



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**%100 PAMUKLU İPLİKLERİN DENİM SEKTÖRÜ
İÇİN KÖPÜK APLİKASYON YÖNTEMİ İLE
RENKLENDİRİLMESİ**

SİDDİK YAVUZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2016

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

%100 PAMUKLU İPLİKLERİN DENİM SEKTÖRÜ
İÇİN KÖPÜK APLİKASYON YÖNTEMİ İLE
RENKLENDİRİLMESİ

SİDDİK YAVUZ

Bu tez,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2016

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Sıddık YAVUZ tarafından hazırlanan “%100 PAMUKLU İPLİKLERİN DENİM SEKTÖRÜ İÇİN KÖPÜK APLİKASYON YÖNTEMİ İLE RENKLENDİRİLMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 31/05/2016 tarihinde oy birliği / oy çokluğu ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Onur BALCI (DANIŞMAN)
Tekstil Müh.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU (2. DANIŞMAN)
Tekstil Müh.
Gaziantep Üniversitesi

Doç. Dr. Yasemin KORKMAZ (ÜYE)
Tekstil Müh.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ (ÜYE)
Tekstil Müh.
Çukurova Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. M.Sabri ERSOY (ÜYE)
Tekstil Müh.
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Sıddık YAVUZ



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**%100 PAMUKLU İPLİKLERİN DENİM SEKTÖRÜ İÇİN KÖPÜK
APPLİKASYON YÖNTEMİ İLE RENKLENDİRİLMESİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

SİDDİK YAVUZ

ÖZET

İndigo boyarmaddesi, insanlığın kullandığı en eski boyarmaddelerden bir tanesidir. 20. Yüzyıl'ın başından sonra, denim kumaşının ve jean pantolonlarının dünya çapında yaygınlaşmıştır. İndigo boyaması tekstilde kullanılan diğer boyamalar ile kıyaslandığında birçok noktada farklılıklar göstermektedir. İndigo taşıdığı farklılık ile canlılığını sürekli koruyan bir boyarmaddedir.

Tez kapsamında köpük aplikasyon yöntemi ile %100 pamuklu ipliklere indigo boyarmadde ile boyama yapmak hedeflenmiştir. Köpük aplikasyonu yapabilmek için bir aparat tasarlanmış ve bu aparatın imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan yeni aparat kullanılarak çözümlü ipliğine köpük uygulama ile indigo boyamalar yapılmıştır. Boyanan bu çözümlü iplikleri kullanılarak denim kumaşları dokunmuş ve bu kumaşlara standart denim terbiye işlemleri uygulanmıştır.

Sonuç olarak köpük aplikasyon yönteminin indigo boyama için uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Köpüklü aplikasyon yöntemi ile indigo boyamanın konvansiyonel yöntemle göre avantajları, yatırım maliyeti ve yerleşim alanının daha az olması, boyama sonu çıkan atıkların çevreye olan etkisinin az oluşu ve daha az iplik telefinin çıkması olarak sıralanabilmektedir.

Anahtar kelimeler : İndigo, denim, indigo boyama,

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Mayıs / 2016

Danışman: Doç. Dr. Onur BALCI

Sayfa sayısı: 97

INDIGO DYEING WITH FOAM APPLICATION SYSTEM TO 100% COTTON YARNS FOR DENİM INDUSTRY

SIDDIK YAVUZ

ABSTRACT

Indigo is one of the oldest dyestuff which had been using by human being. The popularity of indigo and denim have been wellknown globally after the beginning of 20nd. century. Indigo dyestuff is one of the special dyes which has many differences as compare to other textile dyestuffs. It keeps its aliveness with such differences.

The target of this study is to dye 100% cot. warp yarn with foam form indigo dyestuff to make denim fabric . A new applicator has been developed for application of indigo dystuff in foam form. A warp of denim fabric has been dyed with that new foam applicator. Denim fabrics has been weaved from warp which had been dyed with different process of foam dyeing. And these fabrics has been finished in finishing departmed in same conditons.

It has been proved that it is possible to do indigo dyeing in foam form. The advantges of indigo dyeing in foam form as compare to conventional indigo dyeing are to need less installation area and investment cappital, to give less polurty to enviorment and to have less waste of leed line.

Key words: Indigo, denim, indigo dyeing

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering, April / 2016

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Onur BALCI

Page Number: 97

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tez konusunun belirlenmesinde, çalışmanın yürütülmesinde ve çalışmanın sonuçlanmasında gerekli her türlü kolaylığı ve yardımı sağlayan değerli danışman hocam Doç. Dr. Onur BALCI'ya teşekkür ederim.

Denim ile ilgili hayallerime takılan her türlü ham fikri, rahatlıkla kendisi ile paylaşma kapısı açan, fikir ne olursa olsun “denemekte fayda var” diyen ve defalarca karşılaşılan olumsuzluklara karşı hep hayatında örneklerle bize cesaret veren değerli patronum Sayın Bekir Sıtkı KESİM'e teşekkür ederim.

Son olarak beni bu yaşta yüksek lisans yapmaya ikna eden ve sürekli bir hoca gibi beni derslere motive eden eşime teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
RESİM DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. İndigo Boyama ile İlgili Önceki Çalışmalar	4
2.2. Tekstilde Köpük Uygulamaları İlgili Önceki Çalışmalar	6
2.3. Önceki Çalışmaların Teze Katkısı	8
2.4. Tezin Önceki Çalışmalardan Farkları	8
3. İNDİGO BOYARMADDELER VE DENİM KUMAŞ ÜRETİMİ	9
3.1. İndigo Boyarmaddesinin Tarihçesi	9
3.2. İndigo Boyarmaddenin Özellikleri	13
3.3. İndigo Boyarmaddenin Yükseltgenme ve İndirgenme Reaksiyonları	14
3.4. Ticari Olarak Kullanılan İndigo Boyarmaddelerin Formları	14
3.5. İndigo Boyamada Boya Çözeltisinin Makinede Dolaşım Sistemi	15
3.6. Boyama Yöntemine Göre İş Akışları	17
3.7. İndigo Boyama Yöntemleri	19
3.7.1. Halat boyama	19
3.7.2. Açık en (slasher) boyama	20
3.7.3. İlmek (looptex) boyama	21
3.8. İndigo Boyama Yöntemlerinin Kıyaslanması	23
3.9. İndigo Boyamayı Etkileyen Parametreler	25
3.9.1. İndigo çözeltinin pH değeri	25
3.9.2. Redoks potansiyeli (mV) nin etkisi	26
3.9.3. Makinanın çalışma hızı	27
3.9.4. Çözgünün bir tekne içindeki kalış süresi	28
3.9.5. Çözgünün hava ile oksidasyon süresi	28
3.9.6. Makinada bulunan boya tekne sayısı	28
3.9.7. Baskı silindirleri vasıtasıyla uygulanan sıkma basıncı değeri	29
3.9.8. Çözgü ipliğine uygulanan ön işlemin etkisi	29
3.9.9. Çözgü ipliği için kullanılan hammaddenin özellikleri	29
3.9.10. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin numarası	30

3.9.11. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin bükümü.....	30
3.9.12. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin mukavemeti ve elastikiyeti.....	30
4. KÖPÜK APLİKASYON SİSTEMİ	31
4.1. Köpük ile Aplikasyonun Avantajları	32
4.2. Köpük ile Aplikasyon Yöntemleri	33
4.2.1. Bıçaklı sistem ile köpük uygulama	33
4.2.2. Bıçaklı - vakum sistemi ile köpük uygulama	33
4.2.3. Baskı silindirleri sistemi ile köpük uygulama	34
4.2.4. Kapalı ve basınçlı sistem ile köpük uygulama	34
5. MATERYAL VE METOT.....	37
5.1. Çalışmanın Amacı.....	37
5.2. Materyal	37
5.2.1. Modifikasyon için yapılan ön tasarım	37
5.2.2. Modifikasyon için son tasarım.....	40
5.2.3. Çalışmada kullanılan köpük jeneratörü	45
5.2.4. Çalışmada kullanılan azot gazı	46
5.2.5. Çalışmada kullanılan iplik	47
5.2.6. Çalışmada kullanılan kimyasallar ve boyarmaddeler	49
5.3. Metot.....	49
5.3.1. Çalışmada uygulanan boyama prosesleri.....	49
5.3.2. Çalışmada uygulanan boyama reçeteleri	53
5.3.3. Çalışma sonu elde edilen çözgü ipliği ile dokunan kumaşlar	54
5.3.4. Çalışmada üretilen kumaşların terbiye işlemleri	55
5.3.4.1. Yakma	55
5.3.4.2. Kısmi Merserize (Flat Finish)	55
5.3.4.3. Apre + Fikse	55
5.3.4.4. Sanfor	55
5.4. Araştırma Yöntemleri	55
5.4.1. Kumaşlara uygulanan temel testler.....	55
5.4.1.1. Gramaj testi	57
5.4.1.2. Elastikiyet ve potluk testi	57
5.4.1.3. Kopma mukavemeti testi.....	58
5.4.1.4. Yırtılma mukavemeti testi	59
5.4.1.5. Sertlik (stifness) testi	59
5.4.1.6. Sürtünmeye karşı renk haslığı testi	60
5.4.1.7. Renk ölçüm testi.....	60
5.4.1.8. Paça dikimi ve yıkaması.....	61
6. BULGULAR	65
6.1. Renk Ölçümü Testi Sonuçları	65
6.1.1. Kumaşların L* değerleri.....	65
6.1.1.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme	65
6.1.1.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirme ...	66
6.1.1.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirme.....	66

6.1.1.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirme	66
6.1.1.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme.....	67
6.1.1.6. İndigo boyama sonrası yıkama değişkenine göre değerlendirme	67
6.1.1.7. Uygulan köpüğün yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme.....	67
6.1.2. Kumaşların a* değerleri	68
6.1.2.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme	68
6.1.2.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirme ...	68
6.1.2.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirme.....	69
6.1.2.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirme.....	69
6.1.2.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme.....	69
6.1.2.6. İndigo boyama sonrası yıkama değişkenine göre değerlendirme	70
6.1.2.7. Uygulanan köpüğün yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme	70
6.1.3. Kumaşların b* değerleri	70
6.1.4. Kumaşların ΔE^* (toplam renk farkı) değerleri.....	71
6.2. Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı (Kuru ve Yaş) Testi Sonuçları	74
6.2.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme	74
6.2.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirilme.....	75
6.2.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirilme.....	75
6.2.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirilme	75
6.2.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme.....	75
6.2.6. İndigo boyama sonrası uygulanan yıkama değişkenine göre değerlendirme	76
6.2.7. Uygulanan köpük yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme	76
6.3. Gramaj Testi Sonuçları	76
6.4. Elastikiyet ve Potluk Test Sonuçları	77
6.5. Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları	78
6.7. Sertlik (Stiffness) Test Sonuçları	81
6.8. Garment Yıkama Sonuçları	82
6.9. Maliyet Analizi	87
6.9.1. Enerji.....	87
6.12.2. İşçilik	88
6.12.3. Boya ve kimyasal.....	88
6.12.4. Randıman	88
6.12.5. Atık üretimi.....	89
7. SONUÇLAR	90
7.1. Nötr veya olumlu sonuçlar.....	91
7.2. Geliştirmeye açık sonuçlar.....	92
8. KAYNAKLAR.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1 İndigo bitkisinden boyarmaddenin reaksiyonları.....	12
Şekil 3.2 İndigo boyarmaddenin redoks tepkimesi	13
Şekil 3.3. İndigo boyamanın dolaşım sistemi.....	16
Şekil 3.4. İndigo boyama yöntemlerinin prosesleri.....	18
Şekil 3.5 Halat boya üretim prosesleri	20
Şekil 3.6. Slasher boya üretim prosesleri	21
Şekil 3.7. Loopteks boyama üretim prosesleri	22
Şekil 3.8. Loopteks azot reaktörü	23
Şekil 3.9. Boya çözeltisinin pH ile iyonize olan selüloz ilişkisi	26
Şekil 3.10. Tekne içi pH ile iplik kesitinin boya alması	26
Şekil 3.11. Sodyumhidroksitin redoks potansiyeline etkisi	27
Şekil 3.12. İndigo konsantrasyonunun redoks potansiyeline etkisi	27
Şekil 3.13. Boya dalış süresi ve dalış adeti arasındaki ilişki	28
Şekil 3.14. Toplam dalış süresi ile dalış adeti arasındaki ilişki	29
Şekil 4.1. Renksiz köpük	31
Şekil 4.2. Köpük oluşum çizelgesi	32
Şekil 4.3. Köpük jeneratörü	32
Şekil 4.4. Bıçaklı köpük kaplama	33
Şekil 4.5. Bıçaklı-vakumlu köpük uygulaması	34
Şekil 4.6. Silindir üstü köpük kaplaması	34
Şekil 4.7. Kapalı-basınçlı köpük uygulaması	35
Şekil 4.8. Kapalı- basınçlı tek yön köpük uygulaması	35
Şekil 4.9. Kapalı-basınçlı çift yön köpük uygulaması.....	36

Şekil 5.1. Aparat içi köpük besleme sisteminin görünüşü.....	38
Şekil 5.2. Yeni yapılan aparatın üstten görünüşü	39
Şekil 5.3. Yeni yapılan aparatın önden görünüşü	39
Şekil 5.4. Yeni yapılan aparatın arka yüzeyden görünüşü	40
Şekil 5.5. Yeni yapılan aparatın yandan görünüşü	40
Şekil 5.6. Köpük aparatının karşılıklı besleme sistemi	41
Şekil 5.7. Besleme başlıklarına takılan vanalar	42
Şekil 5.8. Köpük aparatının içine beslenen azot gazı bağlantısı	42
Şekil 5.9. Baskı silindirlerinin yan yüzey korumaları – 1	43
Şekil 5.10. Baskı Silindirlerinin yan yüzey korumaları-2	43
Şekil 5.11. Köpük aparatının giriş noktasındaki silindirler	43
Şekil 5.12. Köpük aparatının tekne üstü yerleşimin yandan görünüşü	44
Şekil 5.13. Köpük aparatının tekne üstü yerleşiminin önden görünüşü	45
Şekil 5.14. Çalışmada kullanılan köpük jeneratörü	46
Şekil 5.15. Köpük aparatına beslenen indirgenmiş köpük	46
Şekil 5.16. Çalışmada kullanılan azot tüpü	47
Şekil 6.1. Mamul kumaşların L^* değerleri	65
Şekil 6.2. Mamul kumaşların a^* değeri.....	68
Şekil 6.3. Kumaşların (b^*) değerleri	71
Şekil 6.4. Kumaşların (ΔE) değerleri	72
Şekil 6.5. Mamul ve yıkanmış ağırlıklar	76
Şekil 6.6. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası elastikiyetleri.....	78
Şekil 6.7. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası potluk değerleri.....	78
Şekil 6.8. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası çözümlü kopma mukavemetleri.....	79
Şekil 6.9. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası atkı kopma mukavemetleri	79
Şekil 6.10. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası çözümlü yırtılma mukavemetleri	80

Sayfa No

Şekil 6.11. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası atkı yırtılma mukavemetleri..... 80

Şekil 6.12. Numune kumaşların sertlik değerleri 81

Şekil 6.13. Rinse, enzim ve ağartma yıkama olmuş paça numunelerinin fotoğrafları 84



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. İndigo boyama yöntemlerinin kıyaslanması.....	25
Çizelge 5.1. Kullanılan ipliğin test verileri	48
Çizelge 5.2. Kullanılan kimyasallar ve boyarmaddeler.....	49
Çizelge 5.3. Boyama için uygulanan prosesler	51
Çizelge 5.4. Makine üstü geçişler.....	52
Çizelge 5.5. İndigo boyama reçetesi.....	53
Çizelge 5.6. Kükürt boyama reçetesi.....	53
Çizelge 5.7. Ön işlem uygulanan reçete	54
Çizelge 5.8. Nötralizasyon reçetesi	54
Çizelge 5.9. Dokuma konstrüksiyon bilgileri.....	54
Çizelge 5.10. Uygulan testlerin standartları	56
Çizelge 5.11. Rinse yıkama reçetesi.....	62
Çizelge 5.12. Enzim yıkama reçetesi	63
Çizelge 5.13. Ağartma	64
Çizelge 6.1. Kumaşların sürtünmeye karşı renk haslık değerleri.....	74
Çizelge 6.2. Maliyet analiz verileri	87

RESİM DİZİNİ

Sayfa No

Resim 3.1. İndigofera bitkisi	10
Resim 3.2. İndigofera bitkisi ve hasat işlemleri	11
Resim 3.3. İndigofera bitkisinden elde edilen ara ürünler	12
Resim 3.4. İndigo boyarmaddesinin görünüşü.	15
Resim 5.1. Kumaş kesme aparatı	57
Resim 5.2. Tartım için kullanılan hassas terazi	57
Resim 5.3. Elastikiyet kontrol aparatı	58
Resim 5.4. Titan cihazı	58
Resim 5.5. Yırtılma test cihazı	59
Resim 5.6. Potluk test cihazı	59
Resim 5.7. Sürtünmeye karşı renk kontrol cihazı	60
Resim 5.8. Renk kontrol cihazı	60
Resim 5.9. Kesim masası ve kesim aparatı	61
Resim 5.10. Dikim atölyesi	61
Resim 6.1. Kumaşların görsel değerlendirmesi	73

1. GİRİŞ

İndigo, bulunduğu coğrafyaya göre değişik türleri ve adları olan, ancak yaygın olarak “indigofera” olarak adlandırılan bir bitkinin özünden elde edilmiştir. Bu boyamanın geçmişi çok eskilere dayanmaktadır. Değişik kaynaklarda yapılan arkeolojik kazılarda M.Ö. 4000 yıllarında kullanıldığı varsayılmaktadır. İndigo bitkisinden elde edilen öz, canlı mavi renk tonları elde etmek için kullanılmıştır (Satoshi, 2015).

Doğal yöntemler ile indigo kullanımı 19 y.y.’ın sonlarına kadar dünyanın birçok bölgesinde mavi renk ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaya devam edilmiştir. Sanayi devriminin yaratmış olduğu ortamda indigo boyarmaddesinin sentetik olarak elde etmek için de çalışmalar hız kazanmış ve 19 y.y.’ın sonunda indigo boyarmaddesinin sentetik üretimi keşfedilmiştir (Roessler, 2003).

Sentetik indigo boyarmaddesinin ticarileşmesi ile birlikte ülkemizde “kot kumaşı / kot pantolonu” olarak adlandırılan ancak uluslararası literatürde “denim kumaşı/jean pantolon” olarak bilinen kumaşın ve bu kumaşa yapılan giysinin yaygınlaşmasına zemin oluşturmuştur.

Denim kumaşı, yaşlandıkça gençleşen, ya da yaşlandıkça yaygınlaşan nadir kumaşlardan bir tanesidir. Günümüzde denim kumaşı ile jean pantolon bir birini tamamlayıcı konumda olsalar da aslında geçmişte durum farklıdır. Denim ismi hakkında birçok teori olmasına karşın en yaygın ve kabul edilene şudur; Fransa’nın Nimes kentinde yün veya ipekte üretilen ve “Serge de Nimes” yani Nimes’in Serge kumaşı olarak adlandırıldığı bilinmektedir. Fransızcadan İngilizceye geçişte “denim” olarak değişikliğe uğradığı varsayılmaktadır. Jean için ise yine öne çıkan varsayım şudur; İtalya’nın Genevo kentinde pamuk veya keten ve yün karışımlarında elde edilen bir tür kumaşa verilen isimdir. Özetle hem denim hem de Jean aslında iki farklı ülkede üretilmekte olan ve birbirlerine çok benzeyen iki kumaşa verilen adlardır. Tek farkları denim de kullanılan iki iplikten (çözü-atk) biri renkli iken diğeri renksizdir, ancak jeans te kullanılan her iki iplik de renklidir. Muhtemelen her iki kumaşın kullanımlarının giderek yaygınlaşması, benzerliklerinin artması ve ortaya çıkan giyim markaların “jeans” kelimesini marka adlarının yanına ekleyerek kullanmaları ile birlikte jeans pantolon olarak anlam bulmuş ve denim ise kumaş adı olarak kalmıştır.

Denim kumaşının tarihi çok eskidir ancak, bu kumaşı Amerika kıtasında madenlerde çalışan işçilerin kullanmakta olduğu bir iş giysisinden çıkartıp bugün dünyanın dört bir yanında her sınıfta insanın giyebildiği bir giysi haline getiren, hiç şüphesiz “Levi” in kurucusu olan Levi Strauss dur.

18. y.y.’ın ortalarında Amerika kıtasına altın arama veya orda çalışma amacıyla Avrupa dan Amerika ya olan göç sırasında Almanya dan Amerika ya göç eden bir aileden olan Levi Strauss madenciler için dayanıklılığı ile ön plana çıkan pantolonlar yapmaya başlamıştır. Strauss’un madenciler için yapmış olduğu bu pantolon zamanla kovboylar için de kullanılmaya başlamıştır. 2. Dünya savaşı ile birlikte Amerika ordusunda üniforma olarak kullanılan denim savaş sonrasında başta Amerika olmak üzere dünyanın bir çok yerinde kullanılmaya başlanılmıştır.

İndigo, denim kumaşın çözücüsünü boyamak amacı ile kullanılmakta olan bir boyarmaddedir. İndigo boyarmaddenin sentetik olarak üretimi denim kumaş üretiminin yaygınlaşması üzerinde oldukça etkisi vardır. Tarihte indigo boyama çile haline getirilen ipliklerin kazanlarda hazırlanan boyarmaddenin içine daldırılıp çıkartılmasıyla yapılmıştır. 20. y.y.’ın başından itibaren makinalar devreye girmiş ve boyama işlemi makinalarda yapılmaya başlamıştır.

İndigo boyama için günümüzde üç farklı yöntem mevcuttur. Bunlar;

- Halat Boyama
- Açık En Boyama
- İlmek (Looptex) Boyama

Günümüzde indigo boyama alanında özelde 1980 yılında Looptex firması tarafında geliştirilen ilmek indigo boyama makinasından sonra hissedilir bir değişim olmamıştır. Belki de bu dönemde bilgisayar ve yazılımın önde olması sebebiyle değişim kendini ancak otomasyonlarda göstermiştir. Boyama yöntemleri aynı kalmasına rağmen makine ve reçete verilerini takip ve kontrol etmede otomasyonlar vasıtasıyla göz ardı olabilecek herhangi bir nokta artık kalmamıştır (Mercer, 2010).

İndigo boyama yöntemleri kıyaslandığında birbirlerine göre avantajları ve negatif yönleri mevcuttur. Bu çalışmada asıl amaç, var olan bu boyama yöntemlerine yeni bir indigo boyama yöntemi eklemektir. Özellikle son yıllarda tekstilde kullanımı gittikçe artan ve daha ekonomik olan köpüklü aplikasyon yöntemi ile hem yatırım maliyetleri hem de üretim maliyetleri ve verimliliği daha uygun olan yeni bir kapı aralanacağı öngörülmüştür.

Bu çalışma kapsamında köpüklü sistem ile indigo boyama yapabilmek için yeni bir aparat tasarlanmış ve bu aparatın üretimi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen yeni aparat, yatay konumlandırılmış olan baskı silindirlerinin üzerine yerleştirilmiştir. Köpük ve azot besleme sistemleri bu aparata eklenerek sistem çalışır duruma getirilmiştir.

Bu çalışmada boyama öncesi uygulanan ön işlem, indigo makinasının çalışma hızı, boyamanın yapıldığı ortam, indigo boyarmaddesinin konsantrasyonu, baskı silindirlerine uygulanan basınç, indigo boyama sonrası yapılan yıkama ve kullanılan köpüğün yoğunluğu parametreleri değişken kabul edilerek köpüklü sistem ile indigo boyama uygulamaları yapılmıştır. Boyanan çözgü iplikleri ile dokunan denim kumaşlar terbiye işleminden geçirilmiştir. Köpüklü sistem ile boyanan bu kumaşların renk ölçümleri, sürtünmeye karşı renk haslıkları ve diğer fiziksel testler yaptırılarak konvansiyonel boyama ile kıyaslanmıştır.

Köpüklü sistem ile indigo boyama yönteminin çözgü ipliklerine uygulanabilirliği, bu çalışmada kanıtlanmıştır. Söz konusu yeni yöntemin sağlayacağı avantajlar belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Köpüklü aplikasyon sistemi ile indigo boyama yöntemi hakkında daha önce yapılan çalışmaların olmayışı veya az olması sebebiyle iki başlık altında araştırma ihtiyacı doğmuştur.

2.1. İndigo Boyama ile İlgili Önceki Çalışmalar

İndigo boyama ve indigo boyama yöntemleri incelendiğinde aşağıdaki çalışmalara ulaşılmıştır.

Etters J.N (1995), çalışmasında boya teknesinde bulunan indigo çözeltisinin pH değerinin, renk koyuluğuna, indigo boyanın ipliğin merkezine geçiş oranına, iplik içine nüfuz eden indigo miktarına, tekne içindeki indigo konsantrasyonuna ve son olarak jean giysi yıkamasına olan etkisini incelemiştir. Tekne içi pH değerinin stabil olmasının indigo boyama kalitesine, denim yıkama verimliliğine ve çevreye olan zararlı etkilere de değinmiştir (Etters, 1995).

Koç ve Ayyıldız (2005), çalışmalarında denim kumaşı hakkında genel değerlendirmeler yapmışlardır. Denim kumaş üretim yöntemlerini ve her yönteme ait iş akışlarını incelemişlerdir. Türkiye ve küresel bazda denim kumaşına ve bu kumaşlar ile üretilen giysilere ait ithalat ve ihracat verilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak ABD ve Avrupa ülkelerinin denim pazarında yönlendirici konumda olduğu ve Türkiye'nin denim ithalatının ihracattan %67 daha fazla olduğu belirtilmiştir (Koç, Ayyıldız, 2005).

Vuorema A. (2008), çalışmasında indigo boyamanın indirgenme yöntemlerini ve elde edilen boyarmaddenin analiz şekillerini incelemiştir. Biyolojik, kimyasal ve glikoz ile indirgenmeleri hem sentetik indigo kullanarak hem de doğal indigo bitkisinden elde edilen doğal indigoyu kullanarak araştırmıştır. Doğal indigonun saflığını ölçme ile ilgili çalışmalar da yapmıştır. Doğal indigo kullanılan çalışmalarda saflıktan dolayı konvansiyonel yöntemler ile yapılan ölçümlerde istenilen sonuç alınamadığı için çalışma kapsamında iki yeni yöntem geliştirilmiştir (Vuorema, 2008).

Guebitz G.M (2010), çalışmasında enzim ile indigoyu indirgemeyi incelemiştir. Bununla birlikte Naylon 6,6 ile Naylon 6 elyafından yapılan ipliklere hem kimyasal yöntem ile indirgenmiş olan indigoyu hem de enzimatik yöntem indirgenmiş olan indigoyu değişik proses parametrelerinde uygulayarak renk değerlerini incelemiştir. Enzimatik

yöntem ile indirgenen indigonun pH 11 de ve 90 dk. uygulanması oldukça olumlu sonuç vermiştir (Guebitz, 2010).

Imtiazuddin ve Tiki (2010), çalışmalarında indigo boyama yöntemlerinden biri olan halat boyama yönteminin proses aşamalarını ve proses parametrelerini incelemiştir. Halat boyama makinasında kükürt boyama yapılışını ve bu boyama için de prosesleri ve proses parametrelerini incelemiştir. Halat boyamanın renk verimlilik açısından diğer boyama yöntemlerine göre daha iyi olduğunu belirtmiştir. (Imtiazuddin S.M, Tiki M.S, 2010).

Erkan ve arkadaşları (2010), çalışmalarında denim kumaşların kök boya ile boyanmasını incelemiştir. Bu amaçla boyamaya hazır ve indigo ile boyanmış iki farklı kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar iki farklı konsantrasyonda boyamaya tabi tutulmuş, altı farklı tipte metal tuzu kullanılmış ve iki farklı konsantrasyonda mordanlama yapılmıştır. Elde edilen numunlerin renk ölçümleri ve haslık değerleri ölçülmüştür. En düşük L* değeri her iki kumaşta demir ile yapılan mordanlama sonucu elde edildiği görülmüştür. Ayrıca kuru sürtme haslıklarının da iyileştiği görülmüştür (Erkan G., 2010).

Kan ve Wong, (2010), çalışmalarında serbest tansiyonda ring ipliği ile üretilen denim kumaşların renk özelliklerini incelemiştir. Serbest tork ring iplikçiliği, daha düşük iplik ile üretim yapılabilen yeni bir yöntemdir. Çözücü olarak kullanılan bu iplik, indigo ile boyanmış ve atkı olarak ise konvansiyonel ring ipliği kullanılmıştır. Bununla birlikte çözgü ve atkısı konvansiyonel olan ikinci bir çalışma yapılmış ve her iki kumaş aynı şartlarda indigo ile boyanmış ve aynı konstrüksiyonda dokunmuş ve aynı terbiye işlemlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen kumaşların gramaj ve renk değişimleri incelenmiştir. Gramaj değişimleri incelendiğinde her iki kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir, ancak renk ölçümleri incelendiğinde konvansiyonel iplik ile yapılan numunelere göre serbest tork ile yapılan numunenin renginin daha koyu olduğu görülmüştür (Kan ve Wong, 2010).

Ben ve arkadaşları (2013), çalışmalarında indigoyu indirgemek için kullanılan sodyum dityonit yerine organik bir madde olan asetol kullanarak indirgemeyi incelemiştir. Asetol kullanıldığında oksidasyon sonrasında oluşan yapılar çevreye zarar vermediğini belirtmiştir (Ben Ticha, 2013).

Roessler A. (2013), çalışmasında küp boyarmaddelerinin elektrokimyasal yöntem ile indirgenmelerini incelemiştir. Elektrokimyasal ile indirgenmenin diğer yöntemler ile

kıyaslamasını bir çok parametreyi göz önüne alarak deneyler yapmıştır. Bu yöntem ile indirgenme yöntemlerini uygulama olarak yeni yöntem eklemiştir ve bu yeni yöntemin diğer yöntemlere göre çevreye daha fazla duyarlı olduğunu ve maliyetinin çok daha ucuz olduğunu ispatlamıştır (Roessler, 2013).

Rich J. (2013), çalışmasında dünyanın değişik coğrafyalarında bulunan indigo bitkilerini incelemiştir. Bu bitkilerin nasıl yetiştirildiğini, hasat edildiğini, hangi işlemlere tabi tutulduklarını ve nerede kullanıldıklarını araştırmıştır. Doğal indigo indirgenme yöntemleri ve reçete hazırlamaları hakkında bilgi vermiştir (Rich, 2013).

Toksöz ve Mezarcıöz (2013), çalışmalarında denim kumaşının tarihi hakkında kısmi bilgilendirme yapmış ve 1970'lerden sonra kullanılmaya başlanılan yıkama işlemlerini incelemiştir. Ayrıca değişik konstrüksiyonlarda denim kumaşları ile dikilmiş Jean pantolonlara rinse, enzim ve ağartma yıkamalar yaparak bu pantolonların yıkamalara ve konstrüksiyonlara bağlı olarak boyutsal değişimleri incelenmiştir. Boyutsal değişimin kumaşların konstrüksiyonlarına ve yıkama reçetelerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca yıkama işlemlerindeki kimyasal ve fiziksel etkilerden dolayı kumaşların mukavemet değerlerinin değiştiği, yapılan testlerde ortaya çıkmıştır (Toksöz ve Mezarcıöz, 2013).

Büyükakıncı ve arkadaşları (2013), çalışmalarında reçine olarak kullanılan kimyasallar hakkında bilgi vermiş ve denim kumaşa olan etkilerini incelemiştir. Ayrıca denim kumaşlardan üretilen Jean pantolonlara reçine kullanılarak üç boyutlu görünüm elde etmek için çalışmalar yapmış ve bu çalışma sonu çıkan verileri incelemiştir (Büyükakıncı ve arkadaşları, 2013).

