



POLYESTER ÖRME KUMAŞLARDA DİSPERS BOYAMA EĞİTİMİ

Suda çözünmeyen boyarmaddenin banyoda dağıtılması, lif içine ilerlemesi, yüksek sıcaklıkta boyama, indirgen temizleme ve haslık yönetimi

Bu doküman eğitim ve proses standardizasyonu amacıyla hazırlanmıştır. Boyarmadde, yardımcı kimyasal, pH, sıcaklık, süre ve indirgen temizleme şartları; kullanılan boya serisinin teknik föyü, makine, kumaş, renk grubu, elastan oranı ve müşteri şartnamesiyle birlikte onaylanmalıdır.

Hazırlayan	Bahri Budak
Uzmanlık	Tekstil Boyama ve Apre Uzmanı
Kapsam	HT jet - polyester ve polyester-elastan örme kumaşlar
Revizyon	2026-R1

Temel yaklaşım

Polyester boyamada reaktif boyamadaki gibi lifle kovalent kimyasal bağ kurulmaz. Boyarmadde, yüksek sıcaklıkta hareketliliği artan polyester yapısının içine ilerler ve lif soğuduğunda fiziksel olarak tutulur. Bu nedenle sıcaklık-zaman eğrisi, banyo içindeki parçacık dağılımı, kumaş dolaşımı ve yüzeyde kalan boyanın uzaklaştırılması birlikte yönetilmelidir.

İçindekiler

1. Eğitimin amacı ve kapsamı
2. Polyester lif yapısı ve dispers boyarmadde ilişkisi
3. Temel terminoloji ve sade Türkçe karşılıklar
4. Dispers boyarmadde sınıfları ve seçim mantığı
5. Boyama mekanizması ve sonucu belirleyen değişkenler
6. HT jet proses akışı ve kritik kontrol noktaları
7. pH, su kalitesi, dağıtıcı ve düzgünleştirici yönetimi
8. Isıtma, bekletme, soğutma ve kumaş dolaşımı
9. İndirgen temizleme ve final yıkama
10. Oligomer, yağ ve makine kirlenmesi
11. Polyester-elastan kumaşlarda özel riskler
12. Ölçülebilir kalite kriterleri ve hesaplamalar
13. Yaygın hatalar, kök nedenler ve düzeltme yaklaşımı
14. Operatör ve vardiya kontrol listesi
15. Eğitim değerlendirme soruları
16. Kaynakça ve teknik notlar

1. Eğitimin amacı ve kapsamı

Bu eğitim notu, polyester ve polyester-elastan örme kumaşların HT jet makinelerinde dispers boyarmaddelerle boyanmasını ortak bir saha dili içinde açıklar. Amaç, sabit reçeteleri ezberlemek yerine boyanın banyoda nasıl davrandığını, lif içine hangi koşullarda ilerlediğini, düzgünlük ve haslık sorunlarının nasıl oluştuğunu anlamaktır.

- Dispers boyarmaddenin neden suda gerçek anlamda çözünmediğini ve banyoda ince parçacık halinde tutulduğunu açıklamak.
- Boyanın banyodan kumaşa geçişi, lif içine ilerlemesi ve lif içinde fiziksel olarak tutulması arasındaki farkı göstermek.
- Sıcaklık, süre, pH, su kalitesi, yardımcı kimyasallar, kumaş çevrimi ve boyarmadde enerji sınıfının birlikte değerlendirilmesini sağlamak.
- İndirgen temizleme, termomigrasyon, oligomer ve polyester-elastan risklerini ölçülebilir verilerle yönetmek.

2. Polyester lif yapısı ve dispers boyarmadde ilişkisi

Polyester, çoğunlukla polietilen tereftalat (PET) yapısında, düşük nem alma eğilimli ve sıkı moleküler yapıya sahip sentetik bir lifdir. Suda çözünür iyonik boyarmaddeler bu yapıya kolayca giremez. Dispers boyarmaddeler ise suda çözünmeyen veya çok sınırlı çözünen küçük molekülü renklendiricilerdir; dağıtıcı maddeler yardımıyla banyoda ince parçacıklar halinde homojen tutulur.

Sıcaklık yükseldiğinde polyester zincirlerinin hareketliliği artar ve lif içinde geçici boşluklar oluşur. Boyarmadde, banyodaki parçacık-yüzey dengesi üzerinden life yaklaşır, lif içine ilerler ve yüksek sıcaklıkta lifin iç bölgelerine dağılır. Soğuma sırasında lif yapısının hareketliliği azalır ve boyarmadde lif içinde tutulur.

Kritik ayırım

Dispers boyamada “kimyasal bağlanma” ifadesi genel mekanizmayı doğru anlatmaz. Saha dilinde bazen “fikse oldu” denilse de teknik olarak ana olay, boyarmaddenin polyester içine difüzyonu ve lif yapısında fiziksel olarak tutulmasıdır. Ramözdeki ısı fikse işlemi ise kumaş boyut stabilitesi ve elastan davranışıyla ilgili ayrı bir prosestir.

3. Temel terminoloji ve sade Türkçe karşılıklar

Terminoloji kullanım notu: Önce sahada anlaşılır Türkçe karşılık, ardından parantez içinde tekstil literatüründe kullanılan terim verilmiştir. Dokümanın devamında aynı kavramlar bu kullanım üzerinden okunmalıdır.

Terim	Sade açıklama	Proses açısından anlamı
Banyoda homojen parçacık dağılımı (dispersiyon / dispersion)	Suda çözünmeyen boyarmadde parçacıklarının topaklanmadan banyo içinde eşit dağılmış halde tutulması.	Filtrasyon, dağıtıcı madde, su kalitesi ve sıcaklık kararlılığı leke ile nokta riskini belirler.
Boya çekim oranı (çekim / exhaustion)	Başlangıçta banyoda bulunan boyarmaddenin kumaşa geçen yüzdesi.	Kumaşa geçen boyanın miktarını gösterir; lif içine ne kadar düzgün yerleştiğini tek başına göstermez.
Lif yüzeyine geçici alınma (adsorpsiyon / adsorption)	Boyarmaddenin önce polyester yüzeyine yaklaşması ve geçici olarak tutulması.	Hızlı ve bölgesel yüzey alımı, dolaşım zayıfsa düzgünsüzlük oluşturabilir.
Lif içine ilerleme (difüzyon / diffusion)	Boyarmadde molekülünün polyester yapısının iç bölgelerine doğru hareket etmesi.	Sıcaklık, süre, boya molekülü ve lif yapısı tarafından belirlenir.
Yeniden dengelenme (migrasyon / migration)	Boyarmaddenin daha koyu bölgelerden daha açık bölgelere doğru hareket ederek dağılımı dengelemesi.	Düzgün renk ve iplik kaynaklı çizgi/ton farkını örtme (barre coverage) için gereklidir; enerji sınıfına göre değişir.
Renk derinliği oluşturma gücü (build-up)	Boya oranı yükseldikçe rengin ne kadar verimli koyulaştığı.	Koyu renk kapasitesi ve ekonomik boya kullanımını etkiler.
İndirgen temizleme (redüktif temizleme / reduction clearing)	Lif yüzeyinde kalan bağlanmamış dispers boyanın indirgen kimyasallarla parçalanıp uzaklaştırılması.	Yaş haslık, sürtme ve PES-elastan lekelenmesi için kritik son işlemdir.
Kuru ısıda boya hareketi (termomigrasyon / thermomigration)	Boyarmaddenin ramöz, fikse veya ütü ısısında lif içinden yüzeye doğru yeniden hareket etmesi.	Yıkama ve sürtme haslığını sonradan düşürebilir.
Isıda buharlaşarak hareket etme eğilimi (süblimasyon / sublimation)	Boyarmaddenin yüksek kuru ısı altında katı fazdan buhar fazına geçerek hareket etmesi.	Ramöz, baskı, transfer ve ütü koşullarına dayanımı belirler.
Düşük molekül ağırlıklı polyester kalıntısı (oligomer)	PET üretiminden kalan kısa zincirli bileşiklerin yüksek sıcaklıkta liften çıkıp yüzeye veya makineye çökmesi.	Beyaz-gri tortu, filtre tıkanması, nokta ve makine kirlenmesi oluşturabilir.

4. Dispers boyarmadde sınıfları ve seçim mantığı

Dispers boyarmaddeler uygulamada çoğunlukla molekül büyüklüğü, boyama hızı, lif içinde hareket kabiliyeti ve kuru ısı dayanımı dikkate alınarak düşük, orta ve yüksek enerji sınıfları şeklinde değerlendirilir. Bu sınıflama mutlak değildir; üretici teknik föyleri ve seri özellikleri esas alınır.

Sınıf / saha ifadesi	Genel davranış	Kullanım ve risk
Düşük enerji	Daha küçük molekül; daha hızlı boya alımı ve daha yüksek yeniden dağılım eğilimi.	Açık-orta renk ve düzgünlük avantajı; kuru ısı ve süblimasyon dayanımı daha sınırlı olabilir.
Orta enerji	Boya alımı, renk derinliği ve haslık arasında dengeli davranış.	Geniş renk aralığında kullanılabilir; kombinasyon uyumu kontrol edilmelidir.

Sınıf / saha ifadesi	Genel davranış	Kullanım ve risk
Yüksek enerji	Daha büyük molekül; daha yavaş lif içine ilerleme, yüksek koyuluk ve daha iyi kuru ısı dayanımı.	Koyu renk ve yüksek haslık için uygundur; yeterli sıcaklık-süre ve doğru indirgen temizleme ister.
Yüksek yaş haslık serileri	Polyester ve polyester-elastan için düşük yüzey lekelenmesi ve yüksek yıkama haslığı hedefler.	Seri içi üçlü kombinasyon uyumu ve üretici proses şartları birlikte kullanılmalıdır.

Boya kombinasyonu ilkesi

Sarı-kırmızı-mavi üçlü kombinasyonda yalnızca renk tonu değil; boya alım hızı, sıcaklık hassasiyeti, lif içine ilerleme hızı, pH kararlılığı, indirgen temizleme davranışı ve kuru ısı dayanımı da birbirine yakın olmalıdır.

5. Boyama mekanizması ve sonucu belirleyen değişkenler

Değişken	Proses etkisi	Kontrol yaklaşımı
Ön yıkama ve yağ uzaklaştırma	Örme yağları, silikon ve lif üretim yağları (spin-finish) boyarmaddenin yüzeye düzgün ulaşmasını engeller.	Yağ yükü, köpük, emülsiyon kararlılığı ve ön yıkama sonucu doğrulanır.
Boyarmadde dispersiyonu	Parçacık topaklanması boya noktası, filtre yükü ve yüzey lekesi oluşturur.	Doğru çözündürme/dağıtma sıcaklığı, filtreleme ve dağıtıcı madde kontrol edilir.
pH	Boyarmadde kararlılığı, polyester hidroliz riski ve yardımcı kimyasal davranışını etkiler.	Boya serisinin teknik föyünde verilen asidik çalışma aralığı korunur.
Sıcaklık-zaman eğrisi	Lif hareketliliği, boya çekim hızı, lif içine ilerleme ve renk derinliğini belirler.	Kritik sıcaklık bölgesinde kontrollü ısıtma ve yeterli bekleme uygulanır.
Kumaş dolaşımı	Her kumaş bölgesinin aynı banyo ve sıcaklık koşulunu görmesini sağlar.	Çevrim süresi, düze basıncı, pompa ve yük uygunluğu kaydedilir.
Banyo oranı (flotte)	Boya ve yardımcı madde konsantrasyonunu, ısıtma enerjisini ve hidrodinamiği değiştirir.	Gerçek banyo hacmi ile reçete hesapları eşleştirilir.
Su sertliği ve metal iyonları	Dağıtıcı ve boyarmadde davranışını bozabilir, çökeltme ve ton değişimi yapabilir.	Yumuşak su, iyon tutucu ve düzenli analiz kullanılır.
Boyarmadde enerji sınıfı	Boya alım hızı, yeniden dağılma, koyuluk ve haslık davranışını belirler.	Renk, lif tipi, elastan ve sonraki ısı işlemlerle birlikte seçilir.

6. HT jet proses akışı ve kritik kontrol noktaları

Aşama	Amaç	Kritik kontrol
1. Parti ve makine doğrulaması	Kumaş, lot, yük, düze, çevrim ve makine temizliğini doğrulamak.	Önceki renk, oligomer, filtre, pompa ve seviye kontrolü.
2. Başlangıç banyosu	Su, pH, iyon tutucu, dağıtıcı/düzgünleştirici ve kırık önleyiciyi hazırlamak.	Gerçek banyo hacmi, pH ve köpük davranışı.

Aşama	Amaç	Kritik kontrol
3. Boyarmadde verme	Önceden dağıtılmış ve süzölmüş boyayı homojen biçimde banyoya almak.	Tank temizliği, filtre, veriliş süresi ve sirkülasyon.
4. Kontrollü ısıtma	Boyanın yüzey alımı ile lif içine ilerlemesini dengeli başlatmak.	Özellikle yaklaşık 80-120 °C aralığında boya serisine uygun hız.
5. Yüksek sıcaklık bekletme	Boyarmaddenin lif içine yeterli ve dengeli biçimde ilerlemesini sağlamak.	130 °C veya seri/lif için onaylı sıcaklık, süre ve çevrim.
6. Kontrollü soğutma	Boyanın yüzeye geri hareketini ve kırık riskini azaltmak.	Basınç, kumaş dolaşımı ve uygun boşaltma sıcaklığı.
7. İndirgen temizleme	Yüzeyde kalan boyayı uzaklaştırarak haslığı yükseltmek.	Renk derinliği, boya serisi ve elastan uyumuna göre proses seçimi.
8. Nötralizasyon ve final yıkama	Alkali/indirgen kalıntısını uzaklaştırmak ve final pH sağlamak.	Banyo berraklığı, final pH, sürtme ve numune onayı.

6.1 Örnek HT proses profili - başlangıç şablonu

Aşağıdaki profil sabit reçete değildir. Boyarmadde serisi, polyester tipi, elastan oranı, renk derinliği, makine içi banyo/kumaş akış düzeni ve üretici teknik föyüne göre doğrulanmalıdır.

Proses bölümü	Örnek başlangıç değeri	Saha açıklaması
Başlangıç	40-50 °C	Su, yardımcı kimyasallar, pH ve kumaş dolaşımı doğrulanır.
Boyarmadde verme	10-20 dk	Boyarmadde iyi dağıtılmış ve süzölmüş halde kontrollü verilir.
40/50 → 80 °C	Yaklaşık 2-3 °C/dk	Köpük, dolaşım ve makine stabilitesi izlenir.
80 → 110 °C	Yaklaşık 1.5-2 °C/dk	Boya alımının hızlandığı bölge; kombinasyon uyumu önemlidir.
110 → 130 °C	Yaklaşık 1-1.5 °C/dk	Kritik eşitleme bölgesi; koyu renk ve yüksek enerji boyalarda özellikle önemlidir.
130 °C bekleme	30-45 dk	Süre, boya serisi, renk derinliği ve lif tipine göre doğrulanır.
130 → 80 °C	Yaklaşık 1.5-2 °C/dk	Kontrollü soğutma; kırık, basınç ve dolaşım izlenir.

7. pH, su kalitesi, dağıtıcı ve düzgünleştirici yönetimi

7.1 pH yönetimi

Birçok dispers boya serisi asidik bölgede çalışır. Üretici serisine göre pH 4.0-4.5 veya pH 4.5-5.5 gibi farklı çalışma alanları görülebilir. Bu nedenle “polyester her zaman tek bir pH değerinde boyanır” yaklaşımı doğru değildir. Başlangıç pH değeri, ısıtma boyunca pH kararlılığı ve final nötralizasyonu ayrı ayrı kontrol edilmelidir.

- Aşırı alkali ortam polyester yüzeyinde hidroliz, ton değişimi ve boya kararlılığı sorunlarına yol açabilir.
- Bazı mavi, lacivert ve siyah boyarmaddeler indirgen etkiye hassastır; banyoda indirgen kirlenme veya uygunsuz yardımcı kimyasal kullanılmamalıdır.

- Asetik asit yalnızca pH düşürmek için değil, tampon sistemiyle birlikte pH değişimini kontrol etmek için değerlendirilir.

7.2 Yardımcı kimyasalların görevleri

Yardımcı kimyasal grubu	Sade görev tanımı	Yanlış kullanım riski
Dağıtıcı madde (dispersing agent)	Boyarmadde parçacıklarının topaklanmadan banyo içinde dağılmış halde kalmasına yardım eder.	Yetersiz kullanım leke ve nokta; aşırı veya uyumsuz kullanım boya alımında yavaşlama yapabilir.
Düzgünleştirici (levelling agent)	Boya alım hızını kontrol eder ve boyanın yeniden dengelenmesine yardım eder.	Aşırı geciktirme renk verimini düşürebilir; uyumsuz ürün ton farkı yapabilir.
İyon tutucu (sequestering agent)	Sertlik ve metal iyonlarını bağlayarak çökeltme riskini azaltır.	Yanlış ürün boyarmadde veya yardımcı kimyasalla etkileşebilir.
Kırık önleyici / yağlayıcı	Kumaş-kumaş ve kumaş-makine sürtünmesini azaltır.	Köpük, silikon lekesi veya sonraki apre uyumsuzluğu yaratmamalıdır.
pH düzenleyici / tampon	Isıtma boyunca hedef asidik çalışma alanını korur.	Tek seferde asit verme lokal pH farkı ve ton sorununa yol açabilir.
Köpük kesici	Jet sirkülasyonunda köpüğü kontrol eder.	Silikonlu ürünler filtre ve leke riski açısından doğrulanmalıdır.

8. Isıtma, bekletme, soğutma ve kumaş dolaşımı

Dispers boyamada sıcaklık yalnızca “130 °C’ye ulaşmak” değildir. Boya alım hızı, lif içine ilerleme, yeniden dengelenme ve kumaşın makine içinde gördüğü tur sayısı birlikte değerlendirilir. Aynı sıcaklık profili, farklı çevrim sürelerinde farklı sonuç verebilir.

Kontrol	Hesap / izleme	Yorum
Isıtma süresi	$\text{Sıcaklık farkı} \div \text{ısıtma hızı}$	40 → 130 °C ve 1.5 °C/dk için teorik süre 60 dakikadır; makine gerçek verisi ayrıca kaydedilir.
Kumaş tur sayısı	$\text{Aşama süresi} \div \text{kumaş çevrim süresi}$	Dozaj veya kritik sıcaklık bölgesinde kumaşın yeterli tur atması gerekir.
Düze ve pompa	Basınç, debi, kumaş hızı ve göz yükü	Aşırı mekanik enerji tüylenme, kırık ve elastan hasarı; yetersiz enerji ise dolaşım farkı yaratabilir.
Soğutma	Sıcaklık eğrisi ve boşaltma sıcaklığı	Hızlı soğutma kırık, yüzey boya hareketi ve basınç kontrolü açısından değerlendirilir.

Saha ilkesi

Dozaj süresi ve ısıtma hızı, kumaş çevrim süresinden bağımsız seçilmez. Kimyasal veya boya bir kumaş turundan daha kısa sürede verilirse partinin bazı bölgeleri daha yoğun banyoyla karşılaşabilir.

9. İndirgen temizleme ve final yıkama

Boyama sonunda lif içine girmemiş veya lif yüzeyine zayıf biçimde tutunmuş dispers boyarmadde bulunabilir. İndirgen temizleme, bu yüzey boyasını kimyasal olarak renksiz ve daha kolay uzaklaşabilir hale getirir. Amaç kumaşın ana rengini sökmek değil, lif yüzeyinde kalan ve haslığı düşüren boyayı temizlemektir.

Yöntem	Temel içerik	Kullanım yaklaşımı
Geleneksel alkali indirgen temizleme	İndirgen yıkama maddesi / deterjan + kostik + sodyum hidrosülfid (sodyum ditiyonit)	Koyu renk ve yüksek yüzey boya yükünde güçlü temizleme; elastan ve alkali hassasiyeti kontrol edilir.
Hazır indirgen temizleme sistemi	Tedarikçi tarafından formüle edilmiş indirgen ajan ve yardımcı ürünler	Doz, sıcaklık ve pH ürün teknik föyüne göre uygulanır.
Asidik indirgen temizleme	Asidik bölgede çalışan özel indirgen sistem	Banyo boşaltmadan proses kısaltma veya alkali hassasiyetinde üretici onayıyla kullanılabilir.
Tek banyoda kombine proses	Ön yıkama, boyama ve yüzey temizliğini birleştiren özel yardımcı sistem	Su ve süre tasarrufu sağlayabilir; boya-seri-yardımcı uyumu zorunludur.

9.1 Geleneksel indirgen temizleme için örnek başlangıç aralığı

100 % polyester koyu renkler için bazı üretici önerilerinde yaklaşık 70-80 °C'de 15-20 dakika; 2-4 g/L sodyum hidrosülfid, 4-8 mL/L kostik çözeltisi [38 °Bé (Baumé)] ve uygun indirgen yıkama maddesi görülebilir. Bu değerler genel reçete değildir; ürün konsantrasyonu, boya serisi, renk derinliği, elastan oranı ve tedarikçi teknik föyüne göre doğrulanmalıