,6
90.MLZ	251,8	16,4	1,9	0,7	0,79	219,7	39,2	3,8

Tablo 7.67 incelendiğinde 1880 dtex iki katlı naylon kıyaslama kordlarının H-yapışma değerlerinin 152-222 N değerleri arasında, 2200 dtex PET kıyaslama kordların da ise 162-214 N arasındaki değerlerde değiştiği görülmektedir. Buna göre melez kordların yapışma değerlerinin 152-222 N arasında değişmesi beklenmektedir. Melez kordların H-yapışma değeri 168-220 N arasında değişmiştir. Şerit yapışma değerleri karşılaştırıldığında ise kıyaslama kordlarının 18-43 N arasında değişirken melez kordların şerit yapışma değerleri 25-40 N arasında değiştiği görülmektedir.

Tablo 7.67'de verilen H-yapışma değerleri kıyaslama kordları ile karşılaştırıldığında tüm melez kordlarda yeterli yapışma düzeyinin elde edildiği görülmektedir. Kısalma değerleri karşılaştırıldığında geçici kısalma değerlerinin kıyaslama kordlarının değerlerinin arasında olduğu görülürken, kalıcı kısalmada ise melez kordlarda 2200 dtex PET'in kalıcı kısalmasıyla yaklaşık aynı değerde kısalma değeri elde edildiği görülmektedir. İşleme sonrasında, hem kıyaslama hem de melez kordların dayanım

değerlerinde çok az bir azalma görülmüştür. Buna bağlı olarak onuncu takımda üretilen enyüksek dayanımdaki melez kordun kopma dayanım değerinin 1880 dtex naylon kıyaslama kordunun %91'ini sağladığı belirlenmiştir.

İşleme sürecinden sonra onuncu takımda üretilen melez kordlara yorulma testi uygulanmıştır. Onuncu takım melez kordlar için yapılan yorulma testleri sonuçları Tablo 7.71'de verilmiştir.

Tablo 7.71: 1880 Ny -2200 PET bileşimi melez ve kıyaslama kordları için yorulma testi sonuçları

Kord Türü	Büküm düzeyleri (tpm)	Yorulmamış yapışma (N)	Yorulmuş yapışma (N)	Kalan Yapışma (%)	Yorulmamış kord kopma dayanımı (N)	Yorulmuş kord kopma dayanımı (N)	Kalan Dayanım (%)
16.Ny	(130-130-130)	304,8	264,3	87	264,1	204,6	77
17.Ny	(250-250-250)	339,1	259,2	76	281,4	247,5	88
18.Ny	(400-400-400)	389,0	244,5	63	291,1	264,5	91
19.PET	(130-130-130)	208,7	125,0	60	286,0	76,0	27
20.PET	(250-250-250)	228,7	127,8	56	291,4	57,0	20
21.PET	(370-370-370)	270,3	164,3	61	268,7	221,5	82
82.MLZ	(A_{10}-A_{10}-A_{10})	250,9	135,1	54	242,2	73,3	30
83.MLZ	(A_{10}-B_{10}-B_{10})	280,0	177,2	63	277,6	184,9	67
84.MLZ	(A_{10}-C_{10}-C_{10})	251,7	185,6	74	262,6	221,0	84
86.MLZ	(B_{10}-B_{10}-C_{10})	263,6	135,0	51	240,4	219,5	91
90.MLZ	(C_{10}-C_{10}-B_{10})	315,7	151,8	48	257,7	101,3	39

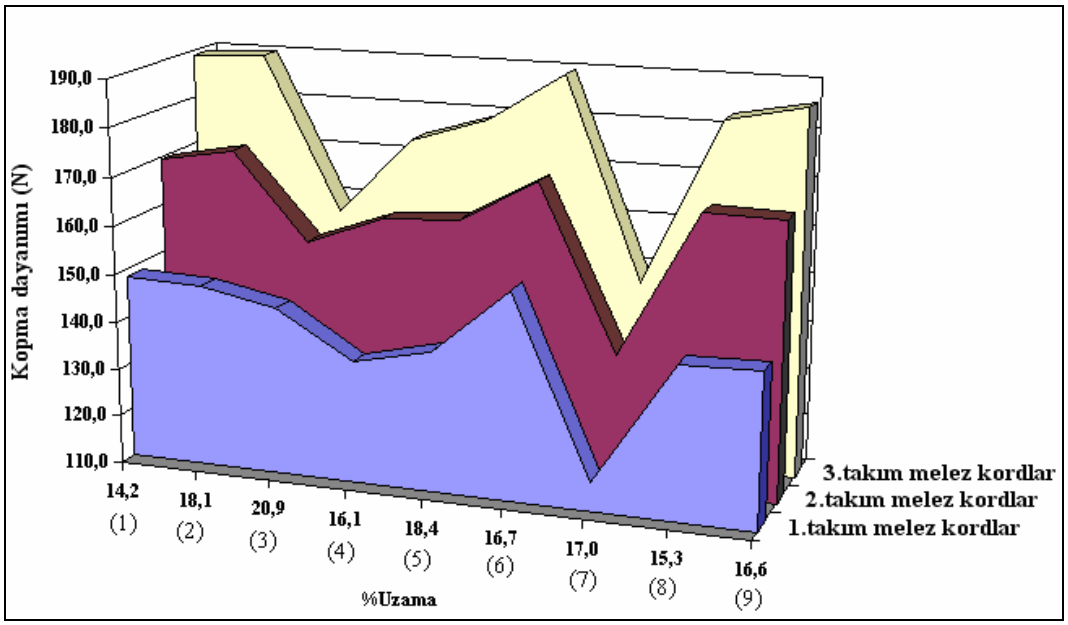
Onuncu takımın yorulma testi yine L_9 dizisinde iyi sonuçlar veren deney sıralarına uygulanmış, yorulması kötü sonuç veren kordlardan sadece bir tanesi doğrulama amacıyla test edilmiştir. 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarının yorulma testleri daha önceden yapıldığı için tekrar test edilmemiş, sadece 2200 dtex PET kıyaslama kordları için yorulma testi yapılmıştır. Tablo 7.69'da 1880 dtex iki katlı naylon, 2200 dtex iki katlı PET ve 5 tane farklı büküm düzeyinde üretilmiş melez kordun yorulma testlerinin sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.71'den görüldüğü gibi melez kordlar içinde en fazla kayıp doğrulama amacıyla test edilen melez kordda (82. MLZ) olmuş ve diğer melez kordlar oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

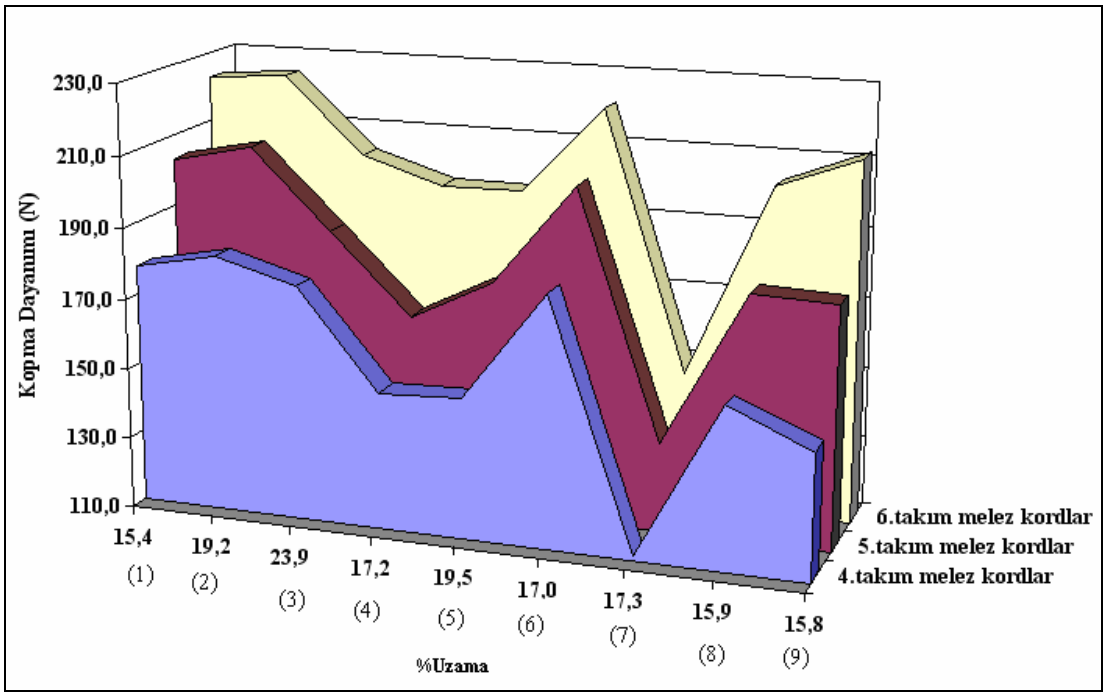
Ny/PET bileşimli melez kord üretimiyle uygun büküm düzeyleri seçildiğinde PET'in yorulma direncinden daha fazla yorulma direncine sahip kord üretiminin olanaklı olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca doğrusal yoğunluk artışına bağlı olarak 1880 dtex naylon kıyaslama kordlarının yorulma direncide azaldığı için, uygun bükümlerde elde edilen melez kordlarda naylonla aynı hatta daha yüksek yorulma direncine sahip melez kord üretmek olanaklıdır.

7.11 Tüm Melez Kord Bileşimleri için Kopma Dayanımı ve Kopma Uzaması Değerlerinin Kıyaslanması

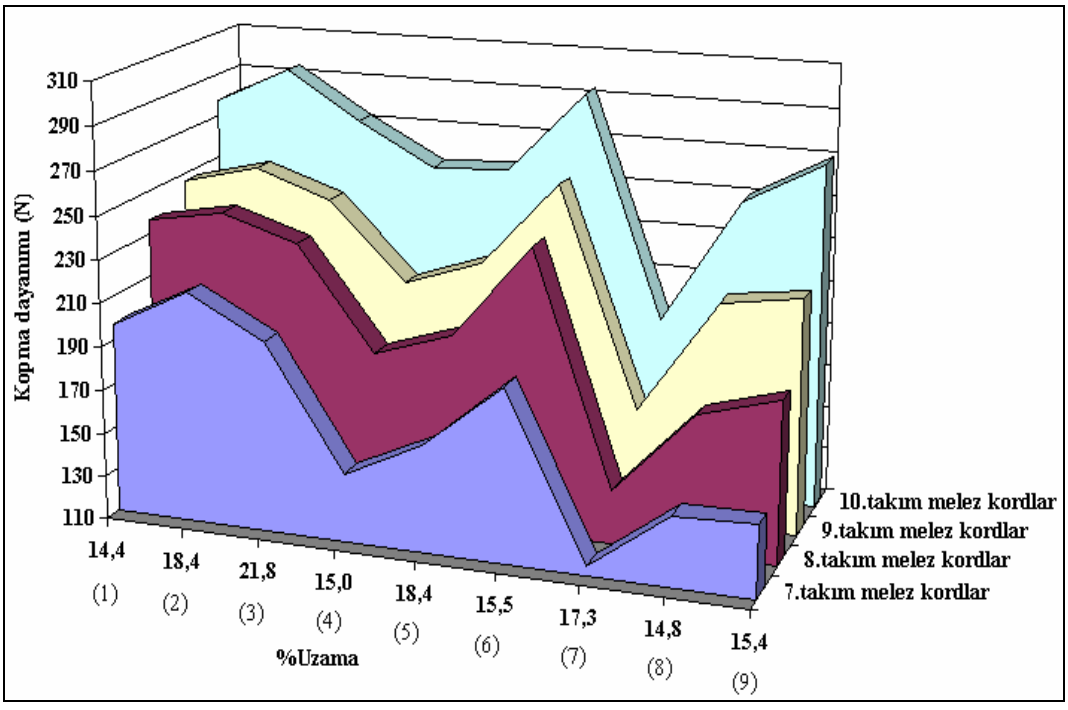
Tüm takımların ayrı ayrı değerlendirilmesi yapıldıktan sonra, takımların birbirleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bunun için öncelikler naylon ipliğin doğrusal yoğunluğu sabit alınarak üç boyutlu, üç farklı şekil elde elde edilmiştir. Şekil 7.44-46'da bu grafikler yer almaktadır. Şekillerde takımların kopma dayanımlarına karşı kopmada uzama grafikleri verilmiştir. Böylece, örnegin Şekil 7.44'de 940 dtex naylon sabit alınarak üretilen 27 tane melez kordun kopma dayanımı ve uzama değeri toplu olarak görülmektedir.



Şekil 7.44: Birinci, ikinci ve üçüncü takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği (deney takımı sıra numarası parantez içinde verilmiştir)



Şekil 7.45: Dördüncü, Beşinci ve altıncı takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği (deney takımı sıra numarası parantez içinde verilmiştir)



Şekil 7.46: Yedinci, sekizinci, dokuzuncu ve onuncu takım melez kordların kopma dayanımı değerlerine karşı kopmada uzama değerleri grafiği (deney takımı sıra numarası parantez içinde verilmiştir)

Şekillerde kullanılan L_9 dizisindeki tüm değerler farklı takımlar için verilmiştir. Grafiklerdeki her bir takım için, kopmada uzama değerleri, L_9 dizisindeki sırasıyla 1.sıradan dokuzuncu sıraya kadar olan melez kord üretimlerini göstermektedir.

Şekiller incelendiğinde naylonun doğrusal yoğunluğunun sabit tutulması ve PET'in doğrusal yoğunluğunun arttırılması ile kopma dayanımı değerlerinin sürekli arttığı görülmüştür. Kopma dayanımı değerleri için en düşük dayanım değerleri 7.ve 4. sırada üretilen melez kordlarda elde edilmiştir. Şekillerden en yüksek kopma dayanımına sahip melez kordların 2., 6. ve 9. sırada üretilen kordlar olduğu görülmektedir.

Melez kordlar için elde edilen kopma dayanımı sonuçları, kıyaslama kordlarıyla karşılaştırıldığında, 940 dtex naylon kıyaslama korduna göre, üretilen 940 dtex naylon- 1100 dtex PET bileşimli melez kordlarda kıyaslama kordunun dayanım değerine yaklaşılırken, 1440-1670 dtex PET bileşimlerinde naylon kıyaslama kordundan daha yüksek dayanımlarda melez kord elde edilmiştir. 1400 dtex naylon kıyaslama kordunun dayanım değerleri ise sadece 1670 dtex PET bileşimli melez kordlarda yaklaşılmıştır. Benzer olarak 1880 dtex naylon kıyaslama kordu değerleri ise sadece 2200 dtex PET ile yapılan bileşimde elde edilmiştir.

1100 dtex PET kıyaslama kordları ile kıyaslama yapıldığında ise 940, 1400 ve 1880 dtex naylon bileşimlerinde, kıyaslama kordundan daha yüksek dayanımda melez kordlar elde edilmiştir. Ancak PET yerine geçebilecek bir korda naylon katılması kord maliyetini artırabileceğide unutulmamalıdır. 1440 dtex kıyaslama kordunun kopma dayanımında daha iyi değerler, bir başka ifadeyle 1400 dtex PET yerine kullanılabilecek melez kordlar, 1400 ve 1880 dtex naylon bileşimli melez kordlarda elde edilmiştir. Kopma dayanımı açısından 1670 dtex PET kıyaslama kordunun yerine geçebilecek melez kordlara ise 1400 dtex naylon bileşiminde yaklaşılmış, 1880 dtex naylon bileşiminde kıyaslama kordundan daha iyi dayanım değeri elde edilmiştir.

BÖLÜM 8 - SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, lastik destek malzemesi olarak kullanılan naylon ve poliester tekstil kordlarının mevcut eksikliklerinin üstesinden gelmek ve yeni özelliklere sahip lastik kordu önermek amacıyla, Ny/PET bileşimli melez kordların özellikleri incelenmiştir. Elde edilen melez kordların mekanik ve ısıl özellikleri çeşitli testlerle incelenmiştir. Melez kord üretim sürecini etkileyen etkenler ve bu etkenlerin düzeyleri belirlenerek yapılması gereken üretim sayısı belirlemiş ve üretim sayısını azaltmak için "Taguchi Deneysel Tasarımı" kullanılmıştır.

Farklı doğrusal yoğunluk bileşimlerini içeren on takım melez kord üretim çalışması yapılmıştır. Her bir takıma L_9 dikey dizisi uygulanarak toplam 90 tane melez kord üretilmiştir. Üretilen kordların 81 tanesi işleme sürecinden geçirilmiştir. Elde edilen kordların başarımlarını karşılaştırmak amacıyla 21 tane de kıyaslama kordu hazırlanmış ve işleme sürecinden geçirilmiştir.

Melez kord üretimini etkileyen önemli süreçlerden biri de büküm sürecidir. Kıyaslama kordlarında büküm düzeyi arttırıldığı zaman kopma dayanımları belli bir enyüksek değere kadar artmakta, daha sonra düşmektedir. Lastik kordlarında korda yüksek başarım ve yüksek yorulma dayanımı kazandırmak için bu enyüksek değerden daha yüksek büküm düzeyleri tercih edilir.

Melez kordlar içindeki katların kopma dayanımı davranışı bu bileşim kıyaslama kordlarınkinden farklıdır. Yüksek uzama değerleri veren naylon kordlar için bu değer düşerken, boyutsal kararlığı çok iyi olan poliester için büküm düzeyi arttıkça artmaktadır. Bunun nedeni, melez kord içinde poliesterin büküm düzeyi arttırılarak iki kordun kopmada uzama değerlerinin eşitlenmesidir. Bir başka ifadeyle, eniyi melez kord özellikleri için, yüksek özdayanıma sahip PET'in büküm düzeyinin, naylon büküm düzeyine eşit veya daha yüksek olması gerektiği görülmüştür. PET katına artan büküm düzeyi ile uzama sağlanmadığında, melez kord içinde PET katı

uzayamadığı için daha önce kopmakta ve melez kord kopma dayanımı düşmektedir. Bu durum L_9 dikey dizisinin 7. sırasında üretilen kord bileşimi ile test edilmiştir. Benzer olarak naylon katının büküm düzeyi PET'den daha yüksek olduğunda (4. sırada üretilen melez kord) yine PET katı daha önce kopmakta ve dayanım değeri düşmektedir.

Bilindiği gibi, naylon lastik kordlarının PET kordlarına göre eksiklikleri yüksek ısıl kısalma, yüksek uzama değerleri, düşük özdayanım ve yüksek fiyat'tır. PET lastik kordlarının naylona göre eksiklikleri ise yüksek sıcaklıklarda düşük kord-lastik yapışması ve düşük yorulma dirençleridir. PET lastik kordlarının düşük fiyat üstünlüğünün yanında, yüksek boyutsal ve ısıl kararlılığı da bulunmaktadır. Naylon lastik kordlarında ise üstünlük yüksek yapışma ve yorulma dirençlerinden kaynaklanmaktadır.

Ny 6.6/PET bileşimli melez kordlar ile naylon kıyaslama kordlarına göre bileşime PET katılması ile ısıl kısalması ve kopmada uzama değerleri naylondan daha iyi melez kordlar elde edilmiştir. Yorulma direnci PET kıyaslama kordlarına göre oldukça iyi; hatta yüksek doğrusal yoğunluktaki kordlarda naylondan daha iyi yorulma direncine sahip lastik kordu elde etmek olanaklıdır.

Ny/PET bileşimli melez kordların yorulma testlerinde PET katı ve katlı büküm düzeyi düşük olan melez kordların yorulma direnci iyi sonuçlar vermezken, diğer kordlar iyi yorulma dayanımı vermiştir. Yorulma testleri sonucunda PET kullanılarak üretilen kıyaslama kordlarından çok daha iyi yorulma direnci veren melez kordlar elde edilmiştir. Bazı bileşimlerde yorulma dayanımı değerleri yorulma şampiyonu olarak adlandırılan naylon kıyaslama kordlarının değerlerini yakalamıştır. Örneğin, dokuzuncu takımda üretilen, 75.MLZ, 77.MLZ ve onuncu takımda üretilen 86.MLZ simgesiyle gösterilen kordlar bu durumu kanıtlamaktadır.

Bu çalışmada kapsamında Ny 6.6/PET melez kordların işleme sürecinin eniyilenmesi çalışması planlanmamıştır. Üretilen kordların kısalma, kopmada uzama gibi bazı önemli özellikleri uygulanan işleme süreciyle değiştirilebildiği için bu çalışmanın devamında müşteri istekleri de değerlendirilerek istenilen doğrusal yoğunluk

bileşimleri için sürecin eniyilenmesi çalışması yapılmalıdır. Ayrıca melez kordların işleme sürecinde çift banyolu süreç kullanılmıştır. Tek banyolu sistem denenmiş, ancak tüm kordlar iyi yapışma sağlamadığından çift banyolu sisteme geçilmiştir. Müşterilerin istekleri doğrultusunda istenen melez kord bileşimlerine maliyeti düşürmek amacıyla öncelikle tek banyolu sistem uygulanmalı, yapışma kontrolünden sonra gerekirse çift banyolu sisteme geçilmelidir.

İyi yapışmanın bir göstergesi de katı miktarıdır. Çetin (2005) tarafından yapılan bir çalışmada H-yapışma ve şerit yapışma değerlerinin kordun soğurduğu katı miktarı % 4-6 arasında olduğu zaman enyüksek değerler verdiği, kordun aldığı katı miktarı arttıkça yapışma değerinin arttığı, ancak belli bir değerden sonra azalmakta olduğu gösterilmiştir. Ancak melez kordlarda katı miktarı ağırlık farkı ile ölçüldüğü için iyi bir karşılaştırma yapılamamıştır. Melez kordların katı miktarı için yeni bir test yöntemi geliştirilmelidir. Bunun için iki kez çözme işlemi önerilebilir. Örneğin önce poliester çözülür, daha sonra naylon veya tersi bir işlem uygulanabilir.

Poliester lastik kordlarının naylon kordlara olan bir üstünlüğü de, fiyatının ucuz olmasıdır. Melez kordların bileşiminin bir katında poliester olması, naylon lastik kordlarına göre fiyatı düşürerek üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca üretilen melez kordların bileşimindeki poliester miktarı büküm düzeyi ile değiştirilebilmektedir. Melez kordlar içindeki poliesterin ağırlığının toplam ağırlığa oranı %43-69 arasında tutulmuştur. Bu çalışmada melez kord içindeki poliester oranı değişen fiyatlar karşısında ne kadar bir fiyat düşüşü elde edileceğini hesaplamak için kullanılabilecektir.

Yapılan çalışma ile Ny 6.6/PET bileşimli melez kordların başarım özellikleri incelenmiş; lastik üreticilerine destek malzemesi olarak kullanabilecekleri, yeni seçenek melez kordlar önerilmiştir. Böylece müşteri isteklerine göre, geleneksel olarak kullanılan PET ve Ny 6.6 kordlarının yerine geçebilecek daha üstün özelliklerde ve/veya daha ucuz Ny 6.6/PET melez kordları üretilebilecektir.

KAYNAKLAR

Akiyama, M. ve diğ., US 0226641 A1, (2004).

Ayyıldız, Y., "Kord Bezi Üretimi", ***Kordsa Eğitim Notları***, Kocaeli, (2003).

Ayyıldız, Y., "Kord Bezinde Büküm Sürecindeki Önemli Noktalar". ***Kordsa Eğitim Sunumu***, Kocaeli, (2005).

Bader, M.G., "Polymer Composites in 2000: Structure, Performance, Cost and Compromise", ***Journal of Microscopy***, 201, 110-121, (2000).

Banarjee, S. and Das, C.K., "Adhesion Between Rayon and Nylon Cord and an Elastomer Matrix", ***Composites Science and Technology***, 28, 129-135, (1987).

Barron, E.R, "Hybrid Tire Cord Containing Kevlar Aramit ", ***Kautschuk and Gummi***, 40, 130-135, (1987).

Basan, S., "Polimer Kimyası", ***Cumhuriyet Üni. Yayınları No:88***, Sivas, (2001).

Başer, İ.," Elyaf Bilgisi", ***Marmara Üni.Yayınları***, No:524, İstanbul, (1992).

Baynal, K., "Çok Yanıtlı Kalite Karakteristiklerinin Eş Zamanlı Eniyilenmesinde Taguchi Yöntem Ve Otomotiv Endüstrisinde Bir Uygulama", Makine Müh. Odası, ***Endüstri Müh. Dergisi***, 16, sayı 2, (2005).

Baysal, B., "Polimer Kimyası", ***ODTÜ***, 2.Baskı, 367, Ankara, (1994).

Bekircan, S.H., "Yüksek Dayanımlı Naylon 6.6 İpliğinin Isıl ve Mekanik Özelliklerinin Eniyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, ***KOU Fen Bilimleri Enstitüsü***, İzmit,1-5, (2006).

Beringer, C.W., "A Comparison of Nylon Fibers for Tire Reinforcement", ***Rubber World***, 1-5, (1988).

Bhakuni, R., S., Rye, G., W., Domchick, S., J., "Adhesive and Processing Concepts for Tire Reinforcing Materials". ***ASTM Symposium on Tire Reinforcement and Tire Performanse***, October 23–25, Akron, Ohio, (1978).

Bohnet, M. ve diğ., "Ullmans Encyclopedia of Industrial Chemistry", ***Wiley-VCH***, 13, Germany, (2003).

Bridge, A.H. and Falls, C., US 3,419,059, (1968).

Cho. H.H., Lee. K.H. and Bang Y.H., "Effect of Fine Structure on Fatigue Resistance Property of Poly(ethylene terephthalate) Tire Cord Fibers", ***Journal of Applied Polymer Science***, 78. 90–100, (2000).

Crowther, B.G., Rubber to Metal Bonding, ***RAPRA (Review Reports)***, (1996).

Çetin, Z., "Süreç Kosullarının Kord Lastik Yapısma Degerine Etkilerinin Taguchi Yöntemi İle İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***KOU Fen Bilimleri Enstitüsü***, İzmit, 1-99, (2005).

Dehnert, J. and Wahl, H., US 7,188,654 B2 (2007).

Doğan, Ö., İ., "Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi", ***Dokuz Eylül Ünv. Sos. Bil. Ens. Der.***, cilt:2, sayı:1, (2000).

Donckels, Y., ve diğ, US 0017620 A1, (2007)

Erbaş, S.O., Olmuş, H., "Deney Düzenleri ve İstatistik Analizi", ***Gazi Kitapevi*****,** 1, (2006).

Fernandez, P.L., US 6,775,970 B2, (2004).

Fritsch, J.F., US 6,601,378 B1, (2003).

Frukawa, M., EP 1 411 159 A1, 2002.

Gries, T. ve diğ., "Polyamide Tire Cord Technology From Basic Yarn to Dipped Fabric", ***Chemical Fibers International***, 50, 481-484, (2000).

Gunter, B., "A Perspective on the Taguchi Methods", ***Quality Progress***, 44-52, (1987).

Hamed, G.R. and Ruksakulpivat, C., "Bonding of Vulkanized Rubber to Polyester Cord Using RFL Adhesives Modified with Chlororesorcinolic Resin", ***Journal of Applied Polymer Science,*** 91, 1993-1996, (2004).

Hockenberger, A.S. and Koral, S., "Effect of Twist on The Performance of Tire Cord Yarns", ***Ind. Journal of Fibre and Textile Research***, 29, 25-29, (2004).

Iyengar, Y., "Effects of Ozone and UV on Tire Cord Adhesion", ***Journal of Applied Polymer Science***, 19, 855-963, (1975).

Iyengar, Y. And Erickson, D.E., "Role of Adhesive-Substrate Compatibility in Adhesion", ***Journal of Applied Polymer Science*****,** 11, 2311-2324, (1967).

Jamshidi. M., Afshar. F., Mohammadi. N. and Pourmahdian. S., "Study on Cord/Rubber İnterface Elevated Temperatures by H-Pull Test Method", ***Applied Surface Science***, 249, 208-215, (2005a).

Jamshidi. M., Afshar. F., Mohammadi. N., "The Effect of Temperature on Interfacial Interactions of Cord-RFL-rubber System", ***Iranian Polymer Journal***, 14, 229-234, (2005b).

Jang, J., Lim, B., "Investigation of a Fiber-Reinforced Plastic/Rubber Adhesive System Using Statistical Experimental Design", ***Polymer Testing***, 20, 117–123, (2001).

Kaya, N., "Deney Düzeninde Taguchi Yaklaşımı", ***Hacettepe Ünv. Fen Bil. Ens***. Y.L. Tezi, Ankara, (1996).

Kim, S., J., Kim, K., S., Jang, H., "Optimization of Manufacturing Parameters for a Brake Lining using Taguchi Method", ***Journal of Materials Processing Technology***, 136, 202-208, (2003).

Klata, A. ve diğ., "DSC İnvestigations of Polyamide 6 İn Hybrid GF/PA 6 Yarns and Composites", ***Polymer Testing***, 22, 929-937, (2003).

Komatsuki, M., US 5,551,498, (1996).

Köksoy, O., Muluk, F.Z., "Solution to the Taguchi Problems with Correlated Problems", G.U. ***Journal of Science***, 17, 59-70, (2004).

Koral, S. ve Hockenberger, A.Ş., "Otomotiv Lastiklerinde Kullanılan Kord Bezi Teknolojisinin İncelenmesi", ***Tekstil Teknik Dergisi***,195-199, Temmuz 2003.

Kovac, F.J., "Tire Technology",***Goodyear Tire and & Rubber Company***, Fifth Edition, 79-80, (1978).

Krump, H., ve diğ., "Adhesion Strenght Study Between Plasma Treated Polyester Fibres and a Rubber Matrix", ***Applied Surface Science***, (2005).

Kwon, I.H. ve diğ, CA 2,515,136, (2006).

Lee, D.D. And Loesch, R.W., Nylon/Aramid Hybrid Cord in Eartmover Tire Aplications, ***Rubber Division Meeting American Chemical Society***, Paper No.35, New York, (1986).

Lauke, B. ve diğ, "Effect of Hybrid Yarn Structure on The Delamination Behaviour of Thermoplastic Composites", ***Composites Part A***, 1397-1409, (1998).

Mark, J.E., Erman, B., Eirich, R.F., "Science and Technology of Rubber", ***Academic Press,*** 675-715, (1994).

Matar, S. "Chemistry of Petrochemical Processes", ***Gulf Publishing Company***, 2.Edition, 359-370, (2000).

Mclntyre, J.E., "Synthetic Fibres: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin", ***Woodhead Publishing Limited***, Cambridge, England, (2005).

Moncrieff, R.W., "Man-Made Fibres", ***The Whitefriars pres Ltd.***, England, (1975).

Montgomery, D.C., "Design and Analysis of Experiments", ***John Wiley&Sons Book Company***, New York, (1991).

Nakayasu, R., US 5,558,144, (1996).

Naskar, A.K., Mukherjee, A.K., Mukhopadhyay, R. "Studies on Tyre Cords: Degradation of Polyester Due to Fatigue", ***Polym Degradation and Stability***, 83, 173-180, (2004).

Nguyen, G.V. et all, US 6,658,836 B2, (2003).

Nourhausen, C., "Rayon The Advanced Material for Rubber Reinforcement", ***ACS Rubber Division 161 st Spring Technical Meeting***, Georgia, (2002).

Osborne, D.G., US 6,425,426 B1, (2002).

Özdemir, Ö., "İpliklerde Büküm Nedeniyle Kısalma", ***Tekstil & Teknik***, 30-38, (1996).

Perepelkin, K.E., "Poly(ethylene Terephthalate) and Polyester Fibres-60th Anniversary of the First Patent", ***Fibre Chemistry***, 33, No.5, (2001)

Pan, N. And Brookstein, D., "Physical Properties of Twisted Structures.II. Industrial Yarns, Cords, and Ropes", ***Journal of Applied Polymer Science***, 83, 610-630, (2002).

Pang, K., Kotek, R., Tonelli, A., "Review of Conventional and Novel Polymerization Process for Polyesters", ***Progress in Polymer Science***, 31, 1009-1037, (2006).

Park, R. and Jang, J., Effect of Laminate Geometry on Impact Performance of Aramid Fiber/Polyethylene Fiber Hybrid Composites, ***Journal of Applied Polymer Science***, 75, 952–959, (2000).

Park, R. and Jang, J., "İmpact Behavior of Aramid Fiber/Glas Fiber Hybrid Composite: The effect of Stacking Sequence", ***Polymer Composite***, 22, No 1, (2001).

Pepper, W.B., "Overtest Results for The 7.3 m Diameter Hybrid Kevlar-29/Nylon Ribbon Parachute", ***Journal of Aircraft***, 16, 47-50, (1979).

Porter, N.K., "RFL Dip Technology", ***Journal of Coated Fabrics***, 25, (1992).

Porter, N.K., "Latex Properties and Their Effects on RFL Dip Performance", ***Journal of Coated Fabrics***, 25, (1996).

Reuter, R.F. et al., US 6,799,618 B2, (2004).

Rıjpkema, B., Weening, W.,E., "The Mechanical Properties of RFL Adhesives and Influence on Cord in Rubber Composites". ***Rubber World***, 26-31, (1994).

Saat, M., "Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı", ***Gazi Ünv. İ.İ.B.F. Dergisi***, 2, 97–108, (2000).

Saçak, M., "Lif ve Elyaf Kimyası", ***Gazi Kitapevi***, 1-185, Ankara, (2002).

Schmidt, A.X. and Marlies, C.A., "Principle of High-Polymer Theory and Practice", ***McGraw-Hill Book Company***, First Edition, 1948.

Skeist, I., "Polymer Hybrids", ***Journal of Elastomers and Plastics***, 32-39. (1969).

Soylak, M., "Kalite Geliştirmede Deneysel Tasarım ve Taguchi Yöntemi". ***Erciyes Ünv. Fen Bil. Ens.*** Y.L. Tezi, Kayseri, (2000).

Suzuki, T., US 6,058,996, (2000).

Şirvancı, M., "Kalite için Deney Tasarımı", 100-101, ***Literatür Yayıncılık***, İstanbul, (1997).

Uihlein, K., "The Future of Rayon", ***Technische Textilen***, 2004, 57-57, (2004).

Uzpeder, İ., "Optimization of the Mechanical Quality of Nylon 66 Fiber During Spinning Process in Kordsa", ***Sabancı Üniversitesi,*** İstanbul, 1, (2003).

Vangills, G., E., Reaction of Resorcinol and Formaldehyde in Latex Adhesives for Tire Cords, ***I&EC Product Research and development***, 7, 151, (1968).

Vatansever, A. ve diğ., "Ageing of RFL Dipped Cord Fabrics". ***Tire Technology International***, 110–114, (1998).

Vatansever, A., "Adhesion Concept of Tire Cord Fabric Manufacturing", ***Kordsa Eğitim Notları***, (2001).

Yeşil, S.ve diğ., "Polietilen Terftalat/Polietilen Naftalat Bazlı Nanokompozitlerin Üretimi Ve Karakterizasyonu", ***1. Ulusal Polimer Kongresi***, (2006).

YILMAZ, B., Adhesion Systems in Tyre Cord Fabric. ***Slovak Rubber Conference***, (2000).

Yılmaz, B. ve diğ, "Use of Kordsa Nylon 6.6 for Cap Ply", ***Tire technology International***, 35-37, (2004).

Yılmaz, M. ve diğ., "Petrokimya Sanayi Özel İhtisas Raporu Sentetik Elyaf ve İplik Sanayi Alt Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı", ***DPT:2602-ÖİK:613***, (2001).

Yoon, B.S.ve diğ., "Mechanical Properties of Polypropylene/Polyamide 6 Blends: Effect of Manufacturing Processes and Cornmpatibilization", ***Polymer Composites***, 18, 757-764, (1998).

Yukawa, N. ve diğ., US 6,581,662 B2, (2003).

Yücesoy, P., Tanyaş, M., "Taguchi Fonksiyonunun Kalite Geliştirmedeki Rolü", ***8.Ulusal kalite Kongresi***, (1999).

Unal, R., Dean, E.B., "Taguchi Approach to Design Optimization for Quality and Cost: an Overview", ***International Society of Parametric Analysts***, (1991).

Wennekes, W.B. and Noordermeer, J.W.M., "Cord-to-rubber Adhesion: An International Study", ***Tire Technology International***, 48-51, (2006).

EKLER

EK. A.

KULLANILAN STANDART YÖNTEM BAŞLIKLARI

Standart A1. ASTM D 4776: Standart Test Method for Adhesion of Tire Cord and Other Reinforcing Cords to Rubber Compounds by H-Test Procedure

Standart A2. ASTM D 885–06: Standart Test Methods for Tire Cord, Tire Cord Fabrics and Industrial FilamentYarns Made from Manufactured Organic-Base Fibers

Standart A3. ASTM 4974–04: Standard Test Method for Hot Air Thermal Shrinkage of Yarn and Cord Using a Thermal Shrinkage Oven

Standart A4. ASTM 5591-04: Standard Test Method forThermal Shrinkage Force of Yarn and Cord with the Testrite Thermal Shrinkage Force Tester

Standart A5. ASTM 430-06: Standard Test Methods for Rubber Deterioration-Dynamic Fatigue

Standart A6. Kordsa Şerit Kord Yapışma Testi

Standart A7. Kord Bezi Dinamik Yapışma Ve Yorulma Testi

Standart A8. BISFA, 1995

EK B
TEKNİK TERİMLER DİZİNİ

Tükçe-İngilizce	
Akmazlık	Viscosity
Birlikte dokuma	Co-wowen
Büküm	Twist
Degişkenlik	Variance
Dikey	Ortagonal
Dirilik	Rigidity
Düze	Spinneret
Eniyileme	Optimization
Eniyi	Optimum
Eriyikten çekme	Melt-Spinning
Eşyönsüz	Anisotropic
Etken	Factor, Parameter
Etkensel	Factorial
Hoşgörü	Tollerance
Isı oluşumu	Hysteresis
İçyapışkanlık	Cohesion
İplik	Yarn
İplik Çekme	Spinning
İşleme	Treatment
Gövde	Carcas
Karma	Composite
Kesikli lif	Staple fiber
Kısalma	Shrinkage
Kuru çekme	Dry-Spinning
Kuşak	Belt
Lif	Filament
Liflerin karıştırılması	Co-mingling
Melez	Hybrid
Özgül kopma dayanımı	Tenacity
Özdayanım	Modulus
Sürekli lif	Continuous fiber
Sıcak hava kısalması	Hot-air shrinkage
Şekil değişimi	Deformation
Takım	Set
Topaklaşma	Coagulation
Yaş çekme	Wet-Spining
Yeniden işleme	Regenaration
Yüzey düzleşmesi	Flat-spotting
Yorulma	Fatigue

İngilizce-Türkçe	
Anisotropic	Eşyönsüz
Belt	Kuşak
Carcas	Gövde
Coagulation	Topaklaşma
Cohesion	İçyapışkanlık
Co-mingling	Liflerin karıştırılması
Composite	Karma
Continuous fiber	Sürekli lif
Co-wowen	Birlikte dokuma
Deformation	Şekil değişimi
Dry-Spinning	Kuru çekme
Factor, Parameter	Etken
Factorial	Etkensel
Fatigue	Yorulma
Filament	Lif
Flat-spotting	Yüzey düzleşmesi
Hybrid	Melez
Hot-air shrinkage	Sıcak hava kısalması
Hysteresis	Isı oluşumu
Optimum	Eniyi
Optimization	Eniyileme
Ortagonal	Dikey
Melt-Spinning	Eriyikten çekme
Modulus	Özdayanım
Regenaration	Yeniden işleme
Rigidity	Dirilik
Set	Takım
Shrinkage	Kısalma
Spinneret	Düze
Spinning	İplik Çekme
Staple fiber	Kesikli lif
Tenacity	Özgül kopma dayanımı
Tollerance	Hoşgörü
Treatment	İşleme
Twist	Büküm
Variance	Degişkenlik
Viscosity	Akmazlık
Yarn	İplik
Wet-Spining	Yaş çekme

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe AYTAÇ 06.06.1974 tarihinde Ankara'da doğdu. Ortaokul öğrenimini Güven ortaokulunda, lise öğrenimini Yahya Kemal Beyatlı Lisesi'nde tamamladı. 1992 yılında girdiği Hacettepe Kimya mühendisliği Bölümünden bir yıl hazırlık okuyarak, 1997 yılında mezun oldu. 1998 yılında Kartal Teneke Kutu A.Ş'de laboratuar şefi olarak çalıştı.

2000 Yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümünde Lisansüstü eğitimine başlamış, 2002 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2003 Yılında doktora öğrenimine başlamış ve halen devam etmektedir. 2000 yılından bu yana Kocaeli Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünde Araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

Uluslararası dergilerde yayınlanmış 2 makalesi, ulusal dergilerde yayınlanmış 6 makalesi, 11 kongre bildirisi (4 tanesi uluslararası) bulunmaktadır ve 3 proje çalışmasında görev almıştır. Evli ve bir kız çocuğu annesidir.