Uddin M.G (2014), çalışmasında indigo boyamada ring boyama (boyanın ipliğin içine çok girmeden ipliğin yüzeyinde durması) olarak adlandırılan yöntemi incelemiştir. Bu yöntem efekt elde etmek için uygulanması gereken proses parametrelerini ve ayrıca bu tür uygulama sonucu elde edilen denim kumaşının renk değerlendirmesi ile denim yıkamaya olan etkileri açıklanmıştır. Ring boyama ile taş yıkama sürelerinin kısılacağı kanıtlanmıştır (Uddin, 2014).

2.2. Tekstilde Köpük Uygulamaları İlgili Önceki Çalışmalar

Tekstilde köpük ile aplikasyon yöntemleri ve indigo boyamanın köpük ile aplikasyonu incelendiğinde aşağıdaki çalışmalara ulaşılmıştır.

Dystar C. (2009), çalışmasında çözgü ipliklerinin indirgenmiş köpük formdaki İndigo ile boyamasını incelemiştir. Çalışma, Avrupa patent Ofisine 2009 da sunulmuş ve 2010 yılında patentlenmiştir. Patent çalışması olduğu için çalışmanın içeriği hakkında yeterli detay yok sadece sözlü anlatım mevcuttur. Patentin uluslararası yayın numarası, WO 2010/000551 (07.01.2010 Gazette 2010/01) dir (Dystar, 2009).

Gaston S. (2012), çalışmasında açık en formundaki çözgüye kapalı köpük aplikasyon yöntemi ile indigo boyamayı incelemiştir. Kapalı köpük aplikasyon sisteminde tekil olarak bilinen bu firma yaptığı çalışmayı Amerika Patent Ofisine sunmuştur. Bu çalışma 2013 yılı içinde 20130283545 başvuru numarası ile patentlenmiştir. Çalışmanın içeriği ile ilgili detay bulunmamaktadır (Gaston, 2012).

Kapar B. ve Güneşoğlu C. (2013), çalışmalarında emdirme ve kimyasal köpük sistemi ile farklı pH değerlerinde buruşmazlık işlemini incelemiştir. Üç farklı pH değerinde (pH=2, pH=4.5 ve pH= 11) denemeler yapılmıştır. Fular ile aplikasyonda pH değerini etkinliğinin fazla olduğu ve pH değeri yükseldikçe kopma ve yırtılma mukavemetlerinin arttığı görülmüştür. Köpük aplikasyon sistemi ile yapılan çalışmalarda pH ın etkinliği fular a göre çok daha az olduğu görülmüştür. Buruşmazlık testine bakıldığında pH=2 değerinde hem fular ile uygulamada hem de köpük ile uygulamada değerlerin iyi ve birbirine yakın olduğu görülmüştür. Kumaşa verdikleri efekt ve maliyet olarak bakıldığında, köpük ile aplikasyonun daha avantajlı olduğu saptanmıştır (Kapar, Güneşoğlu, 2013).

Song ve arkadaşları (2013) çalışmalarında tekstil terbiyesinde köpük ve köpük aplikasyonun performansını incelemiştir. Köpük aplikasyon sisteminin verdiği efekti, maliyet ve çevresel etkileri fular aplikasyon sistemi ile kıyaslamışlardır. Özellikle fular aplikasyon yönteminde kumaşların üzerlerine aldığı sıvının yüksek olması ve bu sıvıyı buharlaştırmak için harcanan enerji maliyetlerinin fazla oluşu ve köpüklü aplikasyonda ise kumaşların üzerlerine aldığı sıvı oranının çok daha az olması ve dolayısıyla buharlaştırma işlemi için harcanan enerji maliyetlerini doğrudan etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca köpük aplikasyon sistemi ile dokuma, örgü ve nonwoven kumaşların apre uygulamalarında ve özel terbiye (kir- yağ itici, su itici, buruşmazlık ve yanmazlık ..vb) uygulamalarında kullanılabildiği ve etkili sonuç alındığı belirtilmektedir (Song, 2013).

2.3 . Önceki Çalışmaların Teze Katkısı

Tez kapsamında önceki çalışmaların, deneysel çalışmaların başlangıç aşamasında birçok katkısı olmuştur. İndigo boyarmaddesinin tarihi geçmişi hakkında ve doğada nasıl elde edildiği konusunda bilgi edinilmiştir.

Sentetik indigonun indirgenme yönteminin birden fazla olduğu ve özellikle elektrokimyasal yöntem ile indirgenmenin avantajları konusunda detaylı bilgi elde edilmiştir.

Köpük ile aplikasyon yönteminin fular ile aplikasyona göre avantajları hakkında yeterli bilgiye ulaşılmıştır. Özellikle aynı terbiye işleminin, hem fular hem de köpük aplikasyon ile yapılması sonucu çıkan ürünler arasında benzer özelliklere ulaşılabileceği görülmüştür.

Son olarak köpük aplikasyon sistemi ile indigo boyama yapma fikrinin daha önce ortaya atıldığı ve bu konuda Amerika ve Avrupa da patent başvurularının yapıldığı ve patent alındığı görülmüştür.

2.4 . Tezin önceki çalışmalardan farkları

Hazırlanan tez çalışmasında, literatür örneklerinden farklı olarak, köpük uygulamasının açık en çözümlü boyamada kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma ile ilk defa köpük aplikasyon sistemi slasher boyama makinesinde adapte edilmiş ve boyama denemeleri yapılmıştır. Ayrıca bu şekilde boyanan bir iplikten kumaş dokuması ve efektlendirme denemeleri de literatür için ilk olmuştur.

3. İNDİGO BOYARMADDELER VE DENİM KUMAŞ ÜRETİMİ

İndigo selüloz elyafını boyayabilen boyarmaddeler, reaktif, küp, direk, indigo ve kükürt boyarmaddeler olarak bilinmektedir. İndigo selüloz elyafını boyayabilen küp boyarmaddeler sınıfında bulunmakta olan ve insanlık tarihinin belki de en eski bilinen boyarmaddesidir (Roessler, 2003).

Küp boyarmaddelerin özelliklerini kısaca aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

- Suda çözünmezler.
- Boyama için direk kullanılamazlar, dolayısıyla elyafa afiniteleri yoktur.
- Suda çözülebilmesi ve elyafa bağlanabilmeleri için ek kimyasallar ile reaksiyona girerek indirgenmesi gerekir.
- Elyafa nüfuz eden boyarmaddenin fikse olabilmesi için boyarmaddenin hava veya ek kimyasallar ile reaksiyona girip yükseltgenmesi gerekir.
- Fiyatları, indigo hariç pahalıdır.
- Uygulama şartları zordur.
- Renk yelpazesi sınırlıdır
- Selüloz bazlı elyafa uygulanırlar,
- İndigo hariç yaş haslıkları ve ışık haslıkları çok iyidir. İndigonun yaş haslıkları ve ışık haslıkları düşüktür (Orta, 2015).

3.1. İndigo Boyarmaddesinin Tarihçesi

“İndigofera tincture” olarak bilinen Resim 3.1’de gösterilen indigo bitkisinin M.Ö 10.000 ile 30.000 yıllarında mağaralarda renklendirme amacıyla kullanıldığı tahmin edilmektedir. Hindistan kıtasında ise M.Ö 4000 yıllarında bu bitkiden elde edilen öz ile giysilerin boyandığı bilinmektedir (Roessler, 2003). Yetiştirme merkezi başta Hindistan olmak üzere Çin ve Japonya’da da yetiştirilmekte olan indigo bitkisi orta çağda Ortadoğu ve Akdeniz ülkelerinde de yetiştirilmeye başlanılmıştır. Sonraki dönemlerde ise Avrupa kıtasında da yetiştirildiği bilinmektedir (Vuorema, 2008). Aynı amaç (mavi renk elde etmek) için kullanılan bitkiler bulunduğu coğrafyaya bağlı olarak değişik isimlerle anılmaktadır (Rich, 2013).

İndigo bitkisinin yapraklarından elde edilen öz, pamuktan yapılmış değişik malzemelerin cezbedici mavi tonlarda boyanması amacı ile kullanılmıştır. M.S 18 yy'ın sonlarına kadar bu bitki yaprağında edilen öz indigo boyarmaddenin doğal kaynağını oluşturmuştur.

1865 ten itibaren Alman, Johann Friedrich Wilhelm Adolf Won Bayer indigo ile ilgilenmeye başlamış ve 1880 de ise ilk sentetik İndigo boyarmaddesi geliştirilmiştir. Yaklaşık 3 yıl sonra buluşunun kimyasal yapısını yayınlamıştır. 1897 de BASF tarafında sentetik indigo üretilmeye başlamış ve 1913'te neredeyse doğal indigonun yerini tamamen sentetik indigo almıştır (Vuorema, 2008). Bu buluş, denim (kot) kumaşının üretimini ya da pazarda yer edinmesini çok hızlı bir şekilde tetiklemiştir.



Resim 3.1. İndigofera bitkisi (Jeans, 2015)

İndigofera bitkisinin yeşil olan yapraklarından mavi bir renk elde edilmesi şu şekilde açıklanmaktadır;

İndigofera bitkisinin yaprakları çiçek açma zamanında toprağa yakın yerlerden başlanarak kesilip toplatılmaktadır. Demetler halinde toplatılan bu yapraklar özel havuzda suya bırakılıp fermente olması için beklemeye bırakılmaktadır. İndigo bitkisinin hasat dönemi ve hasat sonrasındaki formları Resim 3.2'de gösterilmiştir. (Satoshi, 2015).



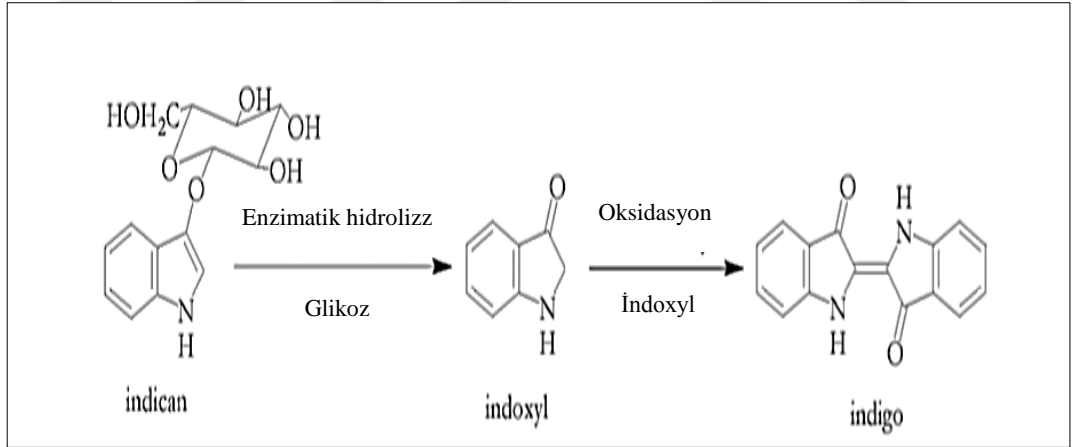
Resim 3.2. İndigofera bitkisi ve hasat işlemleri (Chettiar, 2015)

Fermantasyon ilerledikçe saman renginde bir sıvı meydana gelmektedir. Bu sıvı daha alçak düzeyde bulunan bir havuza aktarılmaktadır. (Yeni havuza aktarılan sıvı, elemanlar tarafında sürekli çalkalanarak okside olması ya da suda çözünmez forma geçmesi sağlanmaktadır). Bu işlem sırasında sıvının rengi saman renginden soluk yeşile doğru değişim göstermektedir. Renk değişimi ile birlikte indigo pulcukları oluşmakta ve oluşan bu pulcuklar zemine çökmektedir. Çöken boya pulcukları süzülüp alınmaktadır. Elde edilen bu hamursu madde, saflaştırmak için yıkama işlemine tabi tutulmakta ve kullanım sırasında bu öz kaynatılarak kullanılmaktadır. Resim 3.3'de bu aşamalar gösterilmiştir (Satoshi, 2015).



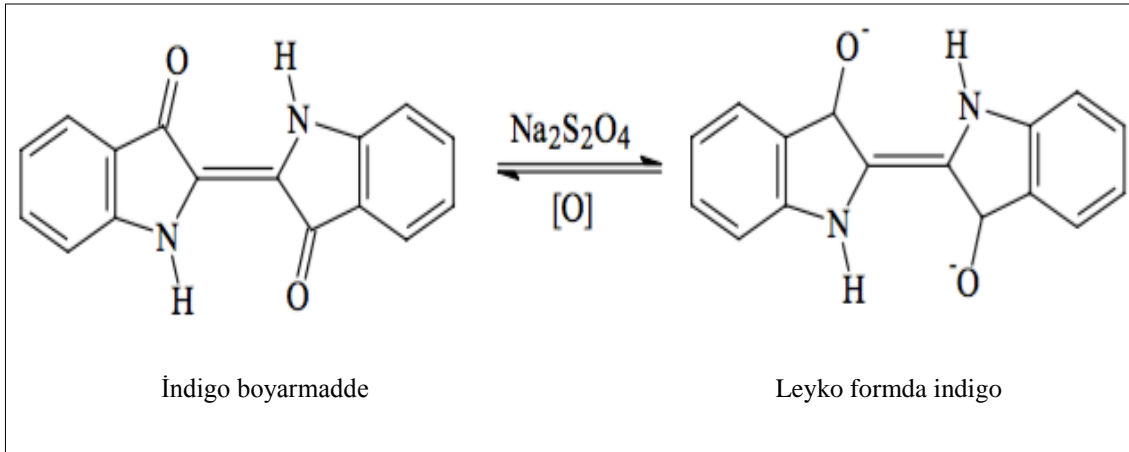
Resim 3.3. İndigofera bitkisinden elde edilen ara ürünler (Chettiar, 2015)

Kimyasal olarak bu bitkinin yapraklarında bulunan “indican” (indoxyl in glikosit) renksiz ve stabil bir maddedir. Taze yapraklar ezildiğinde yaprak içinde bulunan enzim (glikozit) etkisiyle indican hidrolize olmakta ve Şekil 3.1’de görüldüğü gibi indoxyl formuna dönmektedir. Daha sonra havadaki oksijen ile temasında indoksil , indigotin formuna dönmektedir(Satoshi 2015).



Şekil 3.1 İndigo bitkisinden boyarmaddenin reaksiyonları (Roessler, 2003)

İndigotin bu halde boyama amaçlı hala kullanılamaz. Çünkü suda çözünebilen bir formda değildir. Hamur şeklinde olan bu yapının elyafa nüfuz edebilmesi için öncelikle suda çözünebilen bir forma getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 3.2’de görüldüğü gibi fermantasyon ile indigotin indirgenerek suda çözülebilen forma getirilmiş ve bu aşamadan sonra boyamaya hazır hale gelmiştir (Satoshi, 2015).



Şekil 3.2 İndigo boyarmaddenin redoks tepkimesi (Solomons, 1988)

Tarihten beri indigo boyamalar bu yöntemle yapılmıştır. İndirgenme işlemi fermantasyon ile yapılmıştır. Zaman alan bir işlem olsa da maliyet olarak en ucuz yöntem olduğu için bu tercih edilmiştir (Rich, 2013).

3.2. İndigo Boyarmaddenin Özellikleri

Küp (Vat) boyarmadde sınıfında olan indigo, suda çözülmeyen ve elyafa afinitesi olmayan bir boyarmadde. Bu sebeplerden dolayı da kumaş yüzeyinde renk haslıkları düşük olmakta ve sürekli doğal etkilerden dolayı değişim göstermektedir (Roessler, 2003).

İndigo boyarmaddenin elyafa nüfuzu için bu boyarmadde alkali ortamda ve indirgeyici madde ile indirgenmesi gerekmektedir. İndirgenmiş boyarmadde bile 100% oranında elyafa nüfuz etme kabiliyetinde değildir. Hiçbir zaman indigo boyanan ipliğin merkezine boya almaz. Boyanmış bir iplik kesildiğinde veya büküm tersi yönde açıldığında boya almayan merkez rahatlıkla görünür. İpliğin merkezine doğru boyarmaddenin ulaşamamasının ana sebebi boyarmadde molekül yapısının çok büyük olmasıdır (Orta, 2015).

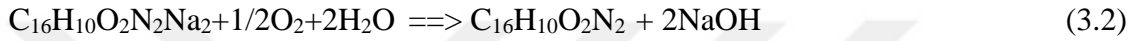
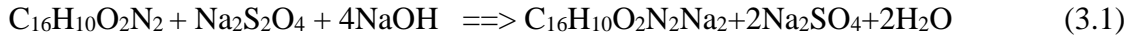
İndigo boyarmaddesi toz veya granür formlarda indirgenmemiş olarak bulunmasının yanı sıra ayrıca hazır indirgenmiş (leyko / sıvı) formda da bulunmaktadır.

İndigo boya toz ve granür halde koyu mavi renktedir. Leyko formda ise sarı bir renk almaktadır. Boya elyafa nüfus edip baskılardan çıktığında yani oksidasyon ile birlikte, rengin sarıdan maviye doğru değişim gösterdiği görülmektedir.

3.3. İndigo Boyarmaddenin Yükseltgenme ve İndirgenme Reaksiyonları

İndigo boyarmaddesinin suda çözülebilmesi ve elyafa afinite olabilmesi yani elyafı boyayabilecek forma gelebilmesi için indirgenmesi (leyko) gerekmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için hidrosülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ve alkali bir ortam gerekmektedir. Alkali ortam oluşturmak için de ticari olarak kostik olarak tanımlanan, sodyum hidroksit'e (NaOH) ihtiyaç vardır (Roessler, 2003).

Boyamada çıkan materyalin havadaki oksijen ile teması sonucu doğal olarak yükseltgenme (oksidasyon) tepkimesi gerçekleşmektedir (Orta, 2015).



İndirgenmiş formdaki indigo boyarmaddesi bile elyafa karşı afinitesi çok düşüktür. Bu negatif özellikten dolayı indigo boyama ardışık olarak devam eden daldırma ve oksidasyon işlemlerinden oluşmaktadır. Yani renk derinliği, emdirme prosesinin defalarca tekrarlanması ile elde edilmektedir (Orta, 2015).

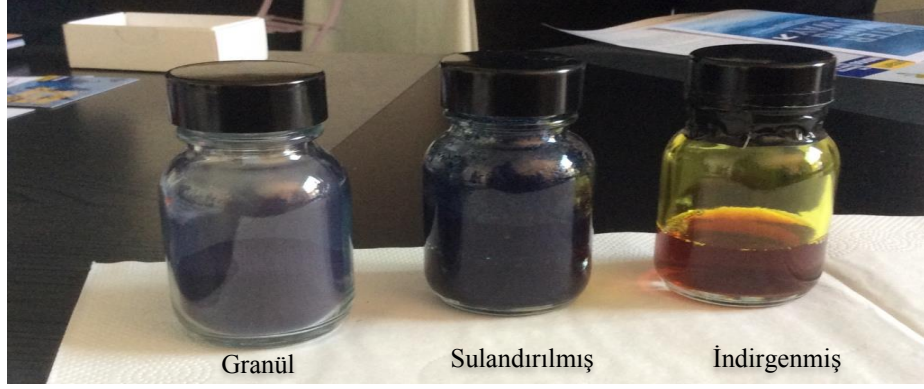
3.4. Ticari Olarak Kullanılan İndigo Boyarmaddelerin Formları

Denim kumaşının elde edilmesi için kullanılmakta olan indigo boyarmaddesi ticari olarak piyasada değişik formlarda bulunmaktadır. Kullanım oranları kendi içinde değişkenlik göstermekte olan bu boyarmaddenin aşağıda belirtilen formlarda piyasada bulunduğu bilinmektedir;

- Toz formunda
- Granül formunda
- Sıvı (indirgenmiş) formunda
- Pasta formunda

İndigo boyama yapan işletmelerde çoğunlukla granül formda indigo boyarmaddesi kullanılmaktadır. Granül formundaki indigo boyarmaddesi hidrosülfid ve sodyumhidroksit eklenmesiyle Resim 3.4'de görüldüğü gibi indirgenmiş hale getirilir.

Son dönemlerde sıvı indigo kullanımı da gittikçe artmaktadır. Bu formda indigo boyarmadde kullanımı işletme içinde işçilik giderlerini azaltması ve renk farklılıklarının azaltılması konularında daha avantajlıdır.



Resim 3.4. İndigo boyarmaddesi

Granül veya sıvı formda indigo boyarmaddesi üreten firmalardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

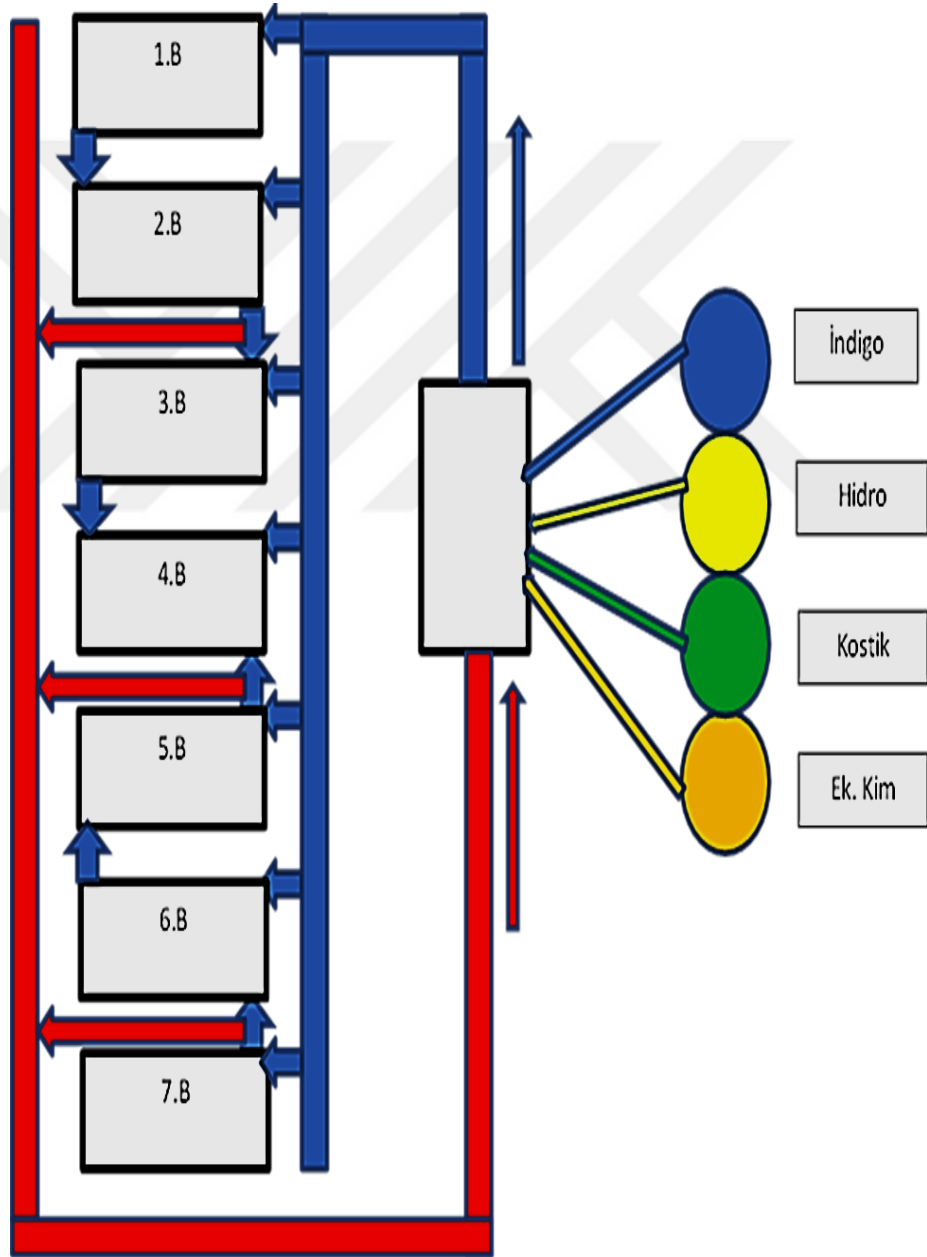
- BASF
- Wanderful
- Runtu
- Dystar
- Blu Connection
- Ban
- Sedo Engineering.

3.5. İndigo Boyamada Boya Çözeltisinin Makinede Dolaşım Sistemi

İndigo boyama sistemi diğer boyama yöntemlerine göre çok farklıdır. Çünkü çözgü ipliği bir biri ardına takip eden birden fazla boyama teknesine girip, boyarmaddeyi aldıktan sonra teknelerin üstünde bulunan oksidasyon alanında hava ile yükseltgenmektedir. Yeni üretilen makinalarda tekne sayısının 12 ye kadar çıkartıldığı görülmektedir. Tüm bu teknelerde indigo boyarmadde konsantrasyonu, hidrosülfid konsantrasyonu, tekne pH değeri, boya çözeltisinin indirgenme potansiyel değerini, birim zamandaki tekne içi döngü (sirkülasyon) sayısını, birim zamanda tekneye beslenen boyarmadde miktarı, tekne sıvı seviyeleri vb bir çok parametreyi sabit tutmak zorunluluğu vardır. Özellikle açık en boyamada bir partinin boyama süresi bazen yaklaşık 40-48 saati bulmaktadır. Bu sebeptendir ki bu makinalarda Şekil 3.3'de görüldüğü gibi kalpteki dolaşım sistemine benzer bir boyarmadde çözeltisi dolaşım sistemi mevcuttur.

Sirkülasyon tankı denilen ve boya teknelerinin yanında bulunan tank, kalp görevini görmektedir. Bu tank bir taraftan boyarmadde teknelerine taze boyarmadde beslemekte, diğer taraftan beslediği oranda tanklardan boyarmadde çekmektedir. Ayrıca aynı zamanda eksilen boyarmadde, hidrosülfid, kostik ve ek kimyasallar bu tanka beslemeler ile dengelenmektedir. Bu açıdan, boyama sistemleri içinde renk varyasyonlarını dengelemenin en zor olduğu boyama, indigo boyamadır.

Halat ve açık en boyamada sistem tamamen aynıdır. İlmek (looptex) ise yine aynı sistem vardır, ancak proses tek tekne içinde gerçekleşmektedir.



Şekil 3.3. İndigo boyamanın dolaşım sistemi

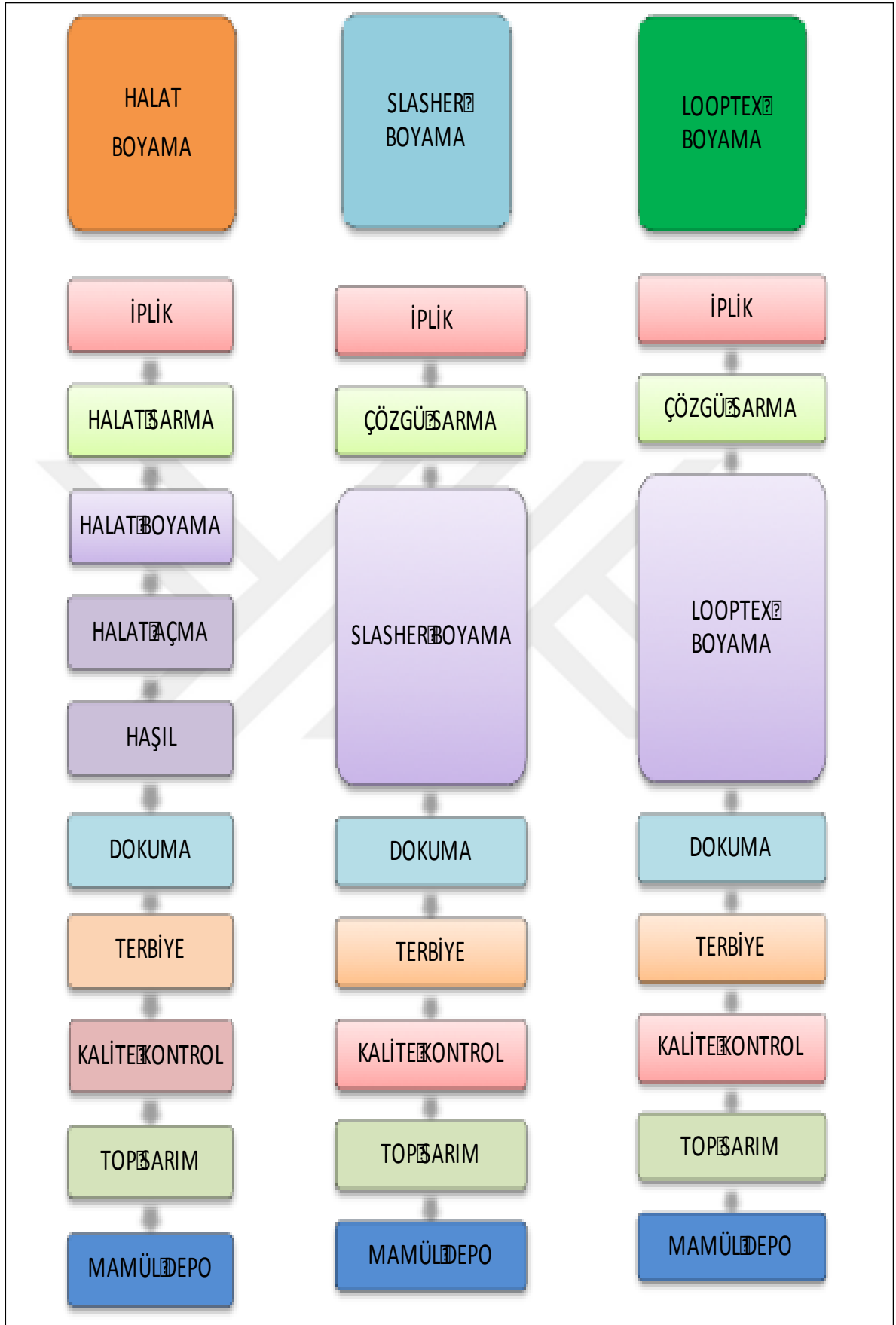
3.6. Boyama Yöntemine Göre İş Akışları

Günümüzde ticari olarak kullanılmakta olan üç farklı indigo boyama yöntemi mevcuttur. Bunlar, halat boyama, açık en boyama (slasher) ve ilmek boyama (looptex) olarak adlandırılmaktadırlar. He üç boyama yönteminin proses aşamaları Şekil 3.4'de görüldüğü gibidir.

Halat boyama yöntemi, proses iş akışı olarak, diğer iki yöntemden farklılık göstermektedir. İlk olarak çözgü ipliği, halat sarma makineleri kullanılarak halat formuna dönüştürülmektedir. İkinci proses olarak halat formundaki iplikler halat boyama makinesinde indigo boyama yapılmaktadır. Üçüncü proses ise halat formunda boyanmış olan çözgü iplikleri, halat açma makineleri ile açılmakta, yani halatlar açık en çözgüye dönüştürülmektedir. Son proses ise açık en formuna dönüştürülmüş olan çözgü ipliklerinin haşıl makinesinde haşılama işlemine tabi tutulmasıdır.

Açık en boyama yöntemine ait proses iş akışı daha basit bir yapıya sahiptir. Çünkü çözgü iplikleri açık en olarak çözgü sarma makinalarında hazırlanmaktadır ve indigo boyama ile haşıl işlemi aynı makinada yapılabilmektedir.

İlmek boyama yöntemi, açık en boyama yöntemi ile aynı proseslere sahiptir. Aralarındaki tek fark boya makinalarında bulunan tekne sayılarının farklı olmasıdır. İlmek boyama yönteminde 1 veya 2 adet boyama teknesi mevcut iken, açık en boyama yönteminde 6 ile 12 arasında boyama teknesi mevcuttur.



Şekil 3.4. İndigo boyama yöntemlerinin prosesleri

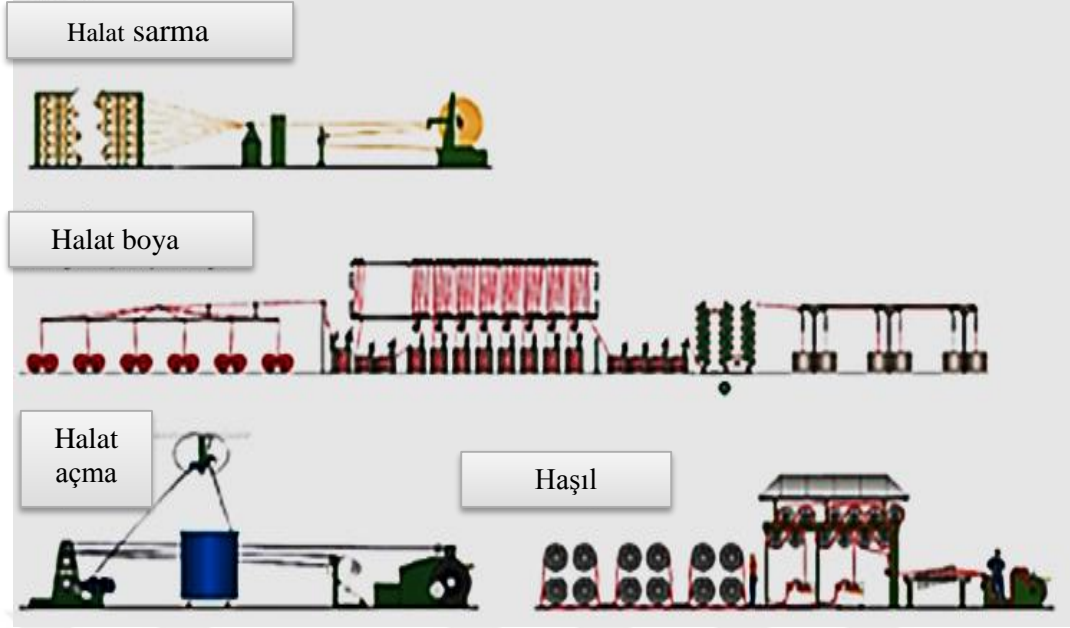
3.7. İndigo Boyama Yöntemleri

İndigo boyama ilk olarak bulunduğu bölgelerin geleneksel yöntemleri ile yapılmaktaydı. İndigofera bitkisinin yapraklarında elde edilen maddelerin kaynatılması ve boyanacak olan mamulün bu kazanlara daldırılması ve hava ile teması ile oksidasyon gerçekleştiriliyor ve bu işlem istenilen renk koyuluğu yakalanana kadar devam ediliyordu. Özellikle sentetik indigo boyarmaddenin bulunuşu ve kısa süre içinde ticarileşmesi sonrasında boyama yöntemleri de değişim baskısı görmüş ve geleneksel yöntemlerden çıkış arayışlarının olduğu görülmüştür. Bu tür arayışlar sonucu ilk ortaya çıkan yöntem jiger tipi makinada boyamanın yapılması olmuştur. Yani tek teknede boyarmadde ve kimyasallar beslenerek ve birden fazla tekrar ile boyama derinliği artırılması sağlanmıştır. Sonrasında ise çile boyama makinaları yapılmış ve özellikle Japonya'da bu alanda geleneksel Japon entarilerinin boyamasında kullanılmıştır. Ancak tüm bunlar indigo boyamanın önünü açmada yeterli olmamıştır. Çünkü bu yöntemlerin tümü kesikli üretim yöntemlerdir. Üretim baskısından dolayı kesiksiz indigo boyama makinaları geliştirilmiştir. Halat indigo boyama makinaları bu çerçevede geliştirilen ilk makinadır (Mayer, 2012).

3.7.1. Halat boyama

İndigo boyama yöntemlerinin en eski olanıdır. İndigo boyamanın bugün dahi en yaygın olanı ve denim ile özdeşleşen yöntemdir. Halat Boyama isminden de anlaşılacağı gibi iplikler Şekil 3.4'de de görüldüğü gibi öncelikle "halat sarma" makinalarında halat formuna getirilir, daha sonra sırasıyla "halat boyama" makinasında (12, 24 veya 36 halat kapasiteli) indigo boyama işlemi gerçekleştirilir. Boyamadan sonra kuru halde kovalara doldurulan halatlar, "Halat Açma" makinalarında açılarak açık en çözgü haline getirilir, son olarak bu boyalı çözgüler haşıl işleminden geçerek dokumaya sevk edilir.

Dokumaya sevk edilene kadar Şekil 3.5'de görüldüğü gibi 4 farklı proses gerektirse de kesiksiz bir üretim yöntemidir ve bugün dahi makine başına en fazla üretimin alındığı yöntemdir. Renk haslıkları diğer yöntemlere göre çok daha iyidir. Telef oranları çok düşüktür.



Şekil 3.5 Halat boya üretim prosesleri (Mayer, 2012)

3.7.2. Açık en (slasher) boyama

Halat boyamadaki 4 farklı prosesin kompakt hale getirilmesi amacıyla geliştirilen ve işlem proses sayısını Şekil 3.4’de görüldüğü gibi 2 ye indirgeyen indigo boyama yöntemidir. Açık en indigo boyama yönteminde çözgü iplikleri halat formunda değil, açık en çözgü olarak indigo boyama makinasına girmektedir.

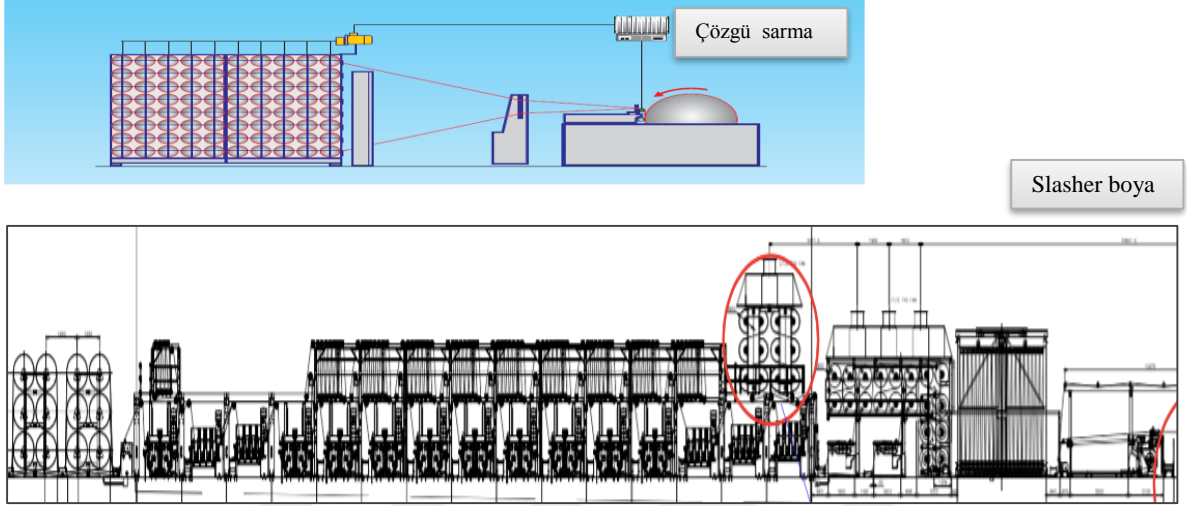
Üretim aşamalarının ilki çözgü sarmadır. Bu aşamada diğer dokuma işletmelerinde olduğu gibi çözgü sarma makinası kullanılmaktadır. Çözgü olarak kullanılacak olan iplik bobinleri çalgık kısmına yerleştirilmekte ve çözgü sarma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Sarım işlemi yapılmış çözgü leventleri açık en indigo boyama makinasının çalgık kısmına yerleştirilme işlemi yapılmaktadır. Bu sırada uygulanacak reçeteye göre makine hazırlıkları yapılmaktadır. Özetle çözgüler bir adet ön işlem teknesinde kısmi kasar prosesine tabi tutulmakta ve hemen sonrasında 2 veya 3 tekne yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra Şekil 3.6’da görüldüğü gibi 5 veya 10 tekne indigo boya işlemi yapılmaktadır. Devamında 2 veya 3 yıkama işlemine tabi tutulan çözgü iplikleri, nötralizasyon yapıldıktan sonra kurutma yapılmaktadır.

Kuruyan indigo boyanmış çözgü iplikleri haşıl işleminden geçirilip tekrar kurutulduktan sonra dokuma leventlerine sarılmaktadır. Tüm bu işlemler Şekil 3.6’da görüldüğü gibi tek makine parkurunda yapılmaktadır (Mayer, 2012).

Açık en indigo boyama yönteminin yatırım maliyeti halat boyaya göre daha azdır. Makine yerleşim alanları daha az yer kapmaktadır. Bu sebeple inşaat giderleri de daha

düşük olmaktadır. İşçilik giderleri açısından bakıldığında halat boyamaya göre daha az işçilik giderleri vardır. Bu yöntem boyamanın ana negatif yönü ise çözgü açık en olarak baskıya girdiğinden yeterli baskı verilememesi veya eşit baskı sağlanamaması sebebiyle kanat farkı problemi görülme olasılığı mevcuttur. Bu yöntem tek kafa ve çift kafa olmak üzere iki versiyonu bulunmaktadır. Bugün halat boyamadan sonra en yaygın olan yöntemdir (Mayer, 2012).

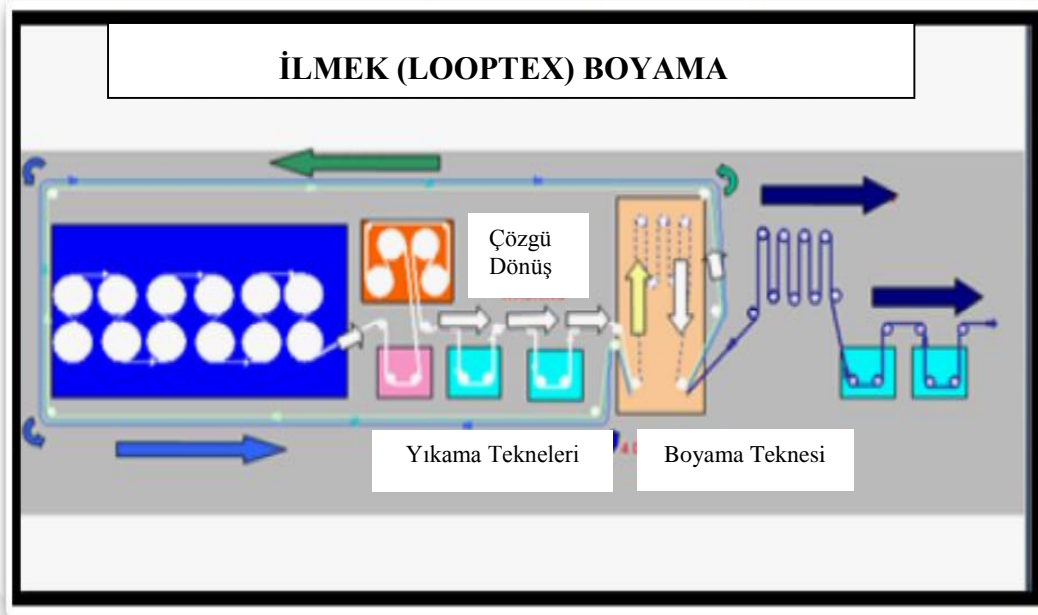


Şekil 3.6. Slasher boya üretim prosesleri (Mayer, 2012)

3.7.3. İlmek (looptex) boyama

Slasher boyamadan sonra araştırmacıların indigo boyama proseslerini daha da kompakt hale getirme çabalarının sonucu olarak geliştirilen bir yeni bir indigo boyama yöntemidir. Yöntem olarak açık ende olduğu gibi çözgü formda boyama yapılmaktadır.

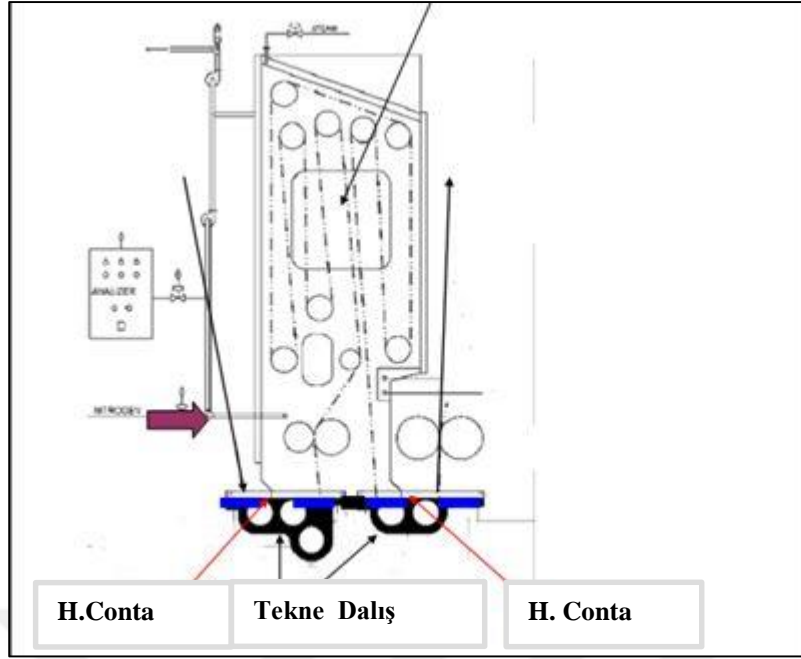
Slasherden farklı olarak 5-8 boyama teknesi yerine tek boyama teknesi kullanılarak boyama işlemi gerçekleştirilmektedir. Ön işlem ve yıkamadan sonra çözgü boya teknesine girer ve sıkma işleminden sonra yukarıdan ters yöne (çağlık tarafına) sevk silindirleri vasıtasıyla yönlendirilir ve çağlığın üzerinden geçerek çağlığın altına inmektedir. Yine çağlığın altından ve ön işlem ile yıkama teknelerinin de altından geçerek tekrar boyama teknesine girmektedir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi bu işlemi 4-6 defa tekrar ederek istenilen renk elde edilmektedir. Çözgünün tersten yaptığı bu hareketinden dolayı “Loop” olarak adlandırılmaktadır (Mercer 2010).



Şekil 3.7. Loopteks boyama üretim prosesleri (Mercer, 2010)

Bu yöntem boyamanın makine yatırım maliyeti açık en indigo boyama ile kıyaslandığında % 20-25 daha düşüktür. Bakım ve işletme masrafları yaklaşık %20 daha düşüktür. Makine yerleşimi için gerekli yer ve doğal olarak inşaat giderleri en düşük olan yöntemdir. Kumaş eni boyunca kanat farkı olarak adlandırılan renk hatasının çıkma olasılığı açık en boyamaya göre çok düşüktür (Mercer, 2010).

Renk derinliği açısından yaşanan problemlerden dolayı indigo teknesi üzerine Şekil 3.8’de görüldüğü gibi azot reaktörü yerleştirilerek boyama derinliği konusunda pozitif ilerleme sağlanmıştır (Mercer, 2010).



Şekil 3.8. Loopteks azot reaktörü (Mercer, 2010)

3.8. İndigo Boyama Yöntemlerinin Kıyaslanması

Üç farklı indigo boyama yöntemlerinin birbirlerine göre pozitif ve negatif olmak üzere birçok farklılıklar mevcuttur. Söz konusu üç farklı indigo boyama yöntemlerinin birbirlerine göre farklılıkları Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi özet olarak verilmiştir.

Üretim kapasiteleri olarak bakıldığında halat boyama yöntemi daha çok ön plana çıkmaktadır. Özellikle 24 halat ve 36 halat kapasiteli makinaların üretim kapasiteleri açık en ve ilmek boyama ile kıyaslandığında 2 ve 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Verimlilik açısından incelendiğinde yine halat boyama yönteminin daha verimli üretim sağladığı bilinmektedir. Çünkü makine durmadan parti değişimleri yapılabilmektedir. Böylelikle açık en ve ilmek boyamada parti değişimlerinde verilen zorunlu telef halat boyamada oluşmamaktadır.

Renk haslıklarına bakıldığında halat boyama yöntemi ile üretilen kumaşların renk haslık değerleri açık en ve ilmek boyamaya göre daha iyi çıkmaktadır. Son dönemlerde uygulanan bazı ek proseslerle bu farklar olumlu yönde azaltılsa da hala bire bir aynı değerler elde edilebilmiş değildir.

Kanat farkı problemi açısından bakıldığında, halat boyamada kanat farkı probleminin çıkma olasılığı yok iken, açık en boyamada bu problemin görülme riski mevcuttur. İlmek boyama da ise açık en boyama ya göre daha düşüktür.

Yatırım maliyeti olarak bakıldığında, hem makine parkuru için yapılan yatırım hem de gerekli kapalı alan için yapılan yatırımlar halat boyamada çok daha fazladır. Açık en ve ilmek boyamada bu yatırımlar daha düşüktür.

Üretim maliyetleri açısından incelendiğinde, halat boyama yöntemi kullanılan enerji, kullanılan eleman sayısı çok daha fazladır. Açık en ve ilmek boyamada bu maliyetler düşüktür.

Küresel kullanımlarına bakıldığında, en yaygın olan yöntem halat boyama yöntemidir. İkinci sırada açık en boyama yöntemi ve üçüncü olarak ise ilmek boyama yöntemi gelmektedir.



Çizelge 3.1. İndigo boyama yöntemlerinin kıyaslanması

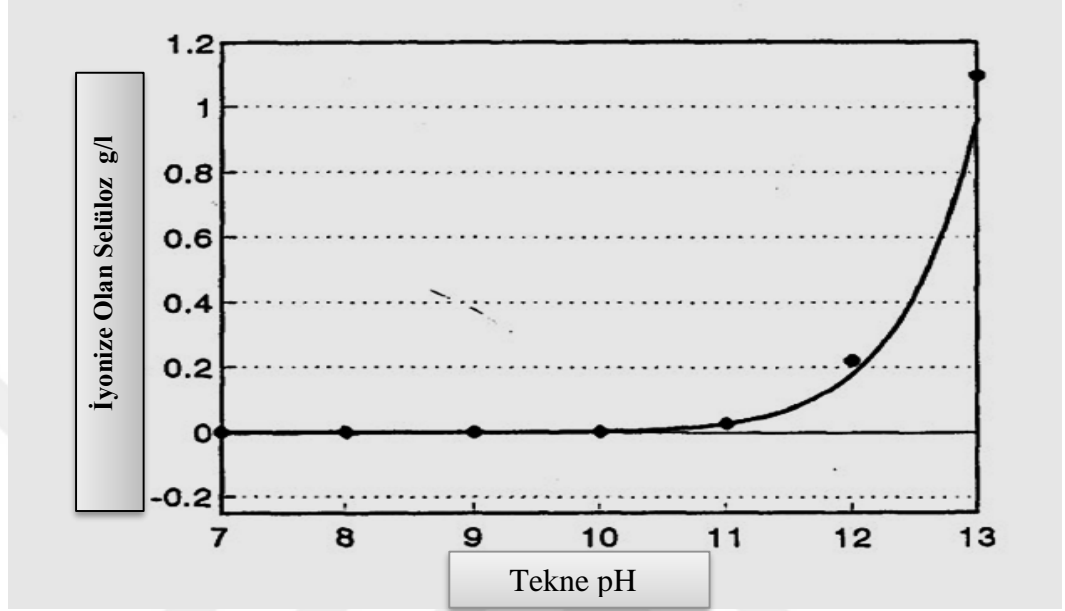
İNDİGO BOYAMA YÖNTEMLERİNİN KIYASLANMASI							
No	PARAMETRELER	HALAT BOYAMA			AÇIK EN BOYAMA		İLMEK BOYAMA
		12 Halat	24 Halat	36 Halat	Tek Kafa	Çift Kafa	Looptex
1	Gerekli Çözgü/Halat Makinası (adet)	2	3	5	1	2	1
2	Ortalama Üretim Kapasitesi (mt/ay)	980.000	1.960.000	2.940.000	864.000	1.468.000	864.000
3	Boyama sonrası gerekli açma makinası (adet)	3	6	9	0	0	0
4	Gerekli Haşıl Makinası (adet)	1	1	2	0	0	0
5	Gereken Kapalı Alan (m ²)	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Az
6	İnşaat Maliyeti (TL)	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
7	Makine Maliyet (TL)	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
8	Enerji Gereksinimi (kW)	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Az
9	Gereken Eleman Sayısı (adet)	53	72	102	27	36	27
10	Boyarmadde Haslığı	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Normal	İyi	Çok İyi
11	Renk Derinliği	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
12	Boya Tekne Sayısı (adet)	6-10	6-10	6-10	6-10	6-10	1-2
13	Boya Tekne Hacimleri (m ³)	Normal	Orta	Büyük	Küçük	Küçük	Büyük
14	Tekne İçi Dalış Uzunluğu	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Az
15	Oksidasyon Uzunluğu	Fazla	Fazla	Fazla	Az	Az	Az
16	Çıkan Telef Miktarı	Çok Az	Çok Az	Çok Az	Fazla	Fazla	Fazla
17	Makine Çalışma Randımanı	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
18	Dünyada Kullanım Durumu	Çok Az	Çok Fazla	Çok Az	Fazla	Çok Az	Normal

3.9. İndigo Boyamayı Etkileyen Parametreler

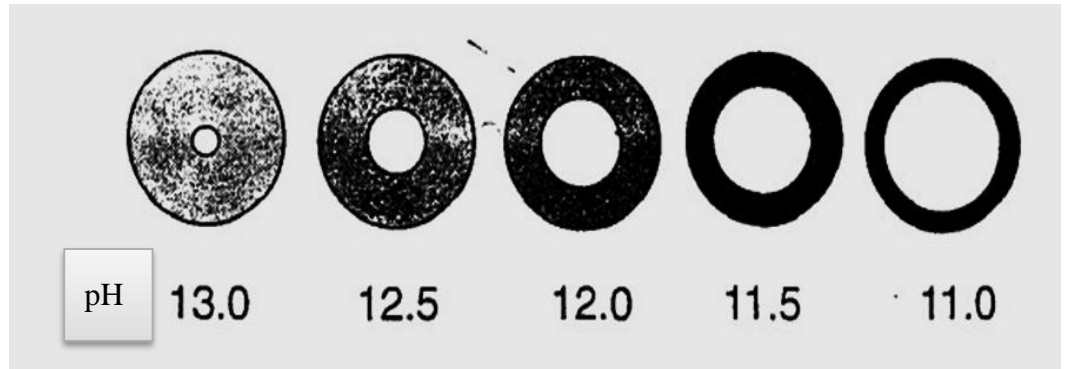
3.9.1. İndigo çözeltinin pH değeri

Boyarmadde tekneleri içindeki indigo boyarmadde çözeltisinin pH değeri indigo boyama için takip edilmesi gereken çok önemli parametrelerden bir tanesidir. Şekil 3.9'da

görüldüğü gibi pH artıka iyonize olan selüloz (iplik) oranı artmaktadır. İndigo boyarmadde çözeltisinin pH değeri 10,5'e ulaştıktan sonra indirgenmiş boya ipliğın içine doğru nüfus etmekte ve pH değeri 13'e doğru geldiğinde ipliğın merkezine doğru derinliğı artmaktadır. Bu değışim Şekil 3.10'da görülmektedir (Etters, 1995).



Şekil 3.9. Boya çözeltisinin pH ile iyonize olan selüloz ilişkisi (Etters, 1995)

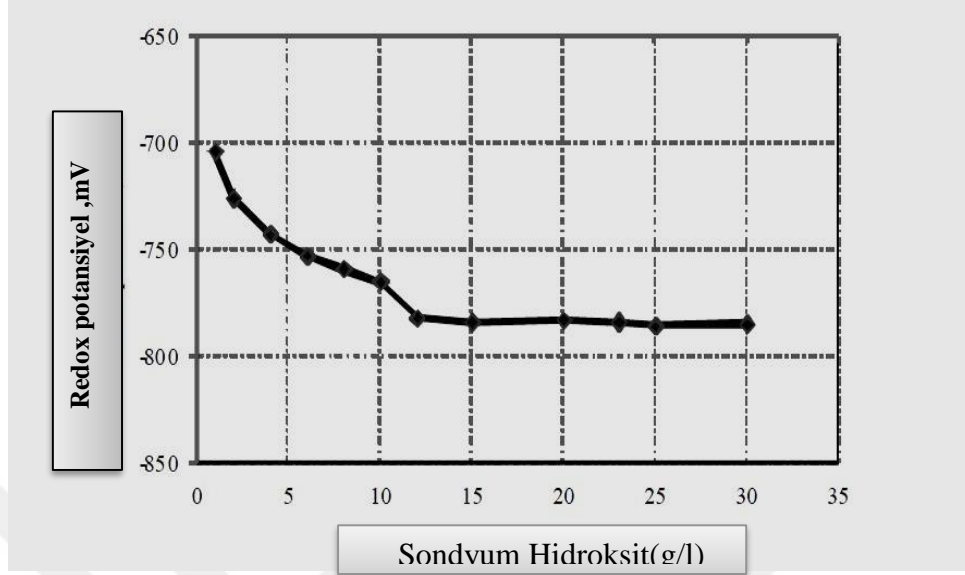


Şekil 3.10. Tekne içi pH ile iplik kesitinin boya alması (Etters, 1995)

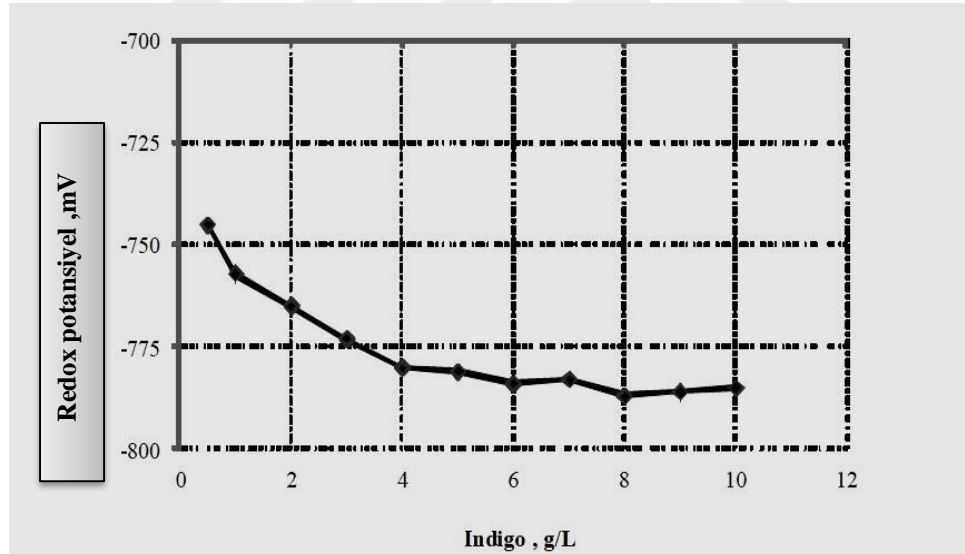
3.9.2. Redoks potansiyeli (mV) nin etkisi

İndigo boyarmadde çözeltisine eklenen sodyum hidroksit miktarı artıka çözeltinin redoks potansiyeli eksi yönde artmakta, ancak belli bir değerdan sonra bu değerdan değışmemektedir. Şekil 3.11'de görüldüğü gibi indirgenmiş indigonun redoks potansiyeli -700 ile -800 mV arasındadır ve yine aynı şekilde görüldüğü gibi çözeltiye eklenen sodyum hidroksit miktarı 12 gr/l't'i geçtiğinde redoks potansiyeline etkisi olmamaktadır. Tekne içi

çözeltisindeki indigonun konsantrasyonu artıkça Şekil 3.12’de görüldüğü gibi çözeltinin redoks potansiyeli de artmaktadır (Ben, 2013)



Şekil 3.11. Sodyumhidroksitin redoks potansiyeline etkisi (Ben, 2013)



Şekil 3.12. İndigo konsantrasyonunun redoks potansiyeline etkisi (Ben, 2013)

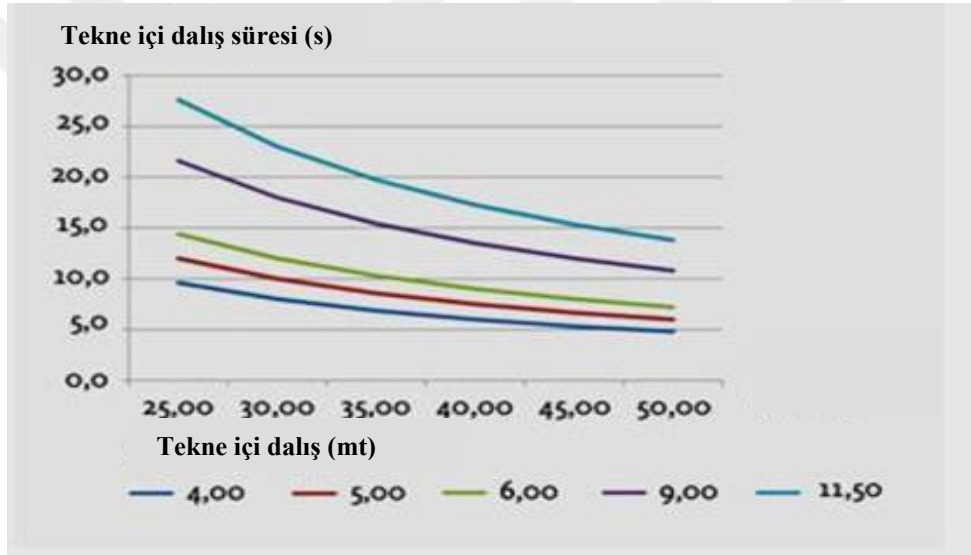
3.9.3. Makinanın çalışma hızı

İndigo boyama makinalarında üretim hızları 18-30 mt/dk arasında değişmektedir. Üretim hızı temelde uygulanan reçeteye yani ulaşılmak istenilen renge göre belirlenir. Hız fazla olması ipliğin boyarmadde ile temas süresini kısaltmakta ve bu da rengin daha açık çıkmasına sebep olmaktadır. Üretim hızının yüksek olmasının diğer bir sonucu kumaşların renk haslıklarını negatif etkilemektedir. Çünkü hızın yüksek olması oksidasyon süresinin

kısalması anlamına gelmektedir. Bu durumda da iplik istenilen düzeyde okside olmadan bir sonraki boya teknesine girmesi demektir (Mayer, 2012).

3.9.4. Çözgünün bir tekne içindeki kalış süresi

Dalış süresi makine boya teknesinin tasarımı ile alakalıdır. Yani boya teknesi içindeki ipliğin uzunluğu bu süreyi vermektedir. Piyasada bulunan makinalarda tekne içi iplik uzunluğu 4 – 11,5 metre arasında değişmektedir. Tekne içindeki metraj ne kadar fazla ise boyama derinliği o kadar fazla olmaktadır. Benzer bir değerlendirme indigo boyama makinasında bulunan toplam tekne sayısı için de yapılabilmektedir. Şekil 3.13’de görüldüğü gibi toplam tekne sayısı arttıkça toplam dalış süresi artmaktadır.



Şekil 3.13. Boya dalış süresi ve dalış adeti arasındaki ilişki (Mayer, 2012)

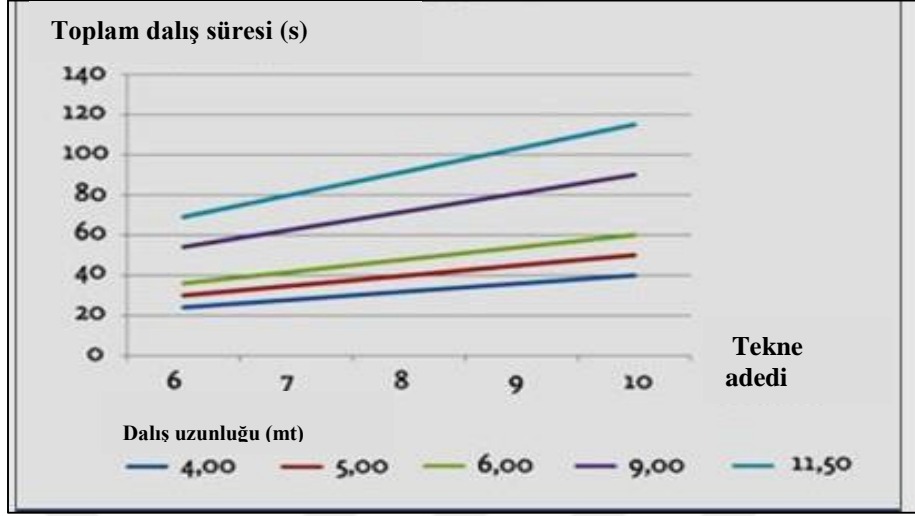
3.9.5. Çözgünün hava ile oksidasyon süresi

Bu parametre makine yapılarına göre değişiklik göstermektedir. Oksidasyon bölgesindeki uzunluk ne kadar fazla ise oksidasyon o oranda iyi gerçekleşmektedir ve renk haslıkları daha iyi olmaktadır.

3.9.6. Makinada bulunan boya tekne sayısı

Boya tekne sayısı indigo boyamanın en önemli parametrelerinden biridir. Çünkü sayı arttıkça renk derinliği artar, aynı renk tonları için ise tekne sayısı arttıkça renk parlaklığı ve renk haslıkları çok daha iyi olmaktadır. Bu çerçevede bakıldığında Şekil 3.14’de görüldüğü gibi tekne sayısı fazla olan makinalarda toplam dalış süresi fazla

olmaktadır. Yani çözgü ipliğinin indigo boyarmadde ile temas süresi fazla olmaktadır (Mayer, 2012).



Şekil 3.14. Toplam dalış süresi ile dalış adeti arasındaki ilişki (Mayer, 2012)

3.9.7. Baskı silindirleri vasıtasıyla uygulanan sıkma basıncı değeri

Her boya teknesinin çıkışında dikey veya yatay konumlanmış baskı silindirleri mevcuttur. Bu silindirler boyadan çıkan çözgünün üzerindeki fazla boyanın sıkılma işlemini gerçekleştirirler. Verilen baskı renk değerleri üzerinde ciddi etki yapmaktadır. Baskı arttıkça sıkma artığından pick-up azalmaktadır. Bundan dolayı hem oksidasyon daha verimli gerçekleşmektedir, hem de bir sonraki tekneye girer girmez anlık pick-up fazla olmaktadır.

3.9.8. Çözgü ipliğine uygulanan ön işlemin etkisi

Ön işlem yapmakla ipliğin içinde bulunan ve boya alımını engelleyen veya yavaşlatan maddelerin iplikten uzaklaştırması sağlanmaktadır. Ön işlem sonrası yapılan yıkamalar ile temizlik etkinliğini artırılmaktadır. Dolayısıyla çözgü ipliği, indigo boyama teknesine girdiğinde daha kolay boya penetrasyonu sağlanmış olmaktadır. Bu da hem daha derin renklerin oluşumuna, hem de daha parlak renk oluşumuna sebep olmaktadır.

3.9.9. Çözgü ipliği için kullanılan hammaddenin özellikleri

Denim kumaş üretiminde indigo boyamanın karakterinden dolayı sadece selüloz yapıda lifler kullanılmaktadır. Selüloz bazlı ipliklerin 95%'den fazlasını ise pamuk iplikler oluşturmaktadır. Kullanılan hammaddenin özellikleri doğal olarak indigo boyamayı etkilemektedir. Tencel, modal gibi iplikler de pamuk ipliğine göre renk daha koyu olmaktadır.

Günümüzde denim için çoğunlukla ring eğirme sistemi olmak üzere kısmi olarak da open end eğirme sistemi ile üretilen iplikler çözgü için kullanılmaktadır. Open end eğirme sistemi ile üretilen ipliklerin renk derinlikleri ring ipliğe göre daha koyu olmaktadır.

3.9.10. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin numarası

Kalın numaralı ipliklerin renk derinlikleri ince numaralı ipliklere göre daha derin çıkmaktadır. Halat boya başta olmak üzere Ne 20 üstü çözgü ipliklerin çalışmasında sıkıntılar yaşanmasına rağmen, açık en boyama da Ne 40'a kadar olan iplikler rahatlıkla çalışılabilmektedir.

3.9.11. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin bükümü

İpliklerde büküm artıkça boyarmaddenin merkeze ulaşma oranı düştüğünden, yüzeysel (ring) boyama gerçekleşmektedir. Büküm düştükçe boyarmaddenin ipliğin merkezine daha rahat ulaşmakta ve merkezdeki beyaz bölgenin (boya almamış) oran azalmaktadır.

3.9.12. Çözgü yönünde kullanılan ipliğin mukavemeti ve elastikiyeti

İndigo boyama makinalarının kılavuz boyları çok fazla olduğundan ve mekanik sürtünmelerin yoğunluğundan dolayı ipliğin mukavemeti ve elastikiyeti çok önemlidir. Hem yeterli miktarda mukavemet olmalı hem de yeterli düzeyde elastikiyet olmalıdır. Bu parametrelerin düşük olması durumunda boyama sırasında kopuşlar olacağı gibi, asıl dokuma performansları çok düşük olmaktadır.

4. KÖPÜK APLİKASYON SİSTEMİ

Köpük, sıvı ve hava karışımının fiziksel (jeneratör) ve eklenen kimyasalların (köpük oluşturuju ajan) yardımıyla oluşan karışım olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu karışım görsel olarak Şekil 4.1’de verilmiştir.

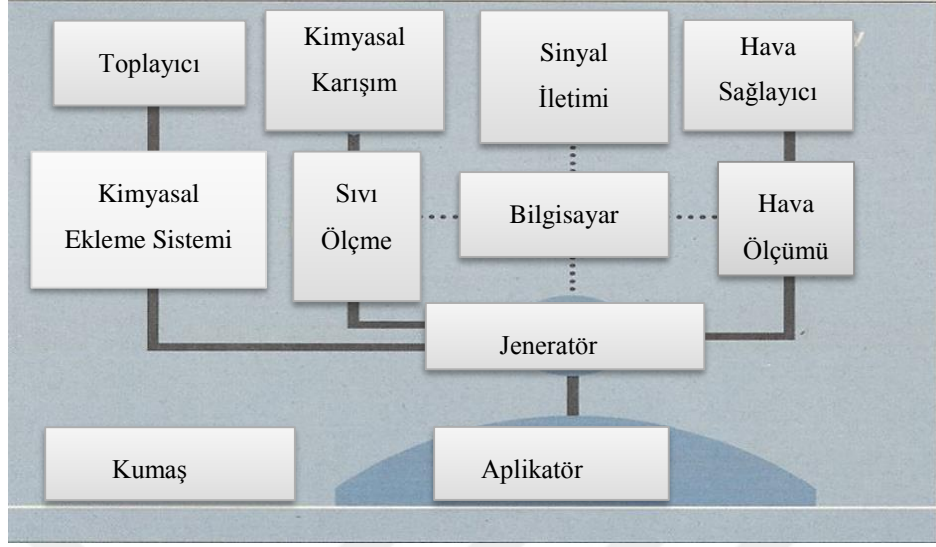
Köpük ile aplikasyon, uygulama yapılacak materyale konvansiyonel aplikasyon yöntemlerine göre daha düşük pick-up ile istenilen kimyasalı / boyarmaddeyi materyalin yüzeyine veya içine köpük formunda kontrollü olarak istenilen miktarda uygulama yöntemidir (Sheshir, 2014).



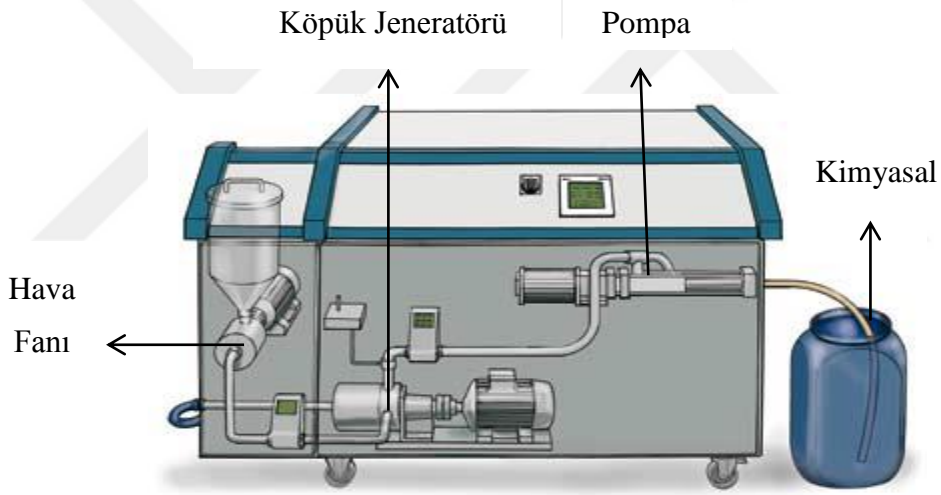
Şekil 4.1. Renksiz köpük (Web-1, 2015)

Köpük aplikasyon yöntemi 1970’lerin başından itibaren tekstil ve kağıt sanayisi başta olmak üzere bir çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde köpüklü aplikasyon yönteminin kullanımı oldukça yaygınlaşmış bulunmaktadır. Tekstil endüstrisinde dokuma, örme ve dokusuz kumaşların terbiye ve boya işlemlerinde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gaston,2004).

Bu yöntemde kimyasal (sıvı), hava ile karıştırılıp köpük jeneratörleri vasıtasıyla Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterildiği gibi istenilen yoğunlukta köpük oluşturulmakta ve hazırlanan köpük formundaki malzeme birçok değişik yöntem ile istenilen materyale istenilen oranda uygulanmaktadır (Gaston,2004).



Şekil 4.2. Köpük oluşum çizelgesi (Gaston,2004)



Şekil 4.3. Köpük jeneratörü (Web-1, 2015)

4.1. Köpük ile Aplikasyonun Avantajları

Köpük yöntemi ile yapılan terbiye veya boyama işlemlerinin avantajlı oldukları noktalar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Düşük pick up, 5% in altı bile uygulanmaktadır,
- Ekonomik kurutma. 50% daha ekonomik olmaktadır,
- Düşük kimyasal/ boyarmadde kullanımı,
- Yüksek makine verimliliği,

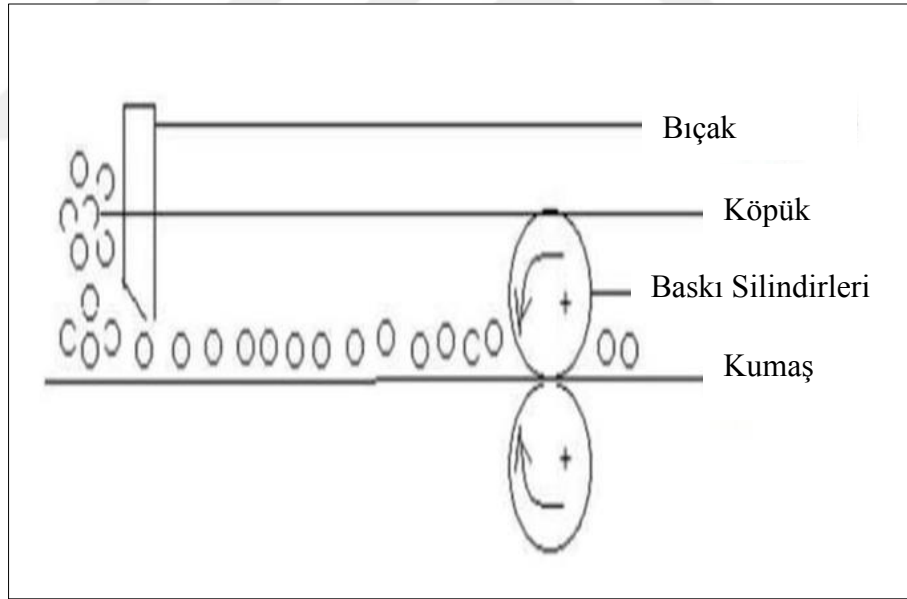
- Düşük yatırım maliyeti,
- Çevre kirliliğini azaltılması,
- Düşük su tüketimini sağlamasıdır.

Özetle bu yöntem ile yapılan terbiye uygulamaları veya boyamalar daha düşük maliyetlerde yapılabilmektedir. Özellikle kurutma maliyeti ve kimyasal maliyeti konusunda çok büyük avantaj sağlamaktadır (Gaston,2004).

4.2. Köpük ile Aplikasyon Yöntemleri

4.2.1. Bıçaklı sistem ile köpük uygulama

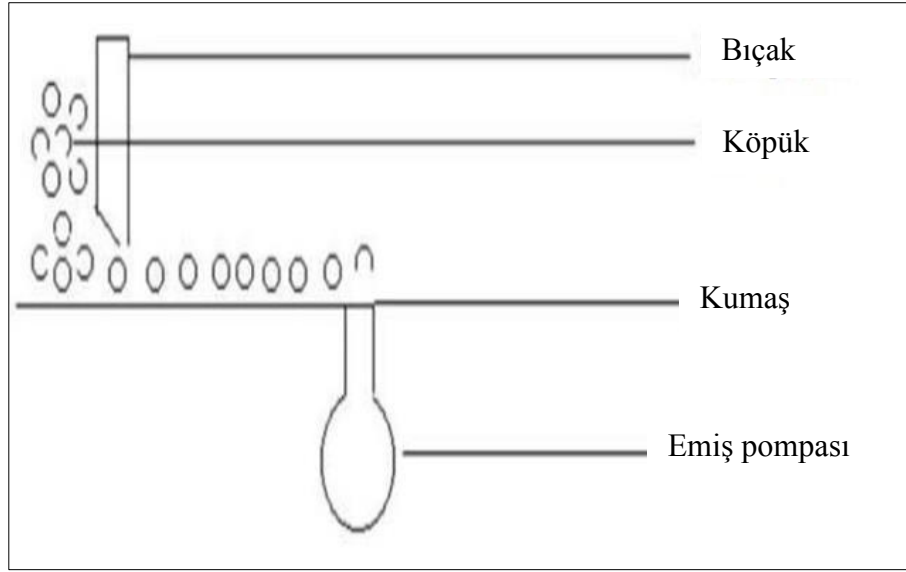
Bıçaklı sistem ile köpük uygulaması Şekil 4.4’de görüldüğü gibi hazırlanan köpük formundaki malzeme, bıçaklı kaplama makinaları vasıtasıyla uygulanmaktadır. Bugün dahi yaygın bir şekilde kullanılmakta olan bir yöntemdir. Bu yöntemde bıçaktan sonra baskı silindirlerinin bulunduğu versiyonları da olmakla beraber, olmayan sistemler de mevcuttur (Sheshir, 2014).



Şekil 4.4. Bıçaklı köpük kaplama (Sheshir, 2014)

4.2.2. Bıçaklı - vakum sistemi ile köpük uygulama

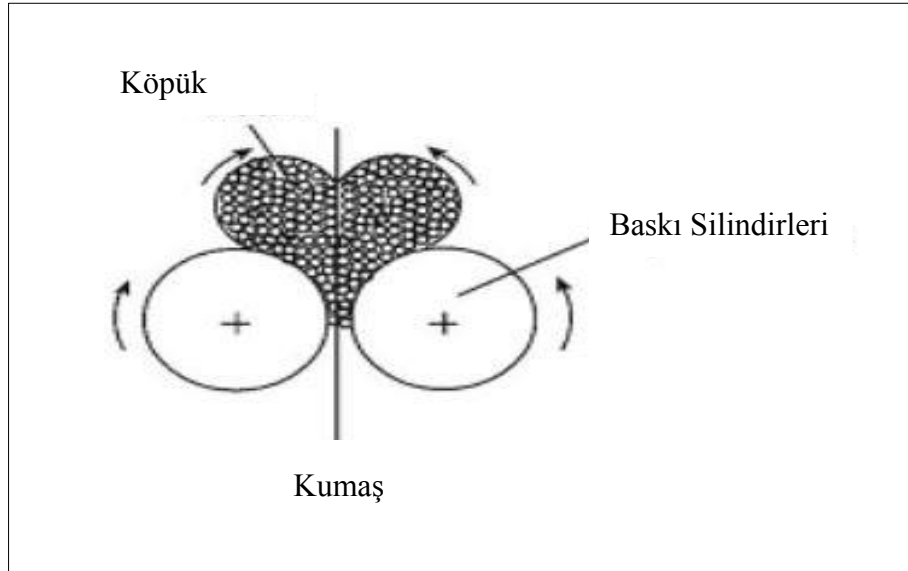
Bıçaklı ve vakumlu sistem oldukça yaygın bir köpük uygulama yöntemidir. Özellikle uygulanmakta olan kimyasalın materyalin içine nüfuzu istenen durumlarda bu tür uygulamalar zorunlu olarak kullanılmaktadır (Sheshir, 2014). Şekil 4.5’te bıçaklı- vakumlu köpük uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Bıçaklı-vakumlu köpük uygulaması (Sheshir, 2014)

4.2.3. Baskı silindirleri sistemi ile köpük uygulama

Birbirine yatay konumlandırılmış baskı silindirlerinin üstüne köpük malzemesi verilerek ve silindirlerin birbirlerine doğru (içe doğru) hareket etmesi ile uygulanan bir köpük aplikasyon yöntemidir. Aplikasyon yapılacak ürünün, Şekil 4.6’da görüldüğü gibi her iki yüzeyine uygulama yapılması mümkündür.

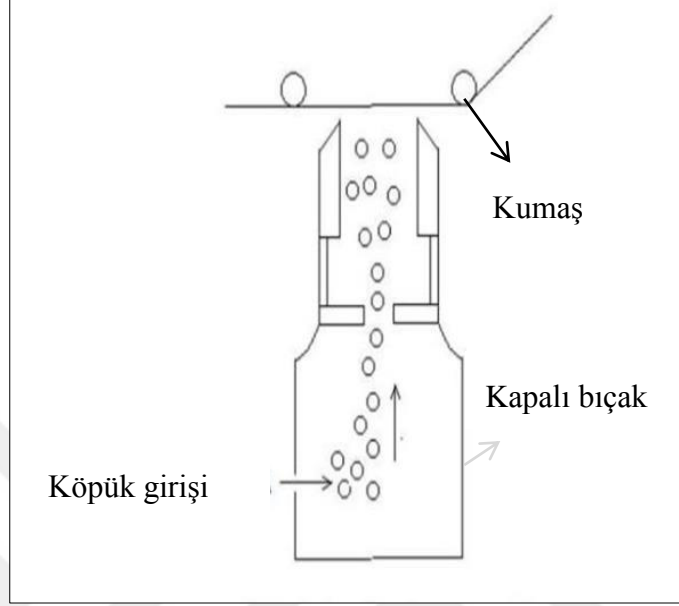


Şekil 4.6. Silindir üstü köpük kaplaması (Schinler, Hauser, 2004)

4.2.4. Kapalı ve basınçlı sistem ile köpük uygulama

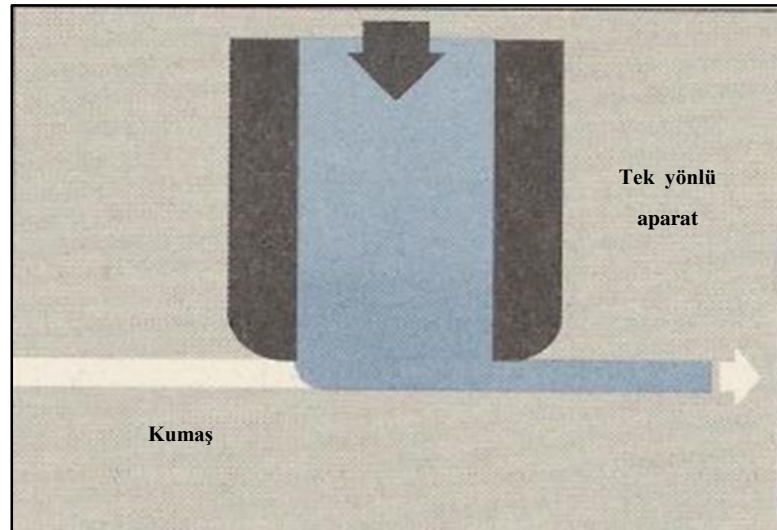
Aslında son dönemlerin en popüler köpük uygulama sistemi kapalı sistem köpük uygulamasıdır. Amerika kökenli “Gaston” firması tarafında geliştirilen bu yöntem ile

köpük uygulama sistemlerinde yeni bir kapı açılmıştır. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi köpük formundaki kimyasalı kapalı olan uygulayıcının içerisine verilmektedir. Bu kapalı alan içerisinde istenilen basınç verilebilmektedir. Kumaşın yüzeyine verilmek istenilen kimyasal miktarına bağlı olarak basınç değeri değiştirilebilmektedir (Sheshir, 2014).



Şekil 4.7. Kapalı-basınçlı köpük uygulaması (Sheshir, 2014)

Kapalı sistem köpük aplikasyonun iki yöntemi mevcuttur. İlk yöntemde tek jeneratör ve tek bıçak (aplikatör) bulunmaktadır. Böylelikle köpük uygulaması yapılacak kumaşın Şekil 4.8’de görüldüğü gibi sadece bir yüzeyine kimyasal uygulanmaktadır.



Şekil 4.8. Kapalı- basınçlı tek yön köpük uygulaması (Gaston,2004)

Kapalı sistem köpük uygulamasının ikinci yönteminde ise bir veya iki adet köpük jeneratörü ve iki adet bıçak (aplikatör) bulunmaktadır. Köpük jeneratörünün tek olması

durumunda köpük uygulaması yapılacak kumaşın her iki yüzeyine ve aynı kimyasal ile işlem yapılabilmektedir. Köpük jeneratörünün iki olması durumunda ise Şekil 4.9 da görüldüğü gibi uygulama yapılacak kumaşın her iki yüzeyine ve her yüzeye farklı kimyasal uygulama imkanı bulunmaktadır.



Şekil 4.9. Kapalı-basınçlı çift yön köpük uygulaması (Gaston,2004)

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı; boyanmış ürün kalitesinden ödün vermeden, ticari olarak var olan indigo boyama yöntemlerine alternatif olarak, köpük aplikasyon yöntemi ile yeni bir indigo boyama yöntemi geliştirmektir. Köpüklü yöntem ile indigo boyarmadde aplikasyonunun amacı;

- Öncelikle daha kompakt, yani alan olarak daha az yer gereksinimi olan bir makine / yöntem geliştirmek,
- Makine üretim maliyeti aynı amaç için kullanılmakta olan muadillerine göre daha düşük olan yeni bir yöntem geliştirmek,
- Üretim sırasında ve parti değişimleri sırasında verilen iplik telef miktarının daha düşük olmasını sağlamak,
- Oluşan kimyasal ve boyarmadde kayıplarını azaltmak,
- Boyama maliyetinin diğer yöntemlere göre daha düşük olmasını sağlamak,
- İndigo boyama sırasında veya sonrasında çevreye olan zararları azaltmak,

olarak sıralanabilmektedir.

Bu çerçevede belirtilen amaçlar doğrultusunda, tez kapsamında;

- Köpük aplikasyonunu gerçekleştirmek için açık en (slasher) boyama makinesi üzerinde yeni bir makine/aparat geliştirilmiştir,
- Geliştirilen makinenin verimli kullanım olasılıklarının araştırılması için cihaza azot gazı bağlantıları yapılmıştır,
- Köpük jeneratörü sistemine yine indigo boyama amacıyla eklentiler yapılmıştır,
- Değişik proses şartlarında 16 farklı boyama gerçekleştirilmiştir.

5.2. Materyal

5.2.1. Modifikasyon için yapılan ön tasarım

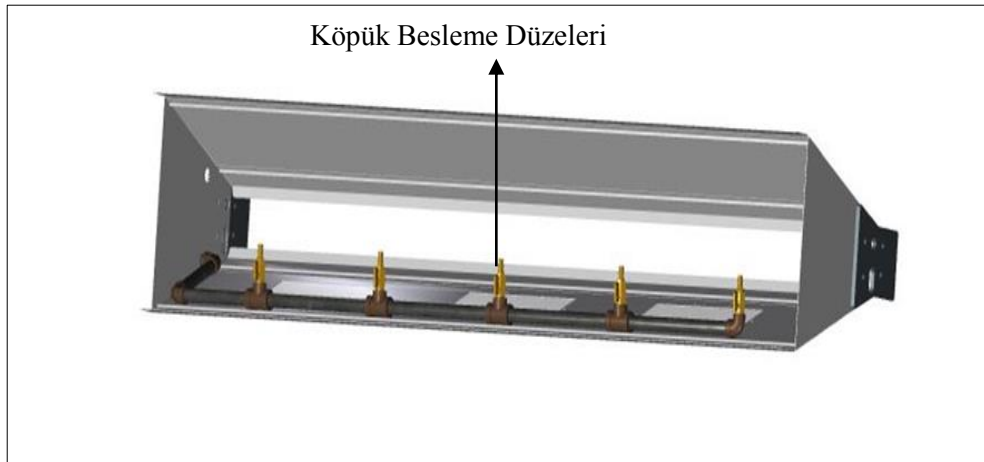
Maritaş Denim işletmelerinde kurulu olan açık en indigo boya makinasına ait, bir adet boyama teknesi üzerinde değişiklikler yapılarak, geliştirilen aparatın adapte edilmesi sağlanmıştır. Bu çerçevede makine üzerinde yapılan değişiklikler;

- İlk olarak baskı silindirlerinin hareket yönü değiştirilmiştir. Normalde tekneye giren çözüğü iplikleri yatay baskılara alttan girerek yukarıya doğru çıkmaktaydı, ancak yeni sistemde çözüğü üstten verilmiş ve alttan çıkacak şekilde yapılmıştır,
- Çözüğü ipliklerinin geçiş noktaları yeni yapıya uyum sağlayacak şekilde değiştirilmiştir,
- Tekne içi çözüğü ipliği geçiş noktaları yeni yapıya göre değiştirilmiştir,
- İşlemin yapıldığı tekne ile bir sonraki tekne arasında senkronizasyonu sağlayan dancer silindirinin geçişi değiştirilmiştir
- Baskı silindirlerinin boyutları referans alarak yeni aparatın tasarımı yapılmıştır.

Yapılan aparatın iç kısmına Şekil 5.1’de görüldüğü gibi, köpük besleme sistemi ve azot gazı besleme sistemi eklenmiştir.

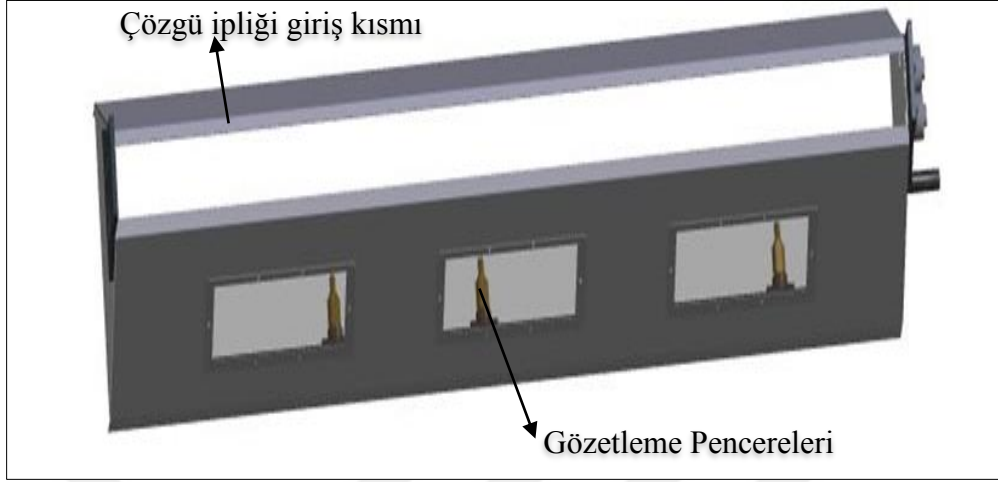
Bu modifikasyonlar dışında işletmede kullanılan makine üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan olduğu gibi kullanılmıştır. Yani çağlık kısmı, ön işlem ve sonrasındaki yıkamalar, boyama sonrasındaki yıkamalar, kurutma ve haşıl bölümleri ve makinanın sarım kafası olduğu gibi kullanılmıştır.

Yapılan ilk aparatın resimleri Şekil 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 ve 5.5’de görülmektedir. Köpük besleme yöntemi, Şekil 5.1.’de görüldüğü gibi tek taraflı olarak tasarlanmıştır. Köpük jeneratöründen çıkan köpük, yapılan aparatın yan yüzeyinden içeri alınarak, Şekil 5.1’de görüldüğü gibi eşit aralıklar da 5 adet besleme noktasından çözüğü ipliğine aktarılmıştır.



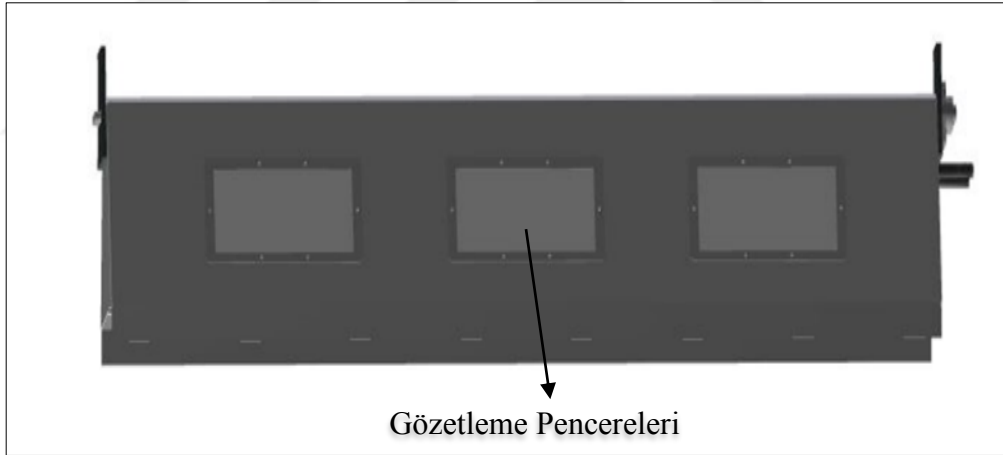
Şekil 5.1. Aparat içi köpük besleme sisteminin görünüşü

Geliştirilen yeni aparatın üstten görünüşü Şekil 5.2’de verilmiştir. Çözümlü ipliği üstten aparatın içine girmekte ve sonra baskı silindirlerinden geçmektedir.

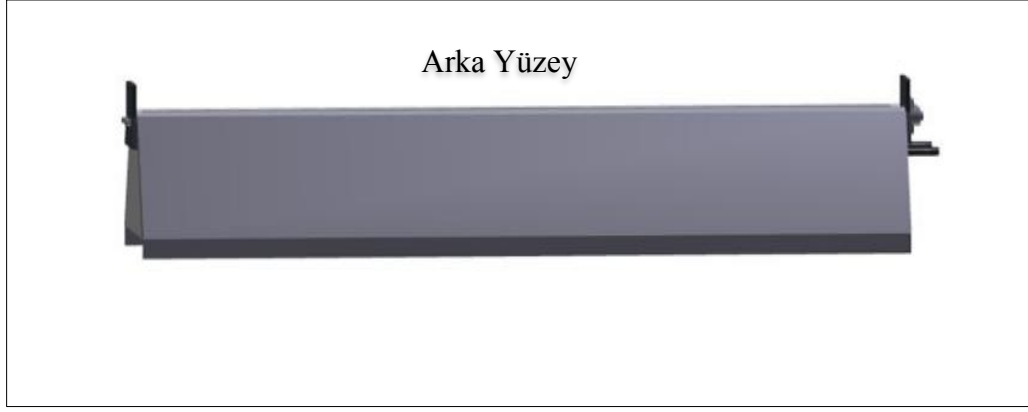


Şekil 5.2. Yeni yapılan aparatın üstten görünüşü

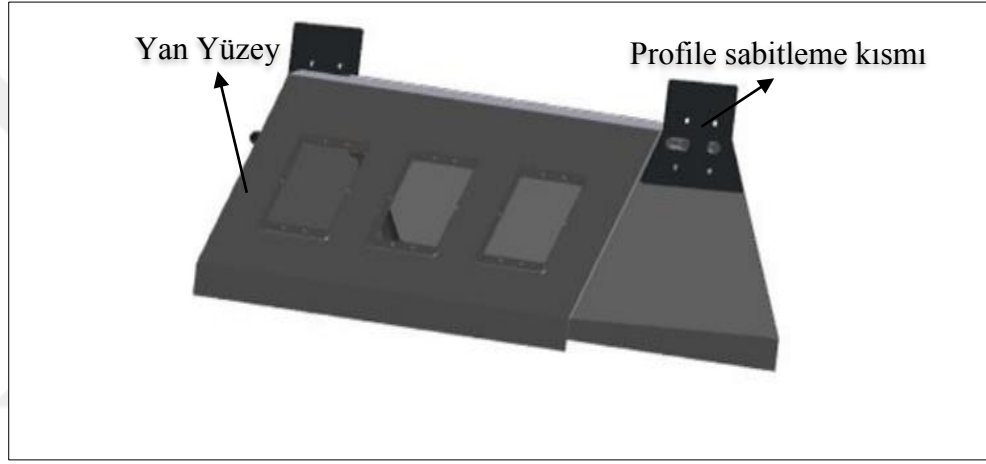
İlk tasarlanan aparatın ön, arka ve yan yüzeylerden görüntüleri Şekil 5.3, Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de görülmektedir.



Şekil 5.3. Yeni yapılan aparatın önden görünüşü



Şekil 5.4. Yeni yapılan aparatın arka yüzeyden görünüşü



Şekil 5.5. Yeni yapılan aparatın yandan görünüşü

5.2.2. Modifikasyon için son tasarım

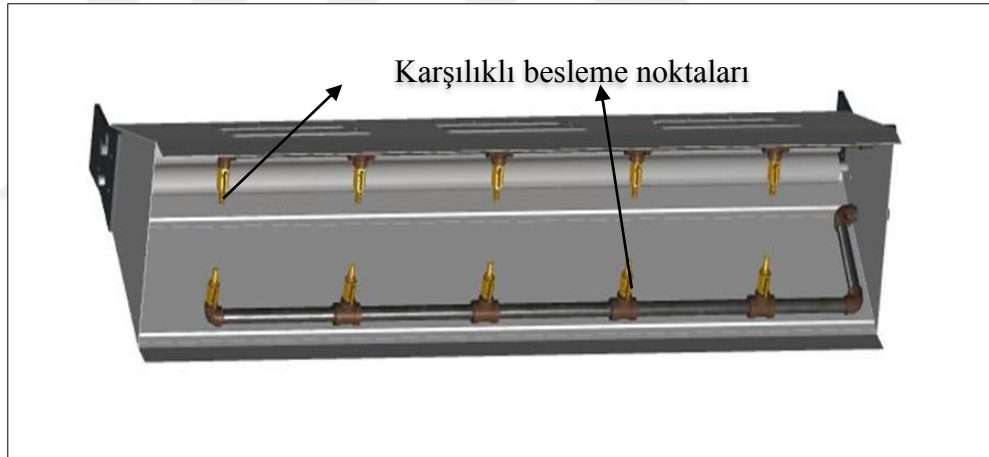
Ön tasarımda geliştirilen aparat kullanılarak, köpüklü aplikasyon yöntemi ile seçilen bir reçete vasıtasıyla birden çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sırasında aşağıdaki sıkıntılar gözlemlenmiştir;

1. Tek taraflı köpük besleme sebebiyle çözümlerin arka yüzeyindeki boya alımları ön yüzeye göre daha az olduğu gözlemlenmiştir,
2. Köpük beslemesi direk jeneratörden kontrol edilecek şekilde tasarlanmış ve köpük besleme beş eşit aralıklarda silindirin yüzeyine besleme olacak şekilde yapılmıştır. Her beş noktadan da eşit miktarda köpük beslenmesinden dolayı kenarlarda aşırı yığılmalar gözlemlenmiştir,
3. Azot gazının içeriye verilisinde borunun ucunun direk çözüme dönük olmasından dolayı gazın verildiği yerlerde sürekli iz oluştuğu görülmüştür,

4. İe dönen silindirlerin yüzeyindeki köpük sürekli kenarlara doğru gitmiş ve kenarlardan tekneye aşırı miktarda köpüğün dökülmesine sebep olduğu grlmştir,
5. zđ ipliğinin aparata giriş noktasında saclara sürtünme olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle hemen öncesinde olan açıcıların darbeli hareketinden zđde boya alımını olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.

Söz konusu olan n tasarım aparatının kullanımı sırasında gözlemlenen sıkıntıları ortadan kaldırmak veya minimize etmek amacıyla aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır;

1. n tasarımda köpük besleme borusu aparatın içinde tek tarafta beslemeye göre tasarlanmış iken, son tasarımda Şekil 5.6'da gösterildiği gibi çift taraflı besleme sistemi oluşturulmuştur. Böylelikle köpüğün zđnn her iki yüzeyine eşit Şekilde nüfus etmesi sağlanmıştır.



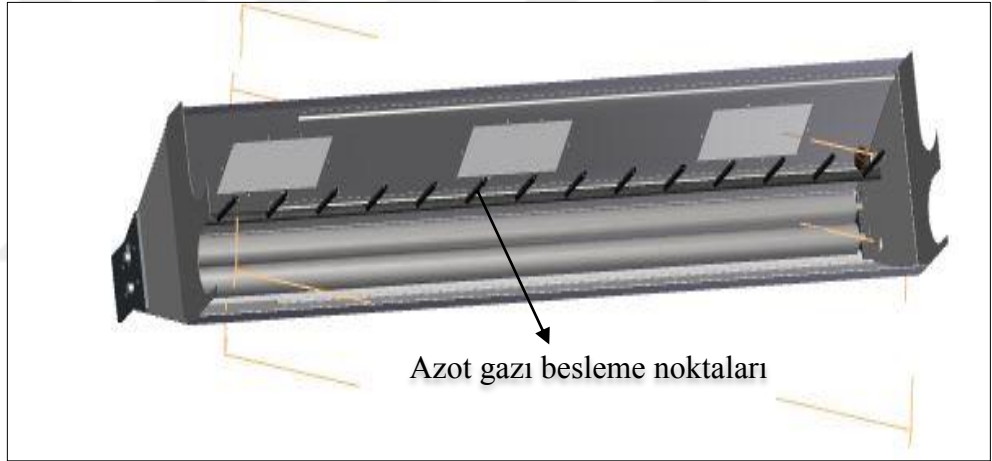
Şekil 5.6. Köpük aparatının karşılıklı besleme sistemi

2. Aparat içindeki köpük besleme başlıklarının her birine Şekil 5.7'de gösterildiği gibi birer vana konularak kenarlarda ve ortalarda köpük besleme ayarlanabilir duruma getirilmiştir. Böylelikle silindirler üzerindeki köpüğün eşit Şekilde dağılımı sağlanmıştır.



Şekil 5.7. Besleme başlıklarına takılan vanalar

3. Azot gazı besleyen boruların yönü Şekil 5.8’de gösterildiği gibi aşağıya döndürülerek, gazın direk çözüğüye teması engellenmiştir.



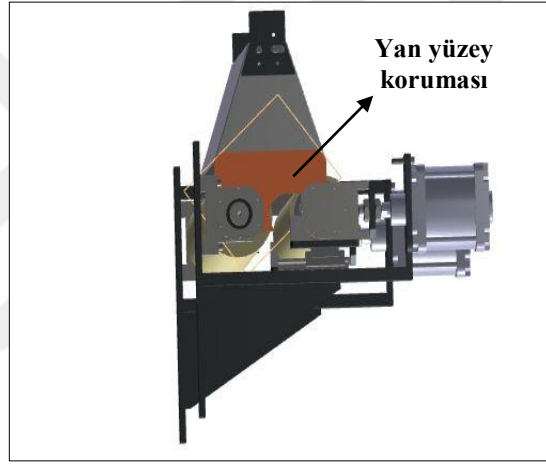
Şekil 5.8. Köpük aparatının içine beslenen azot gazı bağlantısı

4. İki silindir arasında Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da görüldüğü gibi teflondan yapılan parçalar eklenerek, köpük seviyesinin eşitlenmesi ve dolayısıyla kenarlardan oluşan taşmaların önüne geçilmiştir.

Yan yüzey koruması

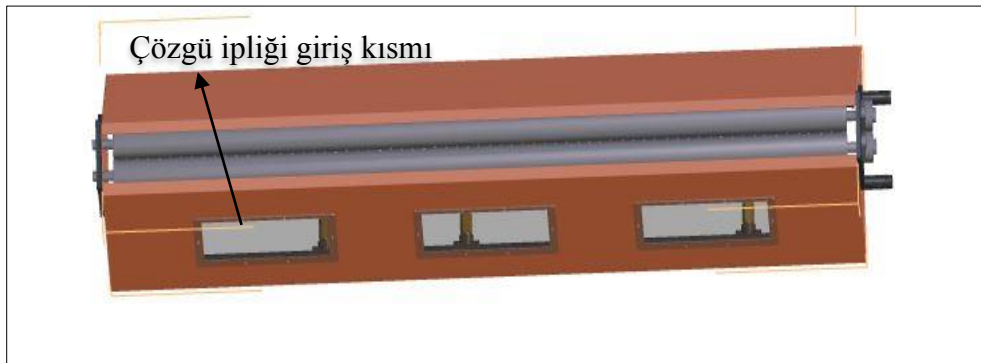


Şekil 5.9. Baskı silindirlerinin yan yüzey korumaları – 1



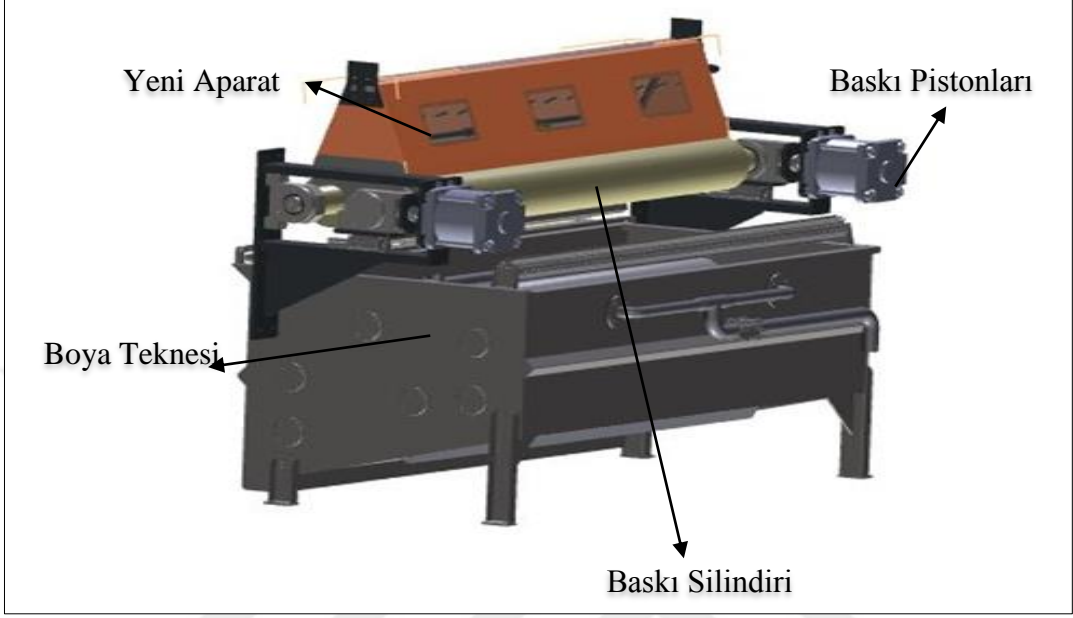
Şekil 5.10. Baskı Silindirlerinin yan yüzey korumaları-2

5. Çözgünün giriş kısmına Şekil 5.11’de gösterildiği gibi serbest hareket edebilen 2 adet silindir yerleştirilerek, hem çözgü ipliğinin sürtünmesi, hem de dalgalı hareketi engellenmiştir.

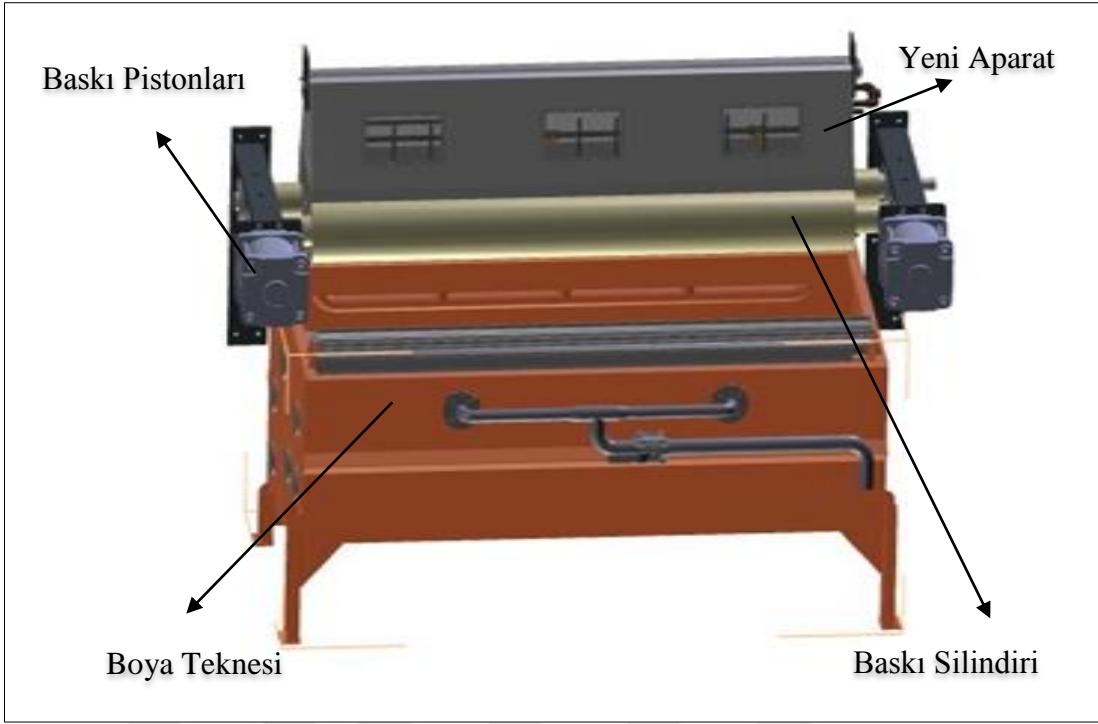


Şekil 5.11. Köpük aparatının giriş noktasındaki silindirler

Ön tasarım ile yapılan çalışmalar sonucu gözlemlenen sorunların çözümü tamamlandıktan sonra, geliştirilen aparat (son tasarım) yeniden belirlenen indigo boya teknesinin üzerine Şekil 5.12 ve Şekil 5.13’de değişik açılarda görüldüğü gibi sabitlenerek, tez kapsamında uygulanacak denemelere hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5.12. Köpük aparatının tekne üstü yerleşimin yandan görünüşü



Şekil 5.13. Köpük aparatının tekne üstü yerleşiminin önden görünüşü

5.2.3. Çalışmada kullanılan köpük jeneratörü

Köpük oluşumu ancak sıvı ve hava karışımı ile elde edilmektedir. İndigo boyarmaddesi indirgenmiş halde kullanılmak zorundadır. Çünkü indirgenmemiş formdaki indigo boyarmaddesinin elyafa afinitesi mümkün değildir. Yani boyarmadde, boyama özelliğini kaybetmiş veya hiç kazanmamıştır. Dolayısıyla normal bir sistemde olduğu gibi eğer köpük jeneratörünü atmosfer havası ile kullanılırsa, havadaki oksijen içeriği nedeni ile indigo boyarmaddesi daha köpük formunda iken yükseltgenmiş olur ve materyale nüfusu gerçekleşmez. Bunu engellemek için jeneratördeki hava bağlantısının iptal edilip yerine azot gazı besleyen bir sistem kurulması zorunludur. Bu sebeple Şekil 5.14'de görülen köpük jeneratörünün hava bağlantısı iptal edilmiş ve yerine azot gazı bağlantısını kurulmuştur. Atmosfer havası yerine, azot gazı ile köpük oluşturma sağlanmıştır. Böylelikle Şekil 5.15'te görüldüğü gibi indigo boyarmaddesinin yükseltgenmesinin önüne geçilmiştir.



Şekil 5.14. Çalışmada kullanılan köpük jeneratörü



Şekil 5.15. Köpük aparatına beslenen indirgenmiş köpük

5.2.4. Çalışmada kullanılan azot gazı

Bu çalışmada kullanılan azot gazı Şekil 5.16'da gösterilen tüp içine basılmış olan gazdır ve bu gazın özellikleri aşağıda belirtilmektedir;

- Linde Gaz A.Ş. firmasından alınmıştır.
- Saflık oranı %99.99 dur.
- Dolum Basıncı 230 bar(15 C ° de)

- Alev almayan
- Zehirli olmayan
- Havadan hafif
- Yüksek konsantrasyonda boğucu
- Tehlike sınıfı 2.
- Tehlike kodu 1A olan bir gazdır.



Şekil 5.16. Çalışmada kullanılan azot tüpü

5.2.5. Çalışmada kullanılan iplik

Tez kapsamında kullanılan çözgü ipliği, Ne 14/1 ring şantuk ve hammaddesi %100 pamuktur. Üretim için çözgü sarma yapılan bir partinin belirli bir kısmı bu çalışma için kullanılmıştır. Kullanılan çözgü ipliği için tercih edilen pamuk Yunanistan menşelidir. İplik test değerleri ve iplik için kullanılan pamuğun test verileri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan ipliğin test verileri

İPLİK TEST DEĞERLERİ	Testler	Ortalama Değerler	Minimum Değer	Maksimum Değer
	Um %	13,11	12,83	13,34
	CVm %	16,25	15,91	16,53
	İnce (-30%)	1193	1030	1362
	İnce (-40%)	243	209	300
	İnce (-50%)	6,8	1	14
	Kalın (+35%)	849	769	953
	Kalın (+50%)	104	86	124
	Neps (+140%)	262	222	322
	Neps (+200%)	40	32	43
	Neps (+280%)	1,2	0	3
	Mukavemet(RKM)	15,83	14,74	17,14
	K.Elastikiyeti (%)	5,71	5,37	6,06
	UHML (mm)	28,73	27,6	29,39
	ML (mm)	23,41	21,91	24,38
PAMUK LİF DEĞERLERİ	UI (%)	81,5	79,1	83,8
	Elastikiyet (%)	6,7	6,5	6,9
	Mukavemet (g/tex)	30,25	26,7	32,2
	İncelik (ug / inch)	4,46	3,64	4,92
	Rd (%)	76,7	70,2	81
	+b	7,4	5,2	9,2
	Çeper Sayısı	21	12	35
	Çeper Alanı (%)	0,51	0,26	0,85
	Nem (%)	5,35	4,7	6,73
	SFI	9,6	7,8	12,1

5.2.6. Çalışmada kullanılan kimyasallar ve boyarmaddeler

Tez kapsamında hem indigo boyamada terbiye ve yıkama işlemleri sırasında kullanılan kimyasal ve boyarmaddeler Çizelge 5.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Kullanılan kimyasallar ve boyarmaddeler

Birim	İsim	Özellik	Firma
İNDİGO BOYAMA	Sıvı indigo	40% lık indirgenmiş indigo	Dystar
	Kostik	48 Be ⁰	Alde Kimya
	Cottocolarin OK	Islatıcı	Pulcra
	Hidrosülfit	95% 'lik, boyarmadde indirgeyicisi	BASF
	Strik Asit	Toz	RZBC
	Securon M400	İyon tutucu	Bozetto
	Primazol NF	Islatıcı	BASF
KÜKÜRT BOYAMA	Black RDT M	Siyah kükürt boyarmadde	MKS
	Antioksidant B	Kükürt indirgeyicisi	MKS
	Securon 1420	İyon tutucu	Pulcra
	Kostik	48 Be ⁰	Alde Kimya
	Foryl Wan	Islatıcı	Pulcra
	Hidrojen Peroksit	50% 'lik	Alde Kimya
	Asetik Asit	80% 'lik	Alde Kimya
TERBİYE	Kostik	48 Be ⁰	Alde Kimya
	Floranit	Islatıcı	Pulcra
	Belsoft	Noniyonik yumuşatıcı	Pulcra
	Repellan	Polietilen yumuşatıcı	Pulcra
	Strik Asit	Toz	RZCB

5.3. Metot

5.3.1. Çalışmada uygulanan boyama prosesleri

Tez kapsamında 100% indigo boyarmadde ile açık en boyama (slasher) makinasında konvansiyonel sistem ile boyanan bir reçete referans olarak alınmıştır. Referans alınan bu reçete P1 olarak numaralandırılmıştır (Çizelge 5.3). Referans numune dışında 16 farklı proses oluşturulmuş ve bu prosesler doğrultusunda 16 farklı boyama yapılmıştır. Toplamda 17 proses uygulaması yapılmıştır. Bu proseslerin özet bilgileri Çizelge 5.3'de gösterilmiştir. Bu çalışmada değişkenlik gösteren ve tez için inceleme konusu olan parametreler aşağıdaki gibidir;

- Boya aplikasyon yöntemi (konvansiyonel, köpük),
- Makina çalışma hızı (5 – 10 mt/dk),

- Ön işlemden uygulanan kimyasal / boyarmadde (kostik – siyah kükürt boyarmaddesi),
- Boyama ortamı (azot – atmosfer),
- Baskı silindirleri basıncı (2,5, 3 ve 4,5 bar),
- Boyarmadde konsantrasyonu (150 – 300 gr/lit).
- Son yıkama tekne sayısı (tek – çift),
- Köpük yoğunluğu (200, 250 ve 300 gr/lit).

P2 den P11'e kadar (P11 dahil) olan proseslerde ön işlemden 4 Be° kostik uygulanmıştır. P12 den P17'ye kadar olan proseslerde ise ön işlemden kükürt boya uygulanmıştır.

Yapılan 17 çalışma için makine üzerinde proses akış durumu Çizelge 5.4'de gösterilmiştir. Konvansiyonel boyama (P1) için makinanın çağlık, ön işlem teknesi, yıkama tekneleri, boyama tekneleri, son yıkama tekneleri, nötralizasyon teknesi, kurutma, haşıl ve kurutma bölümleri kullanılırken, köpük aplikasyon yönteminde ise boyama tekneleri by pass edilerek, sadece köpük aplikatörünün ilave edildiği, 1 teknenin baskı kısmı kullanılmıştır.

Çizelge 5.3. Boyama için uygulanan prosesler (deney planı)

Proses No	Aplikasyon Yöntemi	Ön İşlem	Aplikasyon Ortamı	Hız (m/d)	Baskı (bar)	İndigo Kons. (gr/lt)	Yıkama (adet)	Köpük Yoğunluğu (gr/lt)
1	Sıvı	4 Be°	Atmosfer	20	3	400	Tek	-
2	Köpük	4 Be°	Atmosfer	5	2,5	300	Tek	200
3	Köpük	4 Be°	Azot	5	2,5	300	Tek	200
4	Köpük	4 Be°	Azot	5	3	300	Tek	300
5	Köpük	4 Be°	Atmosfer	5	3	300	Tek	300
6	Köpük	4 Be°	Atmosfer	5	3	300	Tek	250
7	Köpük	4 Be°	Atmosfer	10	3	300	Tek	250
8	Köpük	4 Be°	Azot	5	4,5	300	Tek	250
9	Köpük	4 Be°	Azot	10	3	300	Tek	250
10	Köpük	4 Be°	Azot	5	3	300	Tek	250
11	Köpük	4 Be°	Atmosfer	5	4,5	300	Tek	250
12	Köpük	Kükürt	Azot	5	3	300	Tek	250
13	Köpük	Kükürt	Atmosfer	10	3	300	Tek	250
14	Köpük	Kükürt	Atmosfer	5	3	300	Tek	250
15	Köpük	Kükürt	Atmosfer	5	3	300	Çift	250
16	Köpük	Kükürt	Atmosfer	5	3	150	Tek	250
17	Köpük	Kükürt	Azot	5	4,5	300	Tek	250

Çizelge 5.4. Makine geçiş şeması

PROSESLERİN MAKİNA ÜZERİNDE GEÇİŞLERİ																	
Makine Bölümleri	PROSES NO (Şekil 5.3)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Çağlık	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event	12event
1.Tekne	Önışlem	Önışlem	Önışlem	Önışlem	Önışlem	Önışlem	Önışlem	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya	K.Boya
2.Tekne	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
3.Tekne	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
4.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
5.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
6.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
7.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
8.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
9.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
10.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
11.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
12.Tekne	İ.Boya	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass	ByPass
13.Tekne	İ.Boya	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük	Köpük
14.Tekne	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
15.Tekne	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama	Yıkama
16.Tekne	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon	Nötralizasyon
Kurutma	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart
Haşıl	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart
Kurutma	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart
Sarım	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart	Standart

5.3.2. Çalışmada uygulanan boyama reçeteleri

Konvansiyonel boyama için boyarmadde ve kimyasallar, tekne içi boya konsantrasyonu ve pH'ı sabitlendikten sonra belirlenen oranda beslenmektedir. Bu çalışmada referans alınan reçete için %4 lük oranında sıvı indigo beslemesi yapılmıştır. Tekne içi pH değeri belirlenen limitlerde tutmak için kostik ilavesi yapılmıştır.

Bu çalışmada köpük aplikasyon sistemi ile yapılan indigo boyaması için uygulanan reçete ise Çizelge 5.5'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.5. İndigo boyama reçetesi

Kullanılan Kimyasal ve Boyarmaddeler	g/lt
Sıvı İndigo (indirgenmiş)	300
Hidrosülfite (toz)	15
Islatıcı(yüzey aktif)	20
Kostik (48 Be°)	15
Köpük Ajanı	30

Bu çalışmada ön işlem olarak uygulanan kükürt boyama prosesleri için kullanılan boyama reçetesi Çizelge 5.6 'da görülmektedir.

Çizelge 5.6. Kükürt boyama reçetesi

Kullanılan Kimyasal ve Boyarmaddeler	g/lt
Black M (siyah kükürt boya)	35
Antioksidant	15
İyon tutucu	3
Kostik (sodyum hidroksit)	20
Islatıcı	2

Bu çalışmada kısmi merserizasyon olarak nitelenen ön işlem için uygulanan reçete Çizelge 5.7’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5.7. Ön işlem uygulanan reçete

Kullanılan Kimyasal ve Boyarmaddeler	g/lt
Kostik (sodyumhidroksit)	35
Islatıcı	15

Bu çalışmada indigo boyama sonunda uygulanan nötralizasyon reçetesi Çizelge 5.8’de görülmektedir.

Çizelge 5.8. Nötralizasyon reçetesi

Kimyasal/Boya	g/lt
Sitrik Asit (toz)	35
Islatıcı	15

5.3.3. Çalışma sonu elde edilen çözgü ipliği ile dokunan kumaşlar

Tez kapsamında köpüklü aplikasyon sistemi ile indigo boyanmış çözgü iplikleri, dokuma işletmesinde bulunan Picanol marka, rapierli dokuma tezgahında Çizelge 5.9’da verilen bilgilere göre üretilmiştir.

Çizelge 5.9. Dokuma konstrüksiyon bilgileri

Çözgü İplik No	Ne 14/1 Ring Şantuk
Çözgü tel sayısı (adet)	5484
Tarak numarası (tel/diş)	70/4
Tarak eni (cm)	196
Atkı İplik No	Ne 20/1 44 dtex lycra
Atkı sıklığı (tel/cm)	20
Örgü	3/1 Z

5.3.4. Çalışmada üretilen kumaşların terbiye işlemleri

Bu çalışmada üretilen ham pamuklu kumaşlar için sırasıyla yakma, kısmi merserize, fikse+ kimyasal apre ve sanfor prosesleri uygulanmıştır.

5.3.4.1. Yakma

Dokuma işleminden sonra ilk olarak kumaşın yüzeyindeki hav tabakasını temizlemek amacıyla 15 mbar basınç ve 40 mt/dakika hız ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir.

5.3.4.2. Kısmi Merserize (Flat Finish)

Denim kumaş terbiyesinde “Kısmi Merserize” olarak adlandırılan işlem, aslında kostikleme olarak da adlandırılmaktadır. Bu çalışmada, numune kumaşlar 26 Be° kostik ve 30 mt/dakika hız ile boya makinasında kısmi merserize işlemine tabi tutulmuştur. Fular içerisinde verilen kostikten sonra 60 -70 °C de yıkama işlemine tabi tutulmuş ve sonrasında asit ile nötralizasyon yapılmıştır.

5.3.4.3 Apre + Fikse

Kısmi merserize işleminden sonra bu kumaşlara yumuşak bir tuşe kazandırmak için noniyonik ve polietilen bazlı yumuşatıcıların karışımı ile apre işlemi yapılmıştır. Ayrıca numune kumaşların enlerini ve yıkama sonrası atkı çekmelerini istenen değerlerde tutmak için 175 °C sıcaklık ve 35 metre/dk da fikse işlemi yapılmıştır.

5.3.4.4. Sanfor

Denim terbiyenin son prosesi olan sanfor işleminde kumaşın çözgü çekmeleri istenilen standartlara getirilmektedir. Bu çalışmada elde edilen numune kumaşlar 24 metre/dk hız ile % 13 çekme verilerek sanfor işleminden geçirilmiştir.

5.4. Araştırma Yöntemleri

Çözgü ipliğinin köpüklü indigo aplikasyon yöntemiyle boyanmasından sonra dokunan ve belirtilen terbiye prosesinde geçen kumaşların testleri Maritaş Denim Tic. AŞ. laboratuvarlarında yapılmıştır.

5.4.1. Kumaşlara uygulanan temel testler

Bu çalışma sonucu elde edilen kumaşlara aşağıdaki testler yapılmıştır;

- Gramaj Testi

- Elastikiyet Testi,
- Potluk (Growth) Testi
- Kopma Mukavemeti Testi
- Yırtılma Mukavemeti Testi,
- Sertlik (Stifness)Testi
- Sürtmeye Karşı Renk Haslığı (kuru, yaş)
- Renk Ölçüm Testi

Yapılan tüm testler için mamul ve ev tipi(3x60x60) yıkama yapılmış kumaşlar kullanılmıştır. Ev tipi yıkama işlemi evde kullanılmakta olan yıkma makinalarında 3 defa 60 dakika süreyle 60 °C sıcaklıkta kumaşları yıkama işlemi olarak tanımlanmaktadır. Renk testi ise sadece mamul kumaşlarda yapılmıştır. Testler, Çizelge 5.10’da gösterilen standartlara göre yapılmıştır.

Çizelge 5.10. Uygulan testlerin standartları

Sıra No	Yapılan Test Adı	Test Standardı
1	Gramaj Testi	ASTM D 3776
2	Elastikiyet Testi	ASTM D 3107-07
3	Potluk Testi	ASTM D 3107-07
4	Kopma Mukavemeti Testi	ASTM D 5035 – 95
5	Yırtılma Mukavemeti Testi	ASTM D 1424 – 83
6	Sertlik (Stifness) Testi	ASTM D 4032 – 94
7	Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı Testi	AATCC 8 – 94

5.4.1.1. Gramaj testi

Numune kumaşların gramaj kontrol testi ASTM – D 376 standardı referans alınarak yapılmıştır. Bu test için Resim 5.1’de görülen kesim aparatı kullanılmıştır. Kesilen parçaların tartım işlemi ise hassas terazi kullanılarak yapılmıştır.



Resim 5.1. Kumaş kesme aparatı



Resim 5.2. Tartım için kullanılan hassas terazi

5.4.1.2. Elastikiyet ve potluk testi

Numune kumaşların elastikiyet ve potluk testleri ASTM – D 3107-07 standardı referans alınarak yapılmıştır. Test için kullanılan cihaz Resim 5.3’de görülmektedir. Elastikiyet kontrolü için numune kumaşlardan 6x35 cm ölçülerde atkı yönünde parçalar kesilmiştir. Daha sonra bu parçaların kenarlarından iplikler alınarak, en 5 cm’ ye getirilmiştir. Atkı yönünde 25 cm ölçülüp her iki tarafa işaret vurulmuştur. Resim 5.3’de gösterilen cihazın çenelerine numune parçası atkı yönünde işaretli noktalarda

yerleştirilip ve sıkıştırılmıştır. 23000 gram ağrlık asılarak standarda gre elastikiyet kontrolu yapılmıştır.

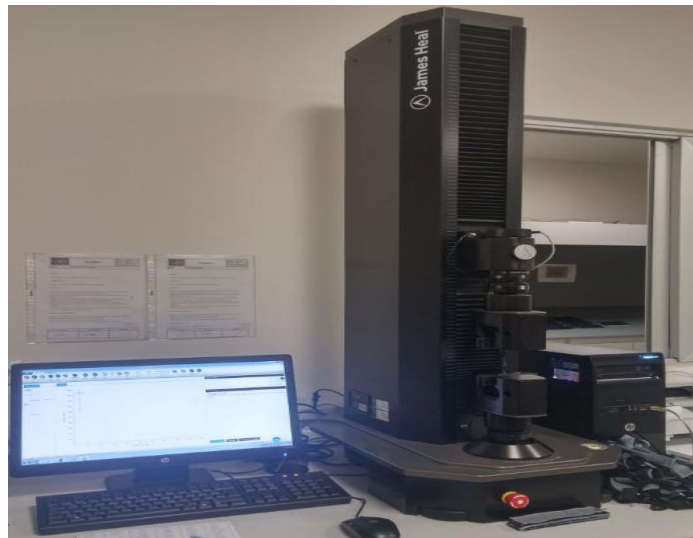
Potluk lmu ise elastikiyet lmu yapılan numune kumaş, masau zerinde 30 dakika dinlendirmeye bırakıldıktan sonra lm yapılarak geri dnmeyen miktar (growth) hesaplanmıştır.



Resim 5.3. Elastikiyet kontrol aparatı

5.4.1.3. Kopma mukavemeti testi

Numune kumaşların zgu ve atkı mukavemet testi ASTM – 5035- 95 standardı referans alınarak yapılmıştır. Bu test, Resim 5.4’de grlmekte olan James Heal marka cihaz ile yapılmıştır.



Resim 5.4. Titan Cihazı

5.4.1.4. Yırtılma mukavemeti testi

Numune kumaşların çözüğü ve atkı yırtılma mukavemeti testi ASTM – 1424 - 83 standardına göre yapılmıştır. Bu test için kullanılan cihaz Resim 5.5’de görülmektedir.



Resim 5.5. Yırtılma test cihazı

5.4.1.5. Sertlik (stifness) testi

Numune kumaşların sertlik (stifness) testi ASTM – 4032 - 94 standardına göre yapılmıştır. Bu amaç için kullanılan cihaz Resim 5.6’da görüldüğü gibidir.

10x20 cm ölçülerde 3 ayrı parça kesilmiş ve kumaşın dış yüzeyi dışarda kalacak şekilde katlanmıştır. Katlanmış olan parçalar cihazın alt plakasına yerleştirilmiş ve cihazın baskı kolu kumaşı alt plakadaki delikten geçene kadar artan şekilde basınç uygulanmıştır. Geçtiğinde uygulanan basınç potluk değerini vermektedir.



Resim 5.6. Potluk test cihazı

5.4.1.6. Sürtünmeye karşı renk haslığı testi

Numune kumaşlarının sürtünmeye karşı renk haslık testi AATCC - 8 - 95 standardına göre yapılmıştır. Bu test için kullanılan cihaz Resim 5.7’de görülmektedir. Sürtünmeye karşı renk haslığı testi yaş ve kuru olarak tekrarlanmıştır. Test sonrası değerlendirme gri skala ile yapılmıştır.

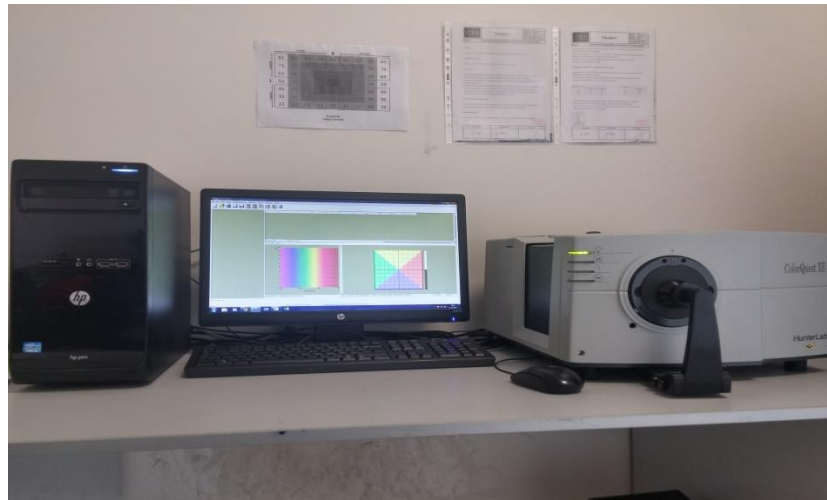


Resim 5.7. Sürtünmeye karşı renk kontrol cihazı

Numune kumaşlarının yaş sürtme haslık testi AATCC – 8 -95 standardı esas alınarak yapılmıştır.

5.4.1.7. Renk ölçüm testi

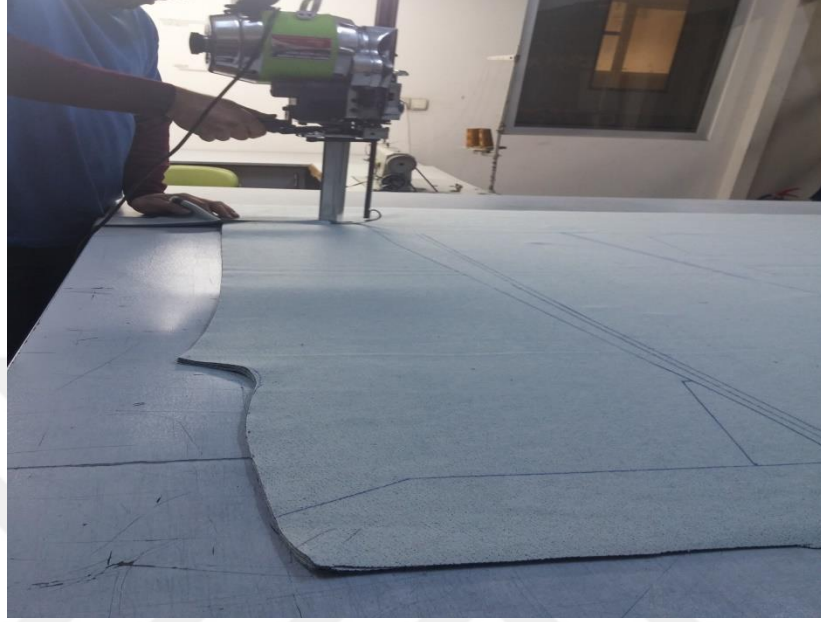
Numune kumaşların CIELab değerlerinin tespiti Resim 5.8’de gösterilen Hunterlab marka spektrofotometre cihazında yapılmıştır.



Resim 5.8. Renk kontrol cihazı

5.4.1.8. Paa dikimi ve yıkaması

Numune kumaşlar Resim 5.9’da görüldüğü gibi kesim masasına serilmiş ve belirlenen şekilde kesilmiştir. Kesilen parçalar Resim 5.10’da gösterilen dikim atölyesinde dikimi yapılmıştır.



Resim 5.9. Kesim masası ve kesim aparatı



Resim 5.10. Dikim atölyesi

Tez kapsamında üretilen kumaşlardan dikilen numunelere, rinse, enzim ve ağartma yıkamaları uygulanmıştır. Rinse yıkama, denim kumaşlar için uygulanan en basit yıkamadır. Bu yıkamaya ait reçete ve proses Çizelge 5.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11. Rins yıkama reçetesi

RİNSE YIKAMA	
KURU İŞLEM	Zımpara
ÖN YIKAMA	1 g/l haşıl sökücü enzim
	1 g/l dispergator
	50 °C
	5 dakika
	pH:6,5-7
KURUTMA	80 °C
	20 dakika
SPREY	20 g/l KMnO ₄ ile uygulama
NÖTRALİZE	3 g/l hidroksil aminsülfat
	1 g/l dispergator
	35 °C
	5 dakika
KASAR	3 g/l deterjan
	50 °C
	5 dakika
DURULAMA	Soğuk su çalkalama
	35 °C
	3 dakika
KASAR	3 g/l deterjan
	50 °C
	5 dakika
YUMUSATMA	3 g/l makrosilikon
	3 g/l hidrofil silikon

Enzim yıkama, denim kumaşlara en yaygın olarak uygulanmakta olan bir yıkamadır. Kumaş üzerindeki boyarmaddenin enzim vasıtasıyla kontrollü uzaklaştırılması işlemi olarak da adlandırılabilir. Bu yıkama ile birlikte pomza taşı da kullanılabilir. Bu çalışmada uygulanan enzim yıkama reçetesi ve prosesi Çizelge 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.12. Enzim yıkama reçetesi

ENZİM YIKAMA	
KURU İŞLEM	Zımpara
ÖN YIKAMA	1 g/l haşıl sökücü enzim
	1 g/l dispergator
	50 °C
	5 dakika
	pH:6,5-7
ENZİM YIKAMA	3 g/l nötr selülaz enzimi
	1 g/l dispergator
	50 °C
	30 dakika
	pH:6,5-7
KURUTMA	80 °C
	20 dakika
SPREY	20 gg/l KMnO ₄ ile uygulama
NÖTRALİZE	3 g/l hidroksil aminsülfat
	1 g/l dispergator
	35 °C
	5 dakika
KASAR	3 g/l deterjan
	50 °C
	5 dakika
DURULAMA	Soğuk su
	3 dakika
KASAR 2	3 g/l deterjan
	50 °C
	5 dakika
DURULAMA	Soğuk su
	3 dakika
YUMUSATMA	3 g/l makro silikon
	3 g/l hidrofıl silikon

Bu çalışmada elde edilen kumaşlara uygulanan son yıkama türü Çizelge 5.13'de verilen, ağartma yıkamasıdır. Ön yıkama ve enzim yıkamaya tabi tutulan numuneler son olarak değişik kimyasallar ile ağartılması yapılmaktadır. Açık ton renkler istenildiğinde tercih edilmektedir.

Çizelge 5.13. Ağartma

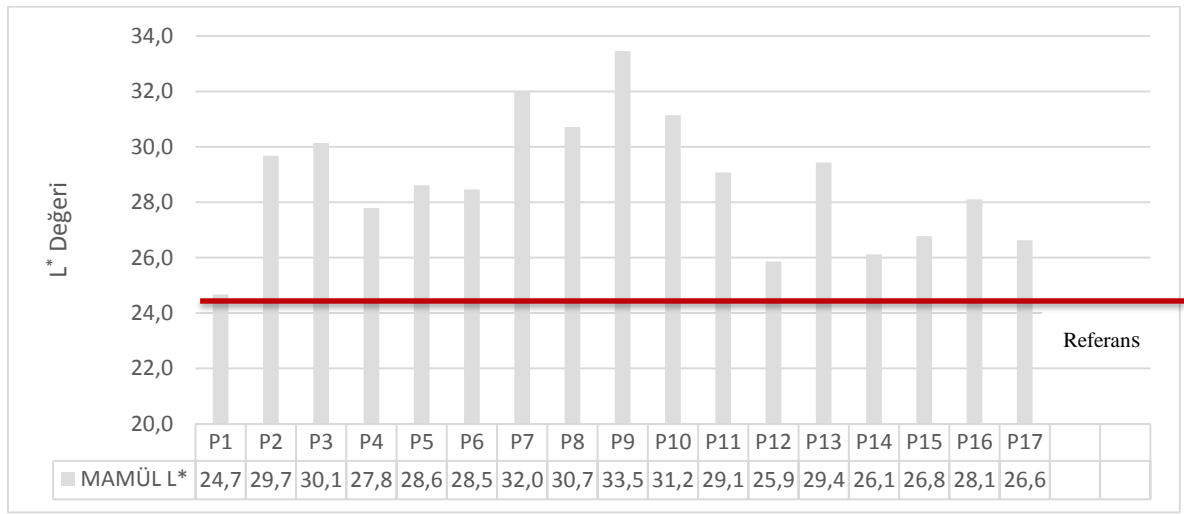
AĞARTMA	
KURU İŞLEM	Zımpara
ÖN YIKAMA	1 g/l haşıl sökücü enzim
	1 g/l dispergator
	50 °C
	5 dakika
	pH:6,5-7
ENZİM YIKAMA	3 gr/l nötr tüy enzimi
	1 g/l dispergator
	50 °C
	30 dakika
	pH:6,5-7
AĞARTMA	80 lt su
	1 litre sodyum hipo klorin
	40-45 °C
	10 dakika
NÖTRALİZE	3 g/l hidroksil aminsülfat
	1 g/l dispergator
	35 °C
	5 dakika
KURUTMA	80 C°
	20 dakika
SPREY	20 g/l KMnO ₄ ile uygulama
NÖTRALİZE	3 g/l hidroksil aminsülfat
	1 g/l aminsülfat
	35 °C
	5 dakika
DURULAMA	Soğuk su çalkalama
	35 °C
	3 dakika
KASAR	3 g/l peroksit
	50 °C
	5 dakika
KASAR 2	3 g/l deterjan
	50 °C
	5 dakika
DURULAMA	Soğuk su
	3 dakika
YUMUSATMA	3 g/l makro silikon
	3 g/l hidrofil silikon

6. BULGULAR

6.1. Renk Ölçümü Testi Sonuçları

6.1.1. Kumaşların L* değerleri

Çalışmada 17 proses sonucu elde edilen kumaşların renk ölçümleri yapılmıştır. Yeni geliştirilen prosesler için kritik karar noktaları göz önüne alındığında, odaklanması gereken en önemli konunun kumaşların renk ile ilgili parametrelerinin olduğunu söylemek mümkündür. Bu sebeple mamul kumaşların L* değerleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Mamul kumaşların L* değerleri

Şekil 6.1 incelendiğinde köpük boyama yöntemi ile elde edilmiş numunelerin renk değerlerinin tamamının referansa göre açık olduğu, daha yüksek ölçülen L* değerlerinden anlaşılmaktadır. Bilindiği gibi CIELab renk sistemine göre L* değeri 0 (siyah)-100 (beyaz) aralığında değişen bir büyüklüktür ve değer büyüdükçe beyaza daha yakın bir ton almaktadır (Duran, 2001).

6.1.1.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışma için uygulanan proseslerden P-2 ile P11 arasındaki tüm proseslere Çizelge 5.3 de görüldüğü gibi ön işlemde 4 Be° değerinde kostik, P12 ile P17 arasında bulunan proseslere ise ön işlemde siyah kükürt boya verilmiştir. Bu bağlamda Şekil 6.1 de ki veriler ve görsel olarak kumaş numuneleri incelendiğinde, P12-P17 arasındaki proseslerden elde edilen numunelerin renklerinin, diğer köpük aplikasyon numunelerine göre daha koyu olduğunu söylemek mümkündür. Köpük aplikasyon sistemi ile yapılan tüm çalışmalar içinde, konvansiyonel slasher boyama renk koyuluğuna en yakın boyamaların

P12 ve P14 proseslerinde elde edildiği görülmüştür. Bunun nedeni olarak, proseslerde ön işlem yerine kükürt boyarmadde verilmesi gösterilmektedir.

6.1.1.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmada hem 4 Be° ön işlem yapılan çalışmalarda hem de kükürt boya uygulanan proseslerde hız değeri değiştirilerek çalışmalar yapılmıştır. Bu çerçevede Çizelge 5.3 de görüldüğü gibi P7-P6 , P9-P10 ve P13-P14 proseslerinde sadece hız değişkenleri farklılık göstermektedir. Şekil 6.1’de görüldüğü gibi P6, P10 ve P14 proseslerinde L* değeri sırasıyla P7, P9 ve P13 proseslerine göre daha düşük, yani renk değeri daha koyu ölçülmüştür. Bunun nedeni P6, P9 ve P14 proseslerinde çalışma hızı 5 metre/dk iken P7, P10 ve P13 proseslerinde çalışma hızı 10 metre/dk olmasıdır. Bu veriler ışığında hızın etkisinin atmosferik çalışma şartlarında daha belirgin olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu da atmosferik şartlarda indigo boyarmaddenin daha kolay okside olması ve hızdan daha fazla etkilenmesi ile açıklanabilmektedir. Çalışma hızının yüksek olduğu proseslerde Resim 6.1’de görüldüğü gibi kumaş yüzeyinde açık tonda izlerin belirginleştiği görülmektedir.

6.1.1.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirme

Deney planı içerisinde incelenen bir diğer konu köpük aplikasyonun yapıldığı ortam ile ilgilidir. Bu araştırmanın yapılabilmesi için bazı deneyler atmosferik şartlarda, bazıları ise tasarlanan aparat vasıtasıyla azot ortamında tekrarlanmıştır. Bu durumu değerlendirebilmek için “P14-P12, P7-P9, P2-P3 ve P5-P4” prosesleri ile üretilen numune kumaşların Şekil 6.1’de verilen L* değerlerinin incelenmesi yeterli olacaktır. Bu denemelerde ikili olarak tüm üretim şartları, ortam hariç aynıdır. Sonuçlar incelendiğinde P14-P12 ve P5-P4 proseslerinin L* değerleri karşılaştırıldığında azot ortamı ile yapılan P12 ve P4 prosesleri sonucu üretilen numune kumaşın rengi daha koyu ölçülmüştür. P7-P9 ve P2-P3 proseslerinde tersi bir durum olduğu görülmektedir. Bunun sebebi P7-P9 proseslerinde çalışma hızı 10 mt/dk olduğu için kumaş yüzeyinde renk olarak bir denge elde edilmemiştir. Bu nedenle renk farklılığın ortaya çıktığı düşünülmektedir.

6.1.1.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelenen diğer bir değişken ise indigo boyarmaddesinin konsantrasyonudur. Bu doğrultuda diğer değişkenleri aynı olup sadece indigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişen prosesler Çizelge 5.3’ de görüldüğü gibi P14 ve P16 prosesleridir. P16 prosesinde 150 gr/lt indigo, P14 prosesinde ise 300 gr/lt

indigo kullanılmıştır. Şekil 6.1’de görüldüğü gibi P14 prosesine göre üretilen numunenin L^* değeri, P16 prosesine göre üretilen numuneye göre daha düşüktür. Bunun sebebi P14 prosesinde 300 gr/lt konsantrasyonunda boya kullanılırken P16 prosesinde 150 gr/lt konsantrasyonunda indigo boyarmadde kullanılmasıdır.. Kumaş numuneleri arasındaki fark, görsel olarak da Resim 6.1’de görülmektedir.

6.1.1.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme

Çalışmada incelenen bir diğer konu ise indigo teknesi üstünde bulunan ve köpük aplikasyon aparatının üzerlerine yerleştirildiği baskı silindirlerine uygulanan basınç değeridir. Çizelge 5.3’de görüldüğü gibi bu değişkenin uygulandığı prosesler, P17-P12, P8-P10 ve P11-P6 prosesleri sonucu üretilen numunelerdir. Şekil 6.1’de verilen, bu proseslere ait numunelerin L^* değerlerine bakıldığında, uygulanan baskı değeri artıkça kısmi de olsa renk koyuluğunun azalmakta olduğu görülmektedir. P12, P17’ye ve P6, P11’e göre daha koyu olarak ölçülmüştür. Ancak P8 ve P10 arasında bu fark görülmemektedir. İki uygulama arasındaki 1,5 bar basınç farkının renge daha fazla etki etmesi beklenmekteydi, ancak modifiye edilen makinedeki baskı silindirlerine basıncın yeterli miktarda aktarılmamasından dolayı, bu fark görülemediği.

6.1.1.6. İndigo boyama sonrası yıkama değişkenine göre değerlendirme

Çalışmada incelenen diğer bir konu ise indigo boyama sonunda yapılan yıkama işleminin incelemesidir. Çizelge 5.3’de görüldüğü gibi P14-P15 proseslerinde bu değişken incelenmiştir. P15 prosesinde çift tekne yıkama yapılmış, P14 prosesinde tek tekne yıkama yapılmıştır. Şekil 6.1’de bu proseslere ait L^* değerlerine bakıldığında, P15 prosesinin değeri daha yüksek çıkmıştır. Ek yıkama yapılan numunenin (P15) rengi daha açıktır. Bunun sebebi ek yıkama işleminden dolayı çözgü ipliği üzerinde indigo boyarmaddesinin temizlenmesinden kaynaklanabileceği öngörülmektedir.

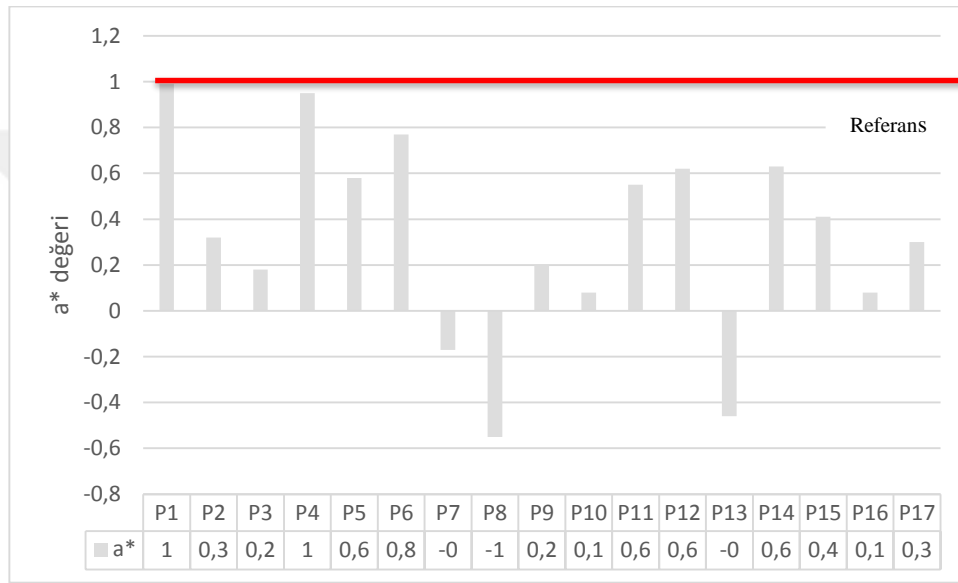
6.1.1.7. Uygulan köpüğün yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelenen son değişken, indigo boyama için hazırlanan köpüğün yoğunluğudur. Bu veriyi sağlıklı irdelemek için köpük yoğunluğu hariç diğer tüm değişkenleri aynı olan P5-P6 prosesleri sonucu üretilen kumaşların değerlerine bakmamız yeterli olacaktır (Bkz. Çizelge 5.3). Bu çerçevede Şekil 6.1’de verilen P5 – P6 proseslerinin L^* değeri incelendiğinde P5 prosesi ile üretilen numunenin renginin P6 prosesine göre üretilen numunenin rengine göre daha açık olduğu

belirlenmiştir. Bunun sebebi P5 prosesinin köpük yoğunluğu P6 prosesine göre daha fazladır.

6.1.2. Kumaşların a* değerleri

Renk ölçümü çıktılarından olan a* değeri, rengin kırmızı veya yeşil değerlerini göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen numune kumaşların a* değerleri Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Şekil 6.2 incelendiğinde, rengin köpük boyama sonrası, klasik boyamaya göre kırmızılığını kaybettiği ve yeşil tona kaydığı söylenebilmektedir. Bu renk değişiminin derecesi, yapılan işleme göre değişiklik göstermiştir.



Şekil 6.2. Mamul kumaşların a* değeri

6.1.2.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme

Şekil 6.2 incelendiğinde, boyama öncesi ipliklere uygulanan ön işlemlerin (kostikleme veya kükürt boyama) rengin değişmesinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

6.1.2.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmada hem 4 Be° ön işlem yapılan çalışmalarda hem de kükürt boya uygulanan proseslerde hız değeri değiştirilerek çalışmalar yapılmıştır. Bu çerçevede Çizelge 5.3 de görüldüğü gibi P7-P6 , P9-P10 ve P13-P14 proseslerinde sadece hız değişkenleri farklılık göstermektedir. Şekil 6.2 incelendiğinde, hız değişiminin renk üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Hız artışıyla birlikte rengin yeşilde kaldığı veya değişim göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, hız artışıyla birlikte boyanan ipliğin oksidasyon süresinin kısalması ve rengin yeşilde kalmasına bağlanabilmektedir.

6.1.2.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirme

Bu araştırmanın yapılabilmesi için bazı deneyler atmosferik şartlarda, bazıları ise tasarlanan aparat vasıtasıyla azot ortamında tekrarlanmıştır. Bu durumu değerlendirebilmek için “P14-P12, P7-P9, P2-P3 ve P5-P4” prosesleri ile üretilen numune kumaşların Şekil 6.2’de verilen a^* değerlerinin incelenmesi yeterli olacaktır. Denemeleri azot veya atmosfer ortamında tekrarlandığı uygulamalardan P3-P2 ve P12-P14’de a^* kriteri açısından önemli değişimler gözlenmezken, P4-P5 ve P9-P7’de 0,37’lik bir değişim belirlenmiştir. Değişim azot ortamında yapılan oksidasyon sonrası rengin kırmızılığının artması şeklindedir. Bu durum indigo boyarmadde oksidasyonunun azot ortamında daha verimli yapıldığını göstermektedir.

6.1.2.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelenen diğer bir değişken ise indigo boyarmaddesinin konsantrasyonudur. Bu doğrultuda diğer değişkenleri aynı olup sadece indigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişen prosesler Çizelge 5.3’ de görüldüğü gibi P14 ve P16 prosesleridir. Şekil 6.2 incelendiğinde konsantrasyonun 300 gr/lt olduğu P14 için a^* değerinin P16’ya göre daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. P14 denemesinin a^* değeri 0,63 iken, P16 denemesinin a^* değeri 0,08 ölçülmüştür. Bu da yüksek konsantrasyonda indigo boyarmaddesinin kullanılması durumunda rengin kırmızıya doğru değişkenlik göstereceğini işaret etmektedir.

6.1.2.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelen başka bir değişken ise indigo teknesi üstünde bulunan ve köpük aplikasyon aparatının üzerlerine yerleştirildiği baskı silindirlerine uygulanan basınç değeridir. Çizelge 5.3’de görüldüğü gibi bu değişkenin uygulandığı prosesler, P17-P12, P8-P10 ve P11-P6 prosesleri sonucu üretilen numunelerdir. Çizelge 5.3 incelendiğinde düşük basınç değerinin 3 bar, yüksek basınç değerinin ise 4,5 bar olduğu tespit edilmiştir. Basınç değerinin düşmesi iplik üzerindeki pick-up değerini yükseltecek, yani iplik üzerinde kalan boyarmadde miktarı artış gösterecektir. Şekil 6.2 incelendiğinde, düşük basınç, yüksek pick-up’lı denemelerde rengin diğerlerine göre daha kırmızı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ipliğin üzerinde daha fazla boyarmadde kalması ile açıklanabilmektedir. Bu denemelerde elde edilen sonuçlar, konsantrasyon denemeleriyle korelasyon göstermiştir.

6.1.2.6. İndigo boyama sonrası yıkama değişkenine göre değerlendirme

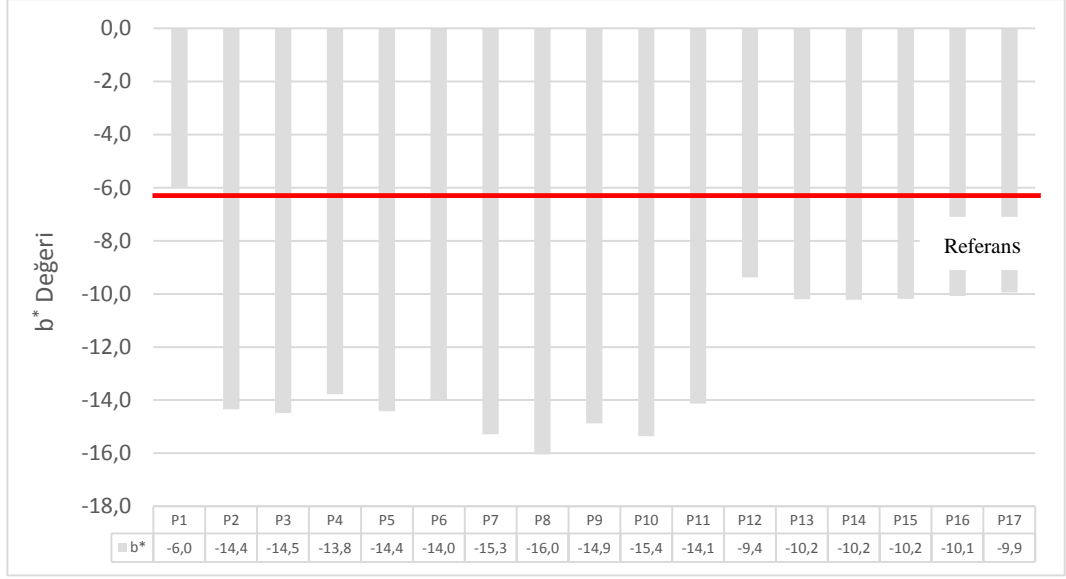
Bu çalışmanın deney planında incelenen diğer bir değişken, indigo boyama sonunda yapılan yıkama işleminin incelenmesidir. Çizelge 5.3’de görüldüğü gibi P14-P15 proseslerinde bu değişken incelenmiştir. P14 prosesi yıkamanın tek, P15 ise çift teknede yapıldığı uygulamalardır. Yıkama sayısının artması, renk kırmızılığının azalması ile sonuçlanmıştır.

6.1.2.7. Uygulanan köpüğün yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelenen son değişken indigo boyama için hazırlanan köpüğün yoğunluğudur. Bu veriyi sağlıklı irdelemek için köpük yoğunluğu hariç diğer tüm değişkenleri aynı olan P5-P6 prosesleri sonucu üretilen kumaşların değerlerine bakmamız yeterli olacaktır (Bkz. Çizelge 5.3). Sonuçlar incelendiğinde, köpük yoğunluğunun rengin kırmızılığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

6.1.3. Kumaşların b* değerleri

Bu çalışmada elde edilen mamul kumaşların b* değerleri ölçülmüştür ve proses bazında çıkan sonuçlar Şekil 6.3’de gösterilmiştir. CIELab renk uzayında ölçülen bu değer, kumaş renginin sarı veya mavi değerlerini göstermektedir. P2-P17 denemelerinden elde edilen numunelerin b* değerlerine bakıldığında, P1’e göre rengin daha mavi ölçüldüğü görülmektedir.



Şekil 6.3. Kumaşların (b*) değerleri

Şekil 6.3 incelendiğinde, boyama öncesi ipliklere uygulanan ön işlemlerin (kostikleme veya kükürt boyama) rengin değişmesinde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ön işlem olarak kostiklemenin yapıldığı numuneler daha mavi çıkmıştır.

Çizelge 5.3 de görüldüğü gibi P7-P6 , P9-P10 ve P13-P14 proseslerinde sadece hız değişkenleri farklılık göstermektedir. Şekil 6.3 incelendiğinde mavilik değerlerinde hıza bağlı önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir.

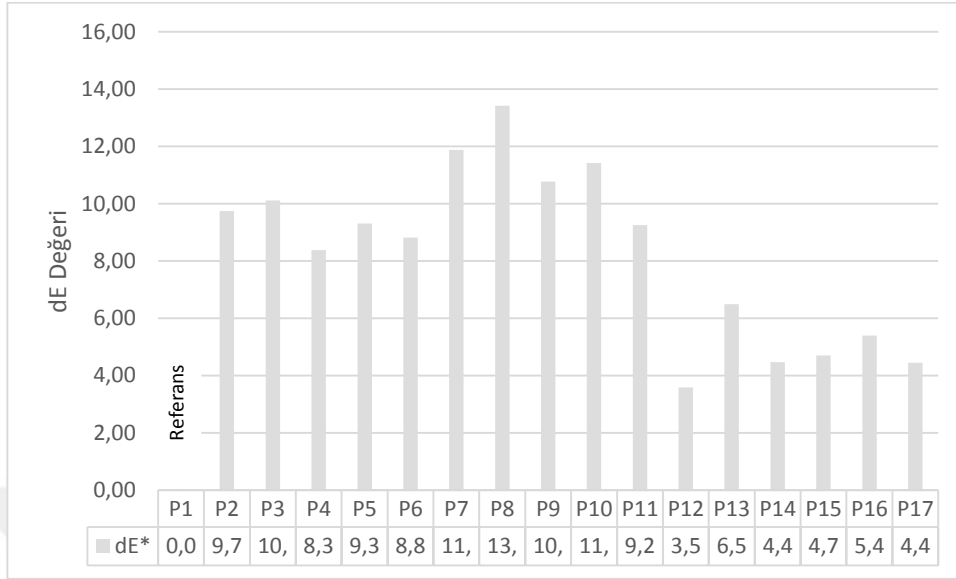
Deney planı içerisinde incelenen bir diğer konu köpük aplikasyonunun yapıldığı ortam ile ilgilidir. “P14-P12, P7-P9, P2-P3 ve P5-P4” prosesleri ile üretilen numune kumaşların Şekil 6.3’de verilen b* değerleri incelendiğinde, azot ortamı ile çalışmanın mavilik değerini ya değiştirmedığı veya düşük miktarda mavi tona kayacak şekilde değiştirdiği tespit edilmiştir.

Şekil 6.3 incelendiğinde köpük yoğunluğu, konsantrasyon, basınç değişiminin ve yıkama tekne sayısının b* değeri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

6.1.4. Kumaşların ΔE (toplam renk farkı) değerleri

Bu çalışma sonucu elde edilen mamul numunelerin renk değerleri ölçülmüş ve CIELab 1976 formülüne göre toplam renk farkları hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam renk farkı değerleri Şekil 6.4’te gösterilmiştir. Şekil 6.4 incelendiğinde, P1’e göre hesaplanan toplam renk farkı değerlerinin kabul edilebilir +1 değerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ön işlem cinsinin renk farkı değerini oldukça etkilediği, kostik ile ön işlem yapmanın, renk farkı oluşumunda en önemli faktör olduğu söylenebilmektedir. P2-

P11 numuneleri için hesaplanan renk farkı değerlerinin, P12-P17'ye göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 6.4. Kumaşların (ΔE) değerleri

Şekil 6.4 incelendiğinde, hız değişiminin renk üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Hız artışıyla birlikte oluşan toplam renk farkı artış göstermiştir. Hızı 10 mt/dk olan P7, P9 ve P13 proseslerinin toplam renk farkı, hızı 5 mt/dk olan P6, P10 ve P14 proseslerine göre daha fazla çıktığı görülmektedir.

Denemelerin azot veya atmosfer ortamında tekrarlandığı uygulamalardan atmosfer ortamı için hesaplanan toplam renk farkı değeri, P14, P7 ve P5 prosesleri için azot ortamında uygulama yapılan P12, P9 ve P4 proseslerine göre daha yüksek çıkmıştır. P2 ve P3 proseslerinde tersi bir durum görülmektedir.

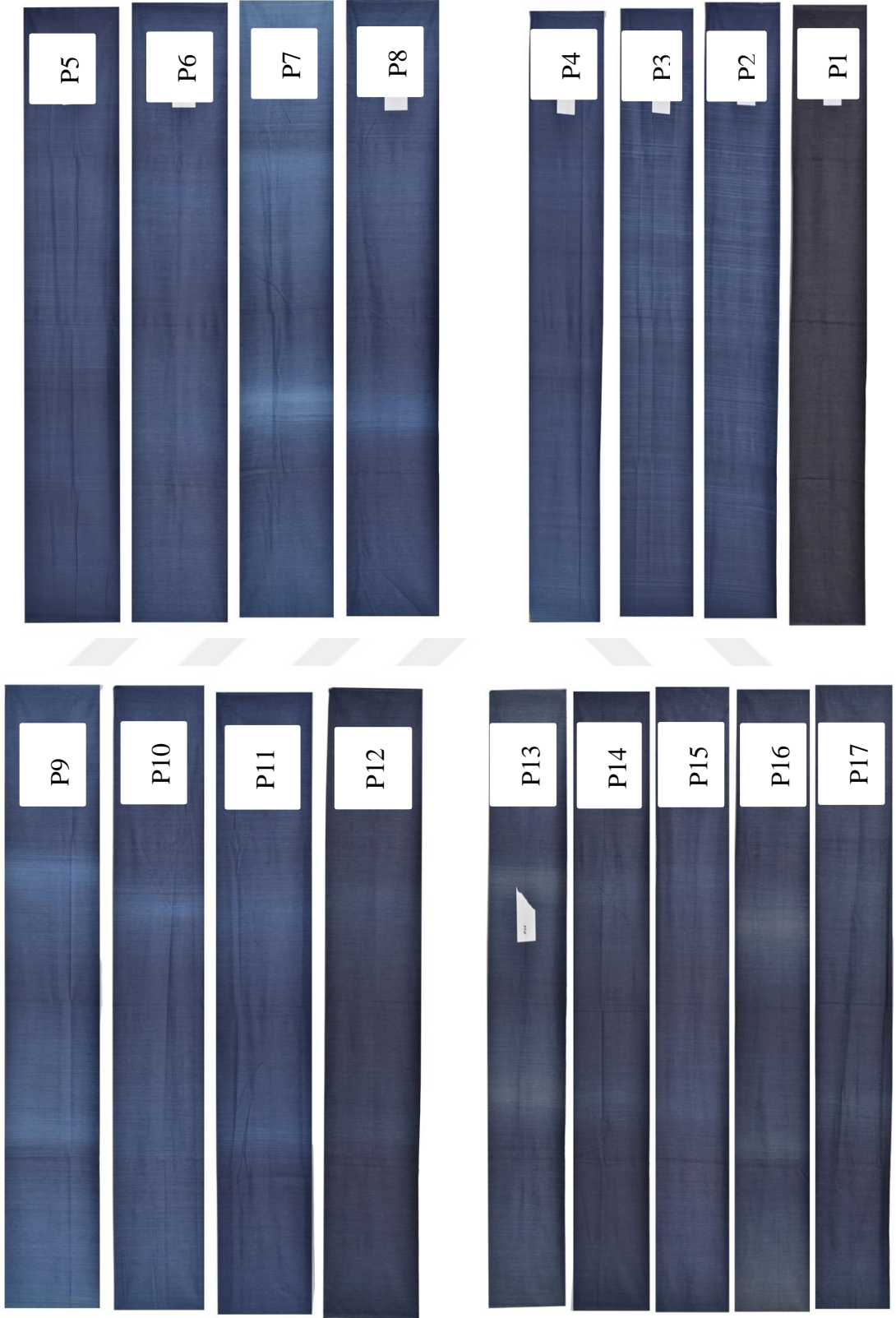
Boyamada kullanılan boyarmadde konsantrasyonunun, köpük yoğunluğunun ve yıkama tekne sayısının toplam renk farkı üzerine etkisi incelendiğinde, toleranslar dışında bir etki tespit edilmemiştir.

Çalışma kapsamında baskı silindirlerinin basınçları ile ilgili yürütülen çalışmalar incelendiğinde, basıncın toplan renk farkı üzerinde etkili olduğu, basınç arttıkça numunelerdeki renk değişiminin arttığı tespit edilmiştir.

6.1.5.Görsel (Kalitatif Değerlendirme)

6.1.1-6.1.2-6.1.3 bölümlerinde üretilen kumaşların renk değerleri kantitatif olarak değerlendirilmiş ve CIELab değerleri verilmiştir. Kumaşlar görsel değerlendirildiğinde, özellikle yeni yöntemlerle yapılan boyamaların renk düzensizliği içerdiği tespit edilmiştir.

Bu durumun değerlendirilebilmesi için kumaşların tam en fotoğrafları profesyonel fotoğraf stüdyosunda çekilmiş ve Resim 6.1’de gösterilmiştir.



Resim 6.1. Kumaşların görsel değerlendirmesi

6.2. Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı (Kuru ve Yaş) Testi Sonuçları

Bu çalışmada elde edilen kumaşların mamul ve ev yıkama sonrası kuru sürtme haslıkları ve yaş sürtme haslıkları test edilmiştir. Çıkan sonuçlar Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Kumaşların sürtünmeye karşı renk haslık değerleri

Proses No (Çizelge 5.3)	Mamul		Yıkanmış (3X60)	
	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş
P1	4	1/2	4/5	2
P2	4	2	4/5	2/3
P3	4	2	4/5	2/3
P4	4	1/2	4/5	2/3
P5	4	1/2	4/5	2/3
P6	3/4	2	4/5	3
P7	3/4	2/3	5	3/4
P8	3/4	2/3	4/5	2/3
P9	3/4	2	5	3
P10	3/4	2	4/5	2/3
P11	3/4	2	4/5	2/3
P12	4	2	4/5	2
P13	4	2	4/5	2
P14	3/4	2	5	2/3
P15	4	2	4/5	2/3
P16	4	2	5	3
P17	4	2	5	2/3

Çizelge 6.1 incelendiğinde köpük aplikasyon yöntemi ile boyanan ipliklerden dokunan kumaşların haslık değerlerinin konvansiyonel uygulamaya kıyasla daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Bu durum ağırlıklı olarak yaş haslık değerleri için daha net olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca yıkama işlemlerin haslık performansını artırdığı söylenebilmektedir.

6.2.1. Ön işlem değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmada P2 den P11’e kadar olan proseslerin ön işleminde 4 Be° kostik, P12’den P17’ye kadar olanlarda ise kükürt boya uygulaması yapılmıştır. Bu bağlamda Çizelge 6.1’deki veriler incelendiğinde, kükürt boya uygulaması yapılan proseslerden P14 hariç diğer mamul kumaşların sürtünmeye karşı kuru renk haslıkları 4 ölçülmüştür. P2’den P11’e kadar olan proseslerde ise 4 ile 3/4 arasında değerler ölçülmüştür. Genel olarak hem

mamul kumaşların, hem de yıkanmış kumaşların kuru ve yaş haslıkları ön işlem değişkenine göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

6.2.2. İndigo makinasının çalışma hızı değişkenine göre değerlendirilme

Bu çalışmada diğer parametreler aynı kalmak kaydıyla, hız değeri değiştirilerek çalışmalar yapılmıştır. Bu çerçevede Çizelge 5.3 de görüldüğü gibi P7-P6 , P9-P10 ve P13-P14 proseslerinde sadece hız değişkenleri farklılık göstermektedir. Çizelge 6.1 incelendiğinde, makine hız değişkenine bağlı olarak yıkama öncesi bir değişim gözlenmezken, yıkama sonrası, makine hızının daha yüksek olduğu çalışmalarda haslığının yarım puan daha kötü olduğu tespit edilmiştir. Hız artışının oksidasyon süresini kısaltmasının bu sonucun çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

6.2.3. Boyamanın yapıldığı ortam değişkenine göre değerlendirilme

Deney planı içerisinde incelenen bir diğer konu köpük aplikasyonun yapıldığı ortam ile ilgilidir. Bu durumun sürtünmeye karşı haslık değerlerine olan etkisini değerlendirebilmek için “P14-P12, P7-P9, P2-P3 ve P5-P4” prosesleri ile üretilen numune kumaşların mamul ve yıkama sonrası kuru/yaş haslıklarının bakılması gerekmektedir. Çizelge 6.1’de bu proseslere ait veriler incelendiğinde mamul ve ev tipi yıkama yapılmış kumaşların kuru ve yaş haslıkları çalışma ortamına göre değişkenlik göstermediği görülmektedir.

6.2.4. İndigo boyarmaddesinin konsantrasyonu değişkenine göre değerlendirilme

Bu çalışmanın deney planında incelenen diğer bir değişken ise indigo boyarmaddesinin konsantrasyonudur. Bu denemelerin yapıldığı P14 ve P16 incelendiğinde, P16 prosesine ait mamul kuru haslığı ve yıkama sonrası yaş haslık değerleri P14 prosesine göre daha yüksek gelmektedir. Bunun nedeni düşük konsantrasyonda çözgü ipliği üzerinde bulunan indigo boyarmadde miktarı daha az olması, dolayısıyla life bağlanmamış boyarmadde niceliğinin de az olması ile açıklanabilmektedir. Ayrıca düşük boyarmadde miktarının daha kolay okside olabileceği de bir diğer neden olarak düşünülebilmektedir.

6.2.5. Baskı silindirlerine uygulanan basınç değişkenine göre değerlendirme

Bu çalışmanın deney planında incelen başka bir değişken ise indigo teknesi üstünde bulunan ve köpük aplikasyon aparatının üzerlerine yerleştirildiği baskı silindirlerine uygulanan basınç değeridir. Bu prosesler ile üretilen kumaşların mamul ve yıkama sonrası kuru ve yaş haslıklarına Çizelge 6.1’de bakıldığında uygulanan baskı değerinin sürtünmeye karşı haslıkları etkilemediği söylenebilir.

6.2.6. İndigo boyama sonrası uygulanan yıkama değişkenine göre değerlendirme

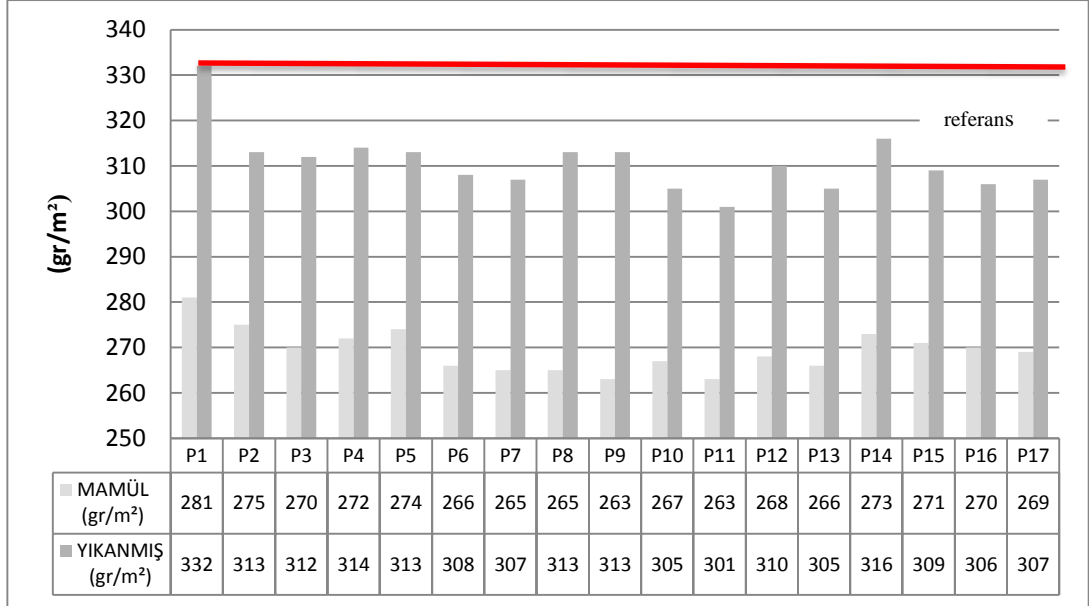
P14 ve P15 prosesleri incelendiğinde, çift tekne yıkama yapılan P15 prosesinden elde edilen kumaşların haslık değerleri, yıkama etkinliğinin fazla çıkmasına bağlı olarak daha yüksek çıkmıştır.

6.2.7. Uygulanan köpük yoğunluğu değişkenine göre değerlendirme

Çizelge 6.1 incelendiğinde köpük yoğunluğu değişiminin haslık değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

6.3. Gramaj Testi Sonuçları

Bu çalışma sonucu elde edilen kumaşların gramaj testi mamul ve yıkanmış olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 6.5’de gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Mamul ve yıkanmış ağırlıklar

Şekil 6.5 incelendiğinde konvansiyonel proses kıyasla, köpükle boyanan numunelerin gramaj değerlerinin değişen miktarlarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel nedeninin köpük uygulamasında daha az boyarmaddenin kumaşa aktarılmış olması ve köpük uygulamasının klasik slasher da olduğu gibi 10 alkali banyoya sahip olmaması gösterilebilmektedir.

Şekil 6.5 incelendiğinde, ön işlem, köpük yoğunluğu, boyama konsantrasyonu, yıkama tekne sayısı, silindir baskı değeri ve boyama ortamının gramaj üzerinde önemli derecede etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Boyama konsantrasyonu ve boyama ortamının

gramajda %1-3 arasında değişime neden olduğu, ancak bunun bilinen \pm %3 değişim tolerans limitleri içerisinde kaldığı için önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Boyama konsantrasyonunun artışının ve atmosfer ortamında boyamanın gramajda düşük miktarda artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Köpük yoğunluğu değişkeninde ise yoğunluğu fazla olan uygulamadan elde edilen numunenin gramajı, düşük olana göre %3,2 daha yüksek çıkmıştır. Bu da tolerans limitlerine oldukça yakındır.

Çalışma hızı değişkenine ait veriler incelendiğinde, çalışma hızı 10 metre/ dakika olan P13, P9 ve P7 proseslerinde mamul kumaş ağırlıkları, çalışma hızı 5 metre/dakika olan P14,P10 ve P6 proseslerine göre daha düşük gelmektedir. Bunun nedeni düşük hızda çözgü ipliğinin üzerine almış olduğu boyarmadde miktarı daha fazla olmasıdır.

6.4. Elastikiyet ve Potluk Test Sonuçları

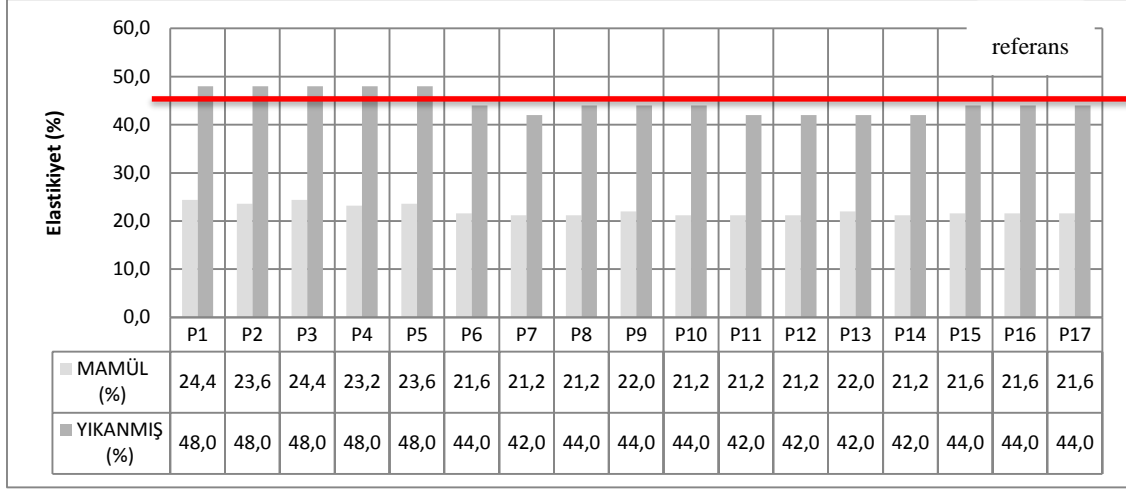
Uygulanan tüm prosesler sonucu elde edilen kumaş numunelerinin, hem mamul olarak hem de ev tipi yıkama sonrasında elastikiyet ve kalıcı uzama değerleri ölçülmüştür. Bu ölçüm sonucunda çıkan değerler Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de verilmiştir.

Elastikiyet ve potluk performansının değerlendirilmesindeki genel kanı, \pm 3 birim (%) limitlerinde kabul aralığının olduğu yönündedir. Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 bu limitler dahilinde değerlendirilmiştir.

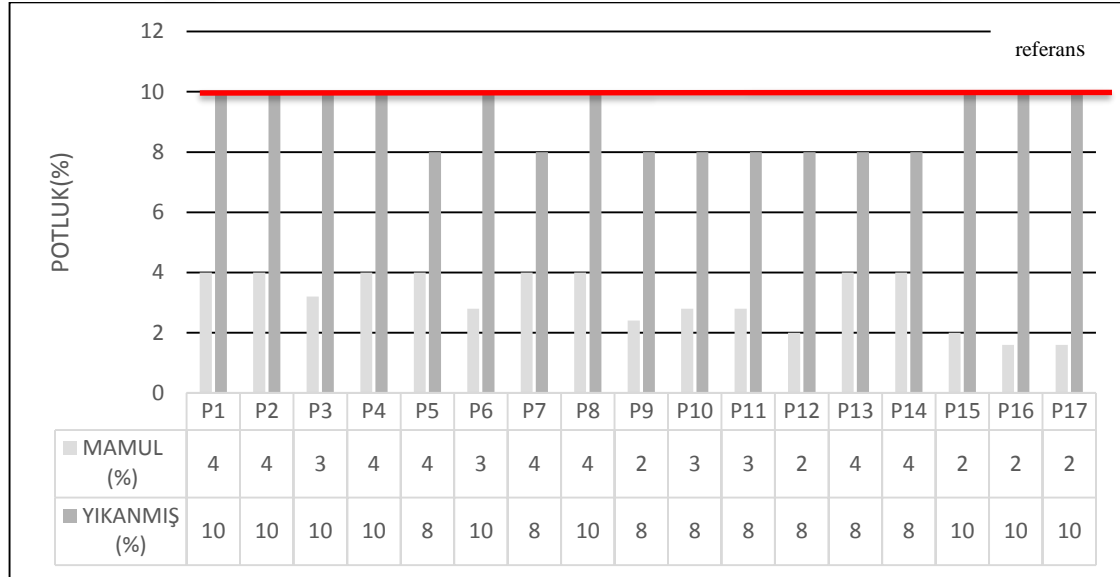
Şekil 6.6 incelendiğinde kumaşların mamul ve yıkama sonrası elastikiyet değerleri %48 ile %42 arasında değişmiştir. Orijinal kumaşın elastikiyeti %48 iken, köpük aplikasyon yöntemleri ile boyama yapılan kumaşların elastikiyet değerleri %48 ile %42 arasında ölçülmüştür. Mamul elastikiyet değerleri ise %24 ile %21,2 arasında gerçekleşmiştir.

Mamul kumaşın elastikiyet değerleri bu tolerans limitleri arasında ölçülmüştür. Dolayısıyla köpük uygulamaları-referans ve köpük uygulamalarının kendi içerisinde önemli farkların olmadığı yorumu yapılabilmektedir. Ancak yıkanmış numunelerde bu tolerans limitlerinin haricinde de farklar tespit edilmiştir.

Şekil 6.7 incelendiğinde köpük aplikasyon ile üretilen numunelerin potluk değerlerinin orijinal kumaşa göre normal limitler dahilinde olduğu tespit edilmiştir.



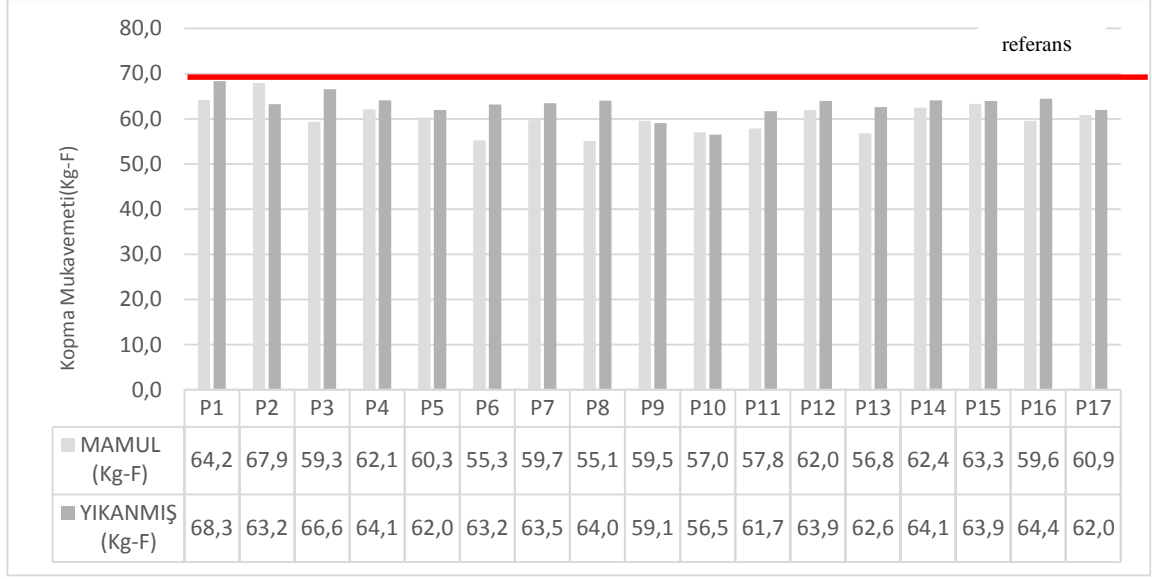
Şekil 6.6. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası elastikiyetleri



Şekil 6.7. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası potluk değerleri

6.5. Kopma ve Yırılma Mukavemeti Test Sonuçları

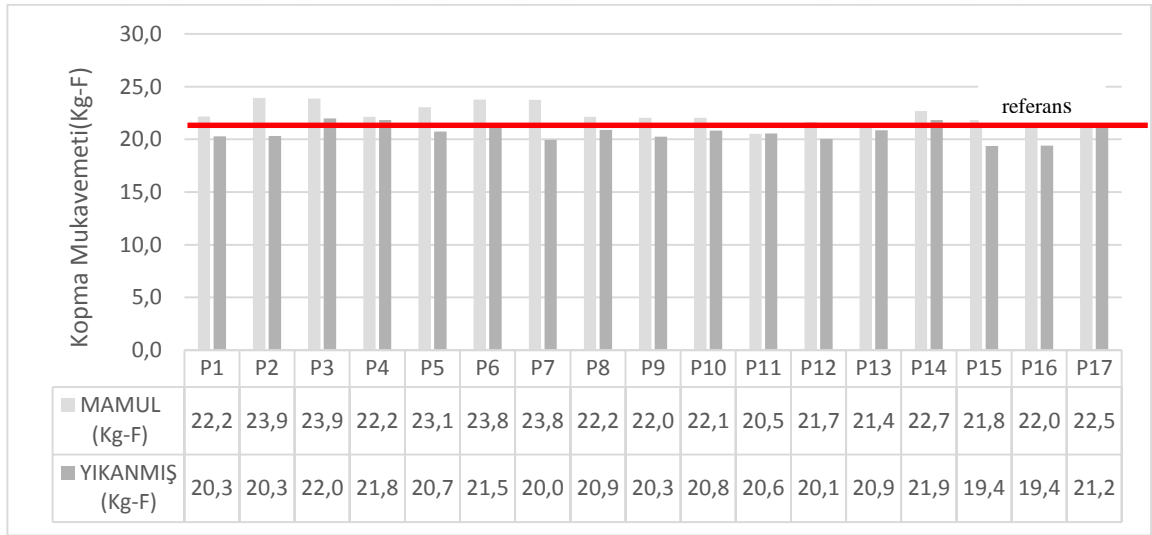
Çalışma sonucu elde edilen kumaşların hem mamul, hem de yıkama sonrası çözgü ve atkı kopma değerleri Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da gösterilmiştir. Şekil 6.8 incelendiğinde çözgü kopma mukavemeti değerlerinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir.



Şekil 6.8. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası çözgü kopma mukavemetleri

Çözgü kopma mukavemet test sonuçlarının verilmiş olduğu, Şekil 6.8 incelendiğinde atkı kopma mukavemetleri prosese göre önemli bir değişkenlik göstermediği tespit edilmiştir.

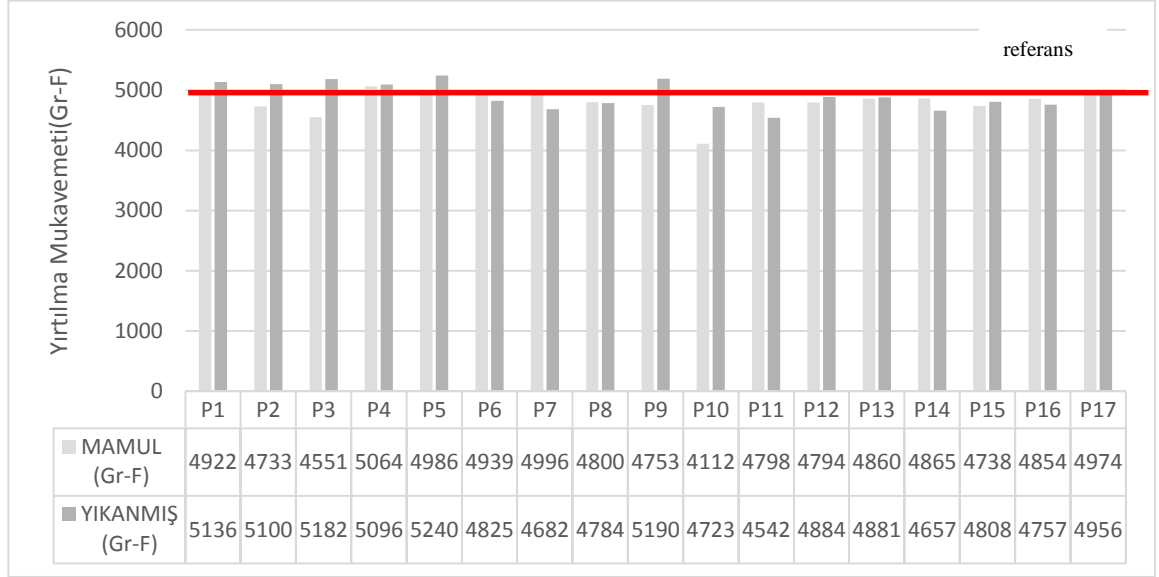
Mamul ve yıkama sonrası atkı kopma mukavemet değerlerinin verilmiş olduğu Şekil 6.9 incelendiğinde önemli bir değişkenlik göstermediği tespit edilmiştir.



Şekil 6.9. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası atkı kopma mukavemetleri

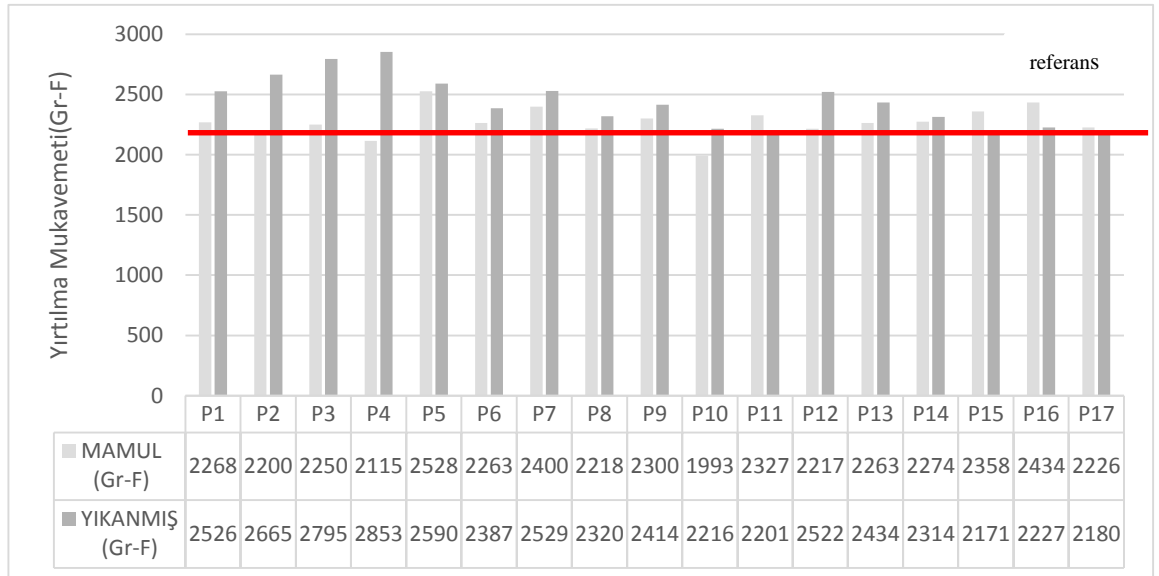
Numune kumaşların çözgü yönü yırtılma mukavemeti değerleri Şekil 6.10'da gösterilmiştir. Şekil 6.10 incelendiğinde, çözgü yırtılma değerleri hem mamul formdaki, hem de yıkama sonrasındaki değerleri kendi içinde ciddi bir değişiklik göstermemiştir.

Yani köpük uygulaması için uygulanan proseslerin çözgü yırtılma değerlerine etkisi gözlemlenmemiştir.



Şekil 6.10. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası çözgü yırtılma mukavemetleri

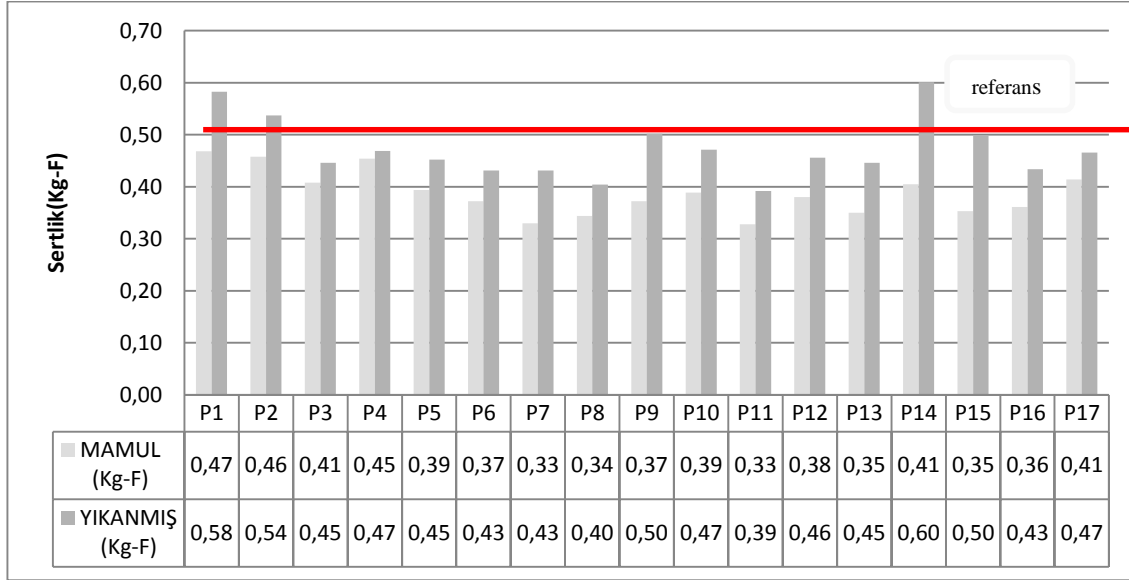
Atkı yönündeki yırtılma testi de hem mamul hem de yıkama sonrası tüm kumaşlar için yapılmış ve test sonuçları Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Çözgü yönündekine benzer bir durum tespit edilmiştir.



Şekil 6.11. Kumaşların mamul ve yıkama sonrası atkı yırtılma mukavemetleri

6.7. Sertlik (Stifness) Test Sonuçları

Bu çalışma sonucu üretilen tüm numunelerin, hem mamul hem de evsel yıkama sonrası sertlik testleri yapılmış ve sonuçları Şekil 6.12’de gösterilmiştir.



Şekil 6.12. Numune kumaşların sertlik değerleri

Şekil 6.12 incelendiğinde konvansiyonel boyama yöntemine göre köpük aplikasyonu ile üretilen kumaşların sertlik değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bilindiği gibi konvansiyonel slasher boyamada iplik grubu 10 tekneye dalma hareketi yapmakta ve her seferinde üzerine gerilim yüklenmektedir. Ancak köpük aplikasyonda bu sayı tek teknedir. Bu gerilimin kumaşın yumuşaklık değerinde olumsuzluğa neden olabileceği düşünülmektedir.

Şekil 6.12 incelendiğinde evsel yıkamanın da tuşeyi geri götürdüğü tespit edilmiştir. Bunun 2 nedeni olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan ilki yıkama sonrası kumaşın üstündeki yumuşatıcı maddenin azalması, diğeri ise yıkama sonrası kumaş sıklığında artıştır.

Şekil 6.12’deki veriler incelendiğinde, kumaş sertliğinde ön işlem, proses hızı, çalışma ortamı değişkenlerine bağlı herhangi bir değişim görülmemektedir.

Bu çalışmanın deney planında incelenen diğer bir değişken ise indigo boyarmaddesinin konsantrasyonudur. Şekil 6.12’de P14 ve P16’ya ait sertlik verileri incelendiğinde, P14 prosesinin mamul ve yıkama sonrası sertlik değerinin P16 prosesine

göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek boya konsantrasyonu, oksidasyona da bağlı olarak kumaş sertliğinin artmasına sebep olmuştur.

Köpük aplikasyon teknesi üzerindeki baskı silindirlerinin basınç değerlerine bağlı olarak yapılan değerlendirme incelendiğinde (Şekil 6.12), P17-P12 prosesleri hariç diğer proseslerde düşük baskı uygulanan numunelerin sertlik değerlerinin daha düşük ölçüldüğü görülmektedir. Özellikle 2,5 bar baskı uygulanan P2-P3 proseslerinin sertlik değerlerinin, diğer proseslere göre yüksek olması bu ilişkiyi daha açık bir şekilde göstermektedir.

Çalışmada incelenen diğer bir değişken olan yıkama sayısının tuşe üzerine etkisi incelendiğinde, ek yıkama yapılan P15 prosesine ait sertlik değerlerinin, tek yıkamalı P14 prosesinden elde edilene göre daha düşük ölçüldüğü tespit edilmiştir. Yani ek yıkama yapılan proses sonucu üretilen kumaşın tuşesi daha yumuşak çıkmıştır. Bunun nedeni, yapılan ekstra yıkama ile indigo boyarmadde ile boyanmış olan çözgü ipliklerinin üzerinde bulunan ama ipliğin içine nüfuz etmemiş boyarmaddelerin atılması ve çözgü ipliklerinin ek yıkama ile pH değerinin daha da düşürülmesi gösterilmektedir.

Aplikasyon esnasında kullanılan köpüğün yoğunluğuna bağlı olarak yapılan değerlendirmede köpük yoğunluğu fazla olan P4 ve P5 proseslerinin sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yani köpük yoğunluğu arttıkça çözgü ipliğine nüfuz eden indigo boyarmaddesi artmakta ve bu da kumaşın daha sert tutumda olmasına sebep olmaktadır.

6.8. Garment Yıkama Sonuçları

Bu projede her kumaş yarım paça şeklinde dikilmiş ve kuru işlemlerden sonra rins, enzim – taş ve ağartma olmak üzere üç farklı yıkama yapılmıştır. Yapılan yıkama işlemlerinde köpüklü aplikasyon ile yapılan boyamalarda kumaşların kuru ve yaş işlemler ile efekt alabildiği gözlemlenmiştir. Şekil 6.13’de tez kapsamında çalışılan 17 tip üretimin, 3 farklı yıkama için ürün fotoğrafları gösterilmiştir.

Ön işlem değişkenine göre yıkamalar incelendiğinde, kükürt boya verilen P12 – P17 proseslerde rengin daha koyu olması sebebiyle yüzeyde bir grilik görülmüştür. Ön işlemi 4 Be⁰ olan P2-P11 proseslerinde ise renk daha mavi tonda çıktığı görülmüştür.

Makinanın çalışma hızı değişkenine göre incelendiğinde, hızı düşük olan (P6,P10 ve P14) proseslerinde, hızı yüksek olan (P7,P9 veP13) proseslerine göre paçaların daha



















düzgün efekt aldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi, hızın yüksek olduğu proseslerde kumaş yüzeyinde belirgin izlerin oluşmasıdır.

Yıkama yapılmış paçalar, konsantrasyon değişkenine göre incelendiğinde, P14 prosesi ile üretilen numune paçasının daha düzgün efekt aldığı tespit edilmiştir.



















Baskı değerleri değişkenine göre incelendiğinde baskı değeri düşük olan P6,P9 ve P12 prosesleri ile üretilen numunelerin paçalarının efektleri daha düzgün olduğu görülmüştür.

Köpük yoğunluğu değişkenine göre incelendiğinde, köpük yoğunluğu fazla olan P6 prosesi ile üretilen numune paçasının efektinin, düşük köpük yoğunluğu ile üretilen P5 prosesine göre çok daha düzgün olduğu tespit edilmiştir.


Çalışmanın yapıldığı ortam ve yıkama sayısı değişkenlerine göre incelendiğinde önemli bir değişim tespit edilmemiştir.

NO	RİNSE	ENZİM	AĞARTMA
P1			
P2			
P3			
P4			
P5			
P6			

Şekil 6.13. Rinse, enzim ve ağartma yıkama olmuş paça numunelerinin fotoğrafları

NO	RİNSE	ENZİM	AĞARTMA
P7			
P8			
P9			
P10			
P11			
P12			

Şekil 6.13. Rinse , enzim ve ağartma yıkama olmuş numunelerinin fotoğrafları (devamı)

NO	RİNSE	ENZİM	AĞARTMA
P13			
P14			
P15			
P16			
P17			

Şekil 6.13. Rinse , enzim ve ağartma yıkama olmuş numunelerinin fotoğrafları (devamı)

6.9. Maliyet Analizi

Tez kapsamında geliştirilen yeni aparat ile uygulanan köpüklü sistem ile indigo aplikasyon reçetesinin, enerji, işçilik, boya – kimyasal, randıman ve atık üretimi değerleri, konvansiyonel yöntem ile yapılan indigo boyama reçetesinin verileri ile kıyaslanmıştır. Bu çalışma sonucu elde edilen veriler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Maliyet analiz verileri

Konu	Konvansiyonel Yöntem	Köpük Aplikasyon Yöntemi
Enerji	3,2 kW / mt	2,4 kW / mt
İşçilik	1028 mt/kişi	1028 mt/ kişi
Boya - Kimyasal	20 g / mt	16 g/mt
Randıman / Verimlilik	15 mt / dk	20 mt /dk
Katı atık (iplik)	13,8 g / mt	8,08 g / mt
Sıvı atık (kimyasal –boya)	0,06 lt / mt	0,009 lt / mt

6.9.1. Enerji

Tez kapsamında geliştirilen yeni aparat vasıtası ile yapılan köpük aplikasyon sistemi ile indigo boyama yönteminin, konvansiyonel (slasher) indigo boyama sistemlerine göre enerji tüketimleri kıyaslanmıştır. Konvansiyonel yöntemde toplamda 16 boya ve yıkama teknesi kullanılıyorken, köpüklü sistemde 7 adet boya ve yıkama teknesi kullanılmıştır. Bu değişime bağlı olarak, ortalama 4 kWh olan motorlardan 9 adet motor kullanım dışı kalmıştır. Bu da saatlik 36 kWh enerji tasarrufu sağlamaktadır. Boya tonunu daha da koyulaştırmak için 2 tekne daha eklenme olasılığını eklediğimizde ise saatlik 28 kWh elektrik tasarrufu elde edilmiş olacaktır. Yani konvansiyonel yöntem ile 3,2 kW /mt , köpük yöntemi ile 2,4 kW / mt enerji tüketimi tüketimi olacaktır. Ayrıca boyama teknelerinin köpük uygulamasında kullanılmaması, yani çözgü ipliğinin tersten baskıya

giris direk oksidasyon alanına geçmesinden dolayı baskı motorlarının daha az zorlanacağı ve bu sebeple daha az enerji tüketecekleri öngörülmektedir.

6.12.2. İşçilik

Köpüklü sistem ile yapılan indigo boyama yöntemi için gerekli olan işçi sayısı, konvansiyonel yöntem ile kıyaslandığında sayısal bir değişim olmayacağı düşünülmektedir. Ancak işçi başına düşen iş yoğunluğunun daha az olacağı söylenebilmektedir. Çünkü bu sistemde makine temizliği, ek kimyevi takipleri ve hazırlanmaları ve tekne içi parametrelerinin kontrolü gibi noktalar daha az veya hiç olmayacaktır. Her iki yöntem için bir vardiya için birim eleman başına düşen üretim 1028 mt kişi olarak gerçekleşecektir.

6.12.3. Boya ve kimyasal

Köpüklü sistem ile yapılan çalışmalardan P2 ve P3 prosesleri için tüketim maliyetleri hesaplanmıştır. Köpük aplikasyonu için hazırlanan çözeltilerden 1 lt ile yaklaşık 25 mt çözgü boyanmıştır. 1 lt çözeltilerde 300 gr %40 lık boyarmadde bulunmaktadır. Konvansiyonel yöntem ile yapılan boyamada ise 300 gr %40 lık boyarmadde çözeltisi ile yaklaşık 15 mt çözgü boyanabilmektedir. Bu veriler incelendiğinde birim bazında yaklaşık %65 oranında daha az boyarmadde kullanıldığı gözlemlenmiştir. Ancak, köpük aplikasyonu yapılan boyamada renk derinliğinin daha açık olması, köpük uygulama sayısının artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede 2 adet daha köpük aplikasyon aparatı eklenip ve boyarmadde tüketimleri hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca uzun metraj çalışmalar yapılması zorunludur. Köpüklü aplikasyon ile ihtiyaç duyulan boyarmadde tüketimi konvansiyonel boyamaya göre yaklaşık %20 daha az olacağı öngörülmektedir.

6.12.4. Randıman

Tez kapsamında elde edilen veriler incelendiğinde, köpük aplikasyon sistemi ile yapılan boyamalarda renk verilerinin en iyi olduğu hız 5 mt/dk' dır. Konvansiyonel yöntemde ise kullanılan hız 20 mt/dk olarak verilmiştir. Yeni sistem geliştirilmeden kullanılması durumunda, üretim randımanı daha düşük olacaktır. Ancak eklenecek yeni aparatlar (özellikle köpük aplikasyon noktasının artırılması) ile üretim randımanının konvansiyonel yöntemle yakınlaştırılacağı öngörülmektedir.

6.12.5. Atık üretimi

Tez kapsamında uygulaması yapılan köpüklü sistem ile indigo boyama yönteminde, üretim sırasında çıkan katı ve sıvı atıkların konvansiyonel sisteme göre daha az olduğu görülmüştür. Özellikle boyama öncesi ve sonrasında oluşan renkli üstübu denilen atık iplik miktarının 20000 mt olan bir çözüğü için yaklaşık %40 daha az olacağı öngörülmektedir.

Boyama sonrasında drenaja verilen boyarmadde ve kimyasal miktarı açısından incelendiğinde, 20000 mt olan bir çözüğü için yaklaşık %85 civarında bir iyileşme olacağı öngörülmektedir. Çünkü konvansiyonel yöntemde her tekne içinde bulunan 1200 lt civarındaki boyarmadde çözeltisi belli aralıklarla drenaja atılmak zorunda iken, köpüklü yöntemde bu şekilde bir atık oluşmamaktadır. Sadece köpük yapımı ve beslemesi sırasında bir miktar kayıp oluşmaktadır.



7. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında köpük aplikasyon sistemi ile açık en çözgü boyama (slasher) makine üzerinde pamuk ipliğinin indigo boyarmadde ile boyanması hedeflenmiştir. Belirlenen hedef doğrultusunda bir aparat geliştirilmiştir. Yapılan yeni aparat kullanılarak indigo boyama işlemi 16 farklı deneme ile sınanmıştır. Köpük aplikasyon ile indigo boyanan çözgü ipliklerinden aynı özelliklerde kumaş üretilmiş ve aynı şartlarda terbiye edilerek mamul kumaşlar elde edilmiştir. Mamul yapılan kumaşlardan paça numuneleri dikilmiş ve rinse, enzim ve ağartma olmak üzere 3 farklı yıkamaya tabi tutulmuştur. Böylece yeni yöntem ile üretilen kumaşların efekt alabilirliği de test edilmiştir.

Konvansiyonel yöntem ve köpük aplikasyonu ile boyanan 17 kumaşın gramaj, elastikiyet ve potluk, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığı, sertlik ve renk ölçüm testleri ile performansları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu kumaşların fotoğrafları çekilerek görsel değerlendirmeleri yapılmış ve efekt alma durumları değerlendirilmiştir.

Tez kapsamında yapılan boyama verilerine ve boyama sonucu üretilen kumaşların test sonuçlarına bakıldığında, boyama verimliliği ile ilgili olarak aşağıdaki değerlendirmelerin yapılmasında fayda bulunmaktadır.

İndirgenmiş formda bulunan sıvı indigonun, eklenen köpük yapıcı kimyasal ile köpük jeneratörü kullanarak köpük oluşturulabileceği görülmüştür. Ayrıca oluşan bu köpüğün yoğunluğunun, jeneratör ve eklenen köpük ajanı ile rahatlıkla değiştirilebileceği de tespit edilmiştir. Atmosferdeki hava yerine, jeneratöre bağlanan azot gazının etkisiyle, köpük oluşumu sırasında indigo boyanın yükseltgenmesi engellenmiştir. Çünkü köpük oluşumu sırasında atmosfer ortamından beslenen hava içindeki oksijen, indirgenmiş formda bulunan indigo ile temas ettiğinde yükseltgenme tepkimesi gerçekleşmektedir. Köpük aplikasyon aparatının içine beslenen azot gazı sonrası elde edilen renk sonuçlarına bakıldığında, yeterli derecede etki göstermediği belirlenmiştir. Çünkü yapılan aparat hareket halindeki silindirlerin yüzeyine degecek şekilde yerleştirilmiş ve giriş silindirlerinin yüzeyi kauçuk kaplanmamıştır. Bu sonucun yeterli miktarda azot gazı beslenmemiş olmasından da kaynaklanmış olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma sonunda konvansiyonel boyamaya göre boya ve enerji tüketiminin daha az, işçiliğin daha düşük olacağı belirlenmiştir. Ayrıca her boyama sonunda çevreye verilen

zararın köpüklü sistem ile daha az olacağı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla bu proses için, daha sürdürülebilir bir boyama prosesi tanımı yapmanın yanlış olmayacağı söylenebilmektedir.

Bu projede boyanan 17 farklı çözgü dokuma işletmesinde aynı makinada ve aynı parametrelerde dokunmuştur. Tüm proseslerde dokuma randımanını negatif yönde etkileyecek herhangi bir sorun ile karşılaşılmamıştır.

Ayrıca dokunmuş ve mamul yapılmış kumaşların fiziksel kalite özelliklerinin de genel hatlarıyla olumsuz etkilenmediği söylenebilmektedir.

Köpük aplikasyon ile indigo boya yapılan 16 farklı proses için hem test sonuçlarına hem de boyama esnasında yapılan gözlemlerde olumlu sonuçlar olduğu gibi, geliştirmeye açık negatif verilerin de olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple değerlendirmeleri iki başlık altında toplamının faydalı olacağı düşünülmüştür.

7.1. Nötr veya olumlu sonuçlar

İndirgenmiş formda bulunan sıvı indigo, basit bir köpük jeneratörü kullanılarak ve eklenen köpük oluşturu kimyasal ile istenilen köpük formuna dönüştürülmüştür. Köpük jeneratörüne normal hava yerine azot gazı bağlanmış ve böylelikle köpükteki renk maviden sarıya dönmüştür. Yani köpük oluşumu sırasında karışan normal hava nedeniyle boyanın yükseltgenmesinin önüne geçilmiştir.

Birbirine paralel duran iki baskı silindirinin dönme yönleri değiştirilmiş ve elde edilen köpük, yeni aparat içine yapılan besleme sistemi vasıtasıyla düzgün bir şekilde beslenmiştir. Böylece çözgü indigo rengi ile boyanmış ve yükseltgendikten sonra yıkama ve haşıl işlemlerinden geçirilerek dokumada kullanılabilmiştir.

Konvansiyonel yöntemde (slasher) boyamada 10 adet tekne kullanılmasına rağmen, geliştirilen yeni yöntem ile boyamada tek boyama teknesi kullanılmıştır. Bu sebeple her parti sonunda telef olarak ayrılan boyalı iplik miktarı yaklaşık 600 metre kısalmıştır. Konvansiyonel yöntemde 1200 metre telef oluşurken, yeni yöntemde 600 metre olarak gerçekleşmiştir.

Köpük aplikasyon sistemi ile indigo boyanan çözgülerin dokuma performansı yüksek (%90-95 arası) çıkmıştır. Dokuma verimliliğini negatif yönde etkileyecek herhangi bir unsur olmamıştır.

Yeni yöntem ile boyanan kumaşlar, konvansiyonel olanlarla aynı şartlarda terbiye proseslerinden geçirilmiş ve prosesin yürütülmesi esnasında herhangi bir soruna rastlanmamıştır.

Yaş ve kuru sürtme haslıkları hem mamul formda, hem de yıkama sonrasında klasik prosese göre yüksek çıkmıştır.

Köpük aplikasyon ile üretilmiş kumaşlarda sertik değeri, konvansiyonele göre daha düşük ölçülmüş, kumaşın diğer fiziksel performans değerlerinde önemli farklar tespit edilmemiştir.

7.2. Geliştirmeye açık sonuçlar

Yukarıda sıralanan olumlu gelişmelere rağmen, boyamalar esnasında bazı olumsuzluk ve zorluklarla da karşılaşmıştır. Bu olumsuzların giderilmesi için yeni çalışma sistematiğiyle, farklı bilimsel faaliyetler yürütülmesi gerekmektedir. Bu faaliyetlerin birçoğunun makine tasarımı ile ilgili olması gerektiği düşünülmektedir.

Çözgü ipliği boya kabininden çıktıktan sonra yüzeyde sürekli değişen yerlerde ve ayrıca bazen artan, bazen de azalan şekilde izler tespit edilmiş, bu da kumaş fotoğraflarında gösterilmiştir.

Köpük, serbest bir şekilde dönen silindirler üzerinde, özellikle köpük yoğunluğu azaldığı durumlarda, düzgün bir şekilde çözgüye nüfuz edememiştir. Bu sebeple çözgü ipliği boyunca bazı noktalarda az boya alan bölgeler oluşmuştur. Bu da ize sebep olmuştur.

Yapılan yeni aparatın dönen silindirler üzerine yerleştirilmesinden dolayı veya yeni tasarlanan kabine yeterli derecede azot gazı besleyecek bir jeneratör olmadığından, kabin içindeki azot oranı istenilen seviyede tutulamamıştır. Bu sebeple atmosfer ortamında yapılan boyamalar ile azot ortamında yapılan boyamalar arasında farklılıklar gözlemlenmemiştir.

Köpük aplikasyon sistemi ile boyanan mamul kumaşların bazılarında geri boyama problemi görülmüştür.

Tespit edilen sorunların aşağıdaki şekilde yapılacak geliştirmeler ile çözülebileceği düşünülmektedir. Bunlar;

- 1.Daha yüksek kapasiteli bir azot jeneratörü kullanımı
- 2.Köpük aplikasyon teknesinin 1 adet değil daha fazla olması (2 ya da 3)

3.Oksidasyon veriminin farklı oksidan malzemeler (örneği ozon gazı) kullanılarak artırılması

4.Köpük aplikasyon şeklinin değiştirilmesi

5.Köpük tipinin değişmesi

6.Aplikasyon sonrası, yükseltgenmeden önce ipliklerin azot gazı içeren ayrı bir kabinden geçmesi

olarak sıralanabilmektedir.



8. KAYNAKLAR

- Adnan, 2015. İndigo Dyeing – Various Methods Explained and Compared – By Adnan – Filled Under Manufacturing Process – December 18 th. / 2009.
- Ayyıldız Ç., Koç E., 2005. Denim Kumaş Üretim Esasları, Dünya ve Türkiyedeki Ticaret Durumu. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, yıl:12, Sayı: 59-60.
- Ben.T.M, Meksi. N,Kechida. M,. 2013. Green Process for Indigo Dyeing: Effect and Modeling of Physico – Chemical Parameters Using Statistical Analysis, Research Unit of Applied Chemistry and Environment, Faculty of Sciences of Monastir, 5000 Monastir, Tunisia. *Int.J.Envirion.Res.*,7(3):697-708, ISSN:1735-6865
- Birinci, H.E.. 2009. Denim Kumaşlarda Görsel Etkiler. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tekstil Anasanat Dalı .
- Büyükakıncı B., Özkenar T., 2013. Denim Kumaşlara Buruşmazlık Apresi Uygulamak Suretiyle Üç Boyutlu Görünüm Kazandırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 20, 2013.
- Chavan, R.B. Dyeing of Denim with Indigo. Indian Institute of Technology – New Delhi – 110016 – JN Chakraborty Regional Engineering College- Jalandhar -144011 India.
- Chettiar, R.C. Natural Indigo Dye Extraction. Shri .A.M.M Murugappa Chettiar ResearchCenter.
http://www.ammmrc.org/mrcrdst/Tec_NaturalIndigoDyeExtraction.html
- Clariant, 2012. Advanced Denim /İnovation Spotligh .
- Duran, K., 2001. Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma. 1. Baskı. Ege Üniversitesi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma – Uygulama Merkezi Yayını. Yayın No: 17. Bornova / İzmir.
- Dystar C, 2010. Dyeing Warp Yarns with Leuco Indigo Foam, European Patent Office, International Publication Number: WO 2010/000551 (07.01.2010 Gazette 2010/01).
- Erkan G., Şengül K.,2010. Denim Kumaşların Rubia Tinctorum L. (Kökboya) ile Boyanması Üzerine Bir Araştırma. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, yıl:17, sayı 80.
- Etters, J.N.. 1995. Advances in İndigo Dyeing:Implications for the Dyers,Apparel Manufacturer and Environment. University of Georgia , Athens
- Gaston, S.. 2004. CFC Foam Application Technology. *International Textile Bulletin*, August P. 77.
- Gaston S, 2012. Apparatur and Method of Foam Dyeing a Traveling Sheet of Textile Yarn US Patent Office, Application Number: 20130283545,October 31, 2013.

- Guebitz G.M, 2010. Indigo Dyeing of Polyamide Using Enzymes for Dye Reduction, Institute of Environmental Biotechnology , Graz Univesity of Technology, Petergasse, Graz. Austria , *Textile Research Journal* 79(10).
- Herzallah,M., Shuber,M.. 2012. Dye Classification - Dyeing Proseses, www.slideshare.net/moherz/dye-classification.
- Intiazuddin S.M, Tiki M.S, 2010. Indigo and Sulphur Rope Dyeing in Denim,AV Chemical Industries, *Pakistan Textile Journal*, 22 March 2010.
- Jeans M. 2015.Natural Indigo Dyeing with Momotaro Jeans, www.okoyamadenim.com/blogs/news/18057008-process-dyeing
- John Willey&Sons. Textileinfo, 2001. Classification of Dyes. www.textileinfo.wordpress.com/2011/12/04/classification-of-dyes.
- Kan C., Wong W., 2010. Color Properties of Cellulase-Treated Cotton Denim Fabric Manufactured by Torque-Free Ring Spun Yarn. *Textile Research Journal*, 81(9) 875-882,2010.
- Kapar B.Ç, Güneşoğlu Ç, 2013. Emdirme ve Kimyasal Köpük Sistemi ile Buruşmazlık işleminde Farklı pH Uygulamaları, Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, Yıl: 2013/2,Cilt:20,Sayı:90.
- Mayer, K..2012. Double Technology Improves Efficiency in Denim Production Combined Technologies Open Up Opportunities.
- Mercer, H.. 2010. Indigo Dyeing with Loop Dyeing Machinery.
- Orta, A.D., 2015. Denim Education Program, İndigo ,Denim Academy Books , Kayseri / Turkey.
- Rajashkumar, H.A.. 2005. Comercial Fabric Dyein Macihe with İndigo &Vat Dyes. Advocate &Patent Agent.
- Rich, J.. 2013. İndigo Dyeing Demonstration. National Quilting Day at ISCM Solomons, G.T.W.. 1998. Chemistry of Blue Jeans. "Organic Chemistry" 4 th Ed., P 571
- Roessler, A.. 2003. Electrochemical Methods for The Reduction of Vat Dyes. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich.
- Satoshi, U.. 2015. Science of İndigo Dyeing. Mukogawa Women´s University / Japan
- Schinler, W.D , Hauser P.J..2004. Chemical Finishing of Textile, *Woodhead Publishing in Textiles*, Cambridge , England.
- Sheshir, M.H..2014. Foam Dyeing Technology. Southeast University Deparment of Textile Engineering. Dhaka / Bangladesh.
- Solomons, T.W . 1988. Chemistry of Blu Jeans : Indigo Synthesis and Dyeing, Organic Chemistry, 4th Ed., p 571 , John Wiley & Sons

Song M, Hou J, 2013. Performans of Foam and Appliacation in Foam Finishing of Textile, Eastern Liaoning University, Dandong, Liaoning, China, *Advanced Materials Research* Vols 821-822, pp 661-664, 2013.

Toksöz M., Mezarıcıöz S., 2013. Denim Kumaşlara Uygulanan Özel Yıkama Uygulamaları. *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 28(2), Aralık 2013.

Uddin M.G, 2014. Indigo Ring Dyeing of Cotton Warp Yarns for Denim Fabric, Department of Textile Engineering, Ahsanullah Universty Science&Technology. Dhaka, Bangladesh, *Chemicals and Materials Engineering* 2(7) :149 – 154 ,2014.

Vuorema, A., 2008. Reduction and Analysis Methods of Indigo. Department of Chemistry, University of Turku, Finland. Sarja-Ser. AI OSA-TOM-388.

Web-1, 2015. The FP 3 Foam Processor, Total Control Over Textile Coating and Foaming www.spgprints.com.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Sıddık Yavuz
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 26/09/1977
Medeni hali : Evli
e-posta : yavuzsddk@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Tekstil Müh. Bölümü	2016
Lisans	KSÜ/ Tekstil Müh. Bölümü	2001
Lise	Battalgazi Lisesi	1994

İş Denevimi

Yıl	Yer	Görev
2001-2003	Çalık Denim / Türkiye	İşletme Mühendisliği
2003-2003	Kipaş Denim / Türkiye	Terbiye Şefi
2004-2005	Xpertex Denim / Pakistan	Ürün Geliştirme Müd.
2006-2007	Siddiqsons Denim / Pakistan	Ürün Geliştirme Danışmanı
2008-2009	Şirikçioğlu Denim / Türkiye	Fabrika Müd. Yard.
2009-2011	Siddiqsons Denim/ Pakistan	Ürün Geliştirme Danışmanı
2012-2012	FM Denim / Mauritius	Ürün Geliştirme Danışmanı
2012 – devam	Maritaş Denim / Türkiye	Fabrika Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yavuz, Balcı, 2016. Denim Kumaş Üretimi ve Küresel Pazarı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü. *Textil Dünyası*, Mayıs 2016, Sayı:99.

Hobiler

Kitap okuma, Yüzme, Turistik gezi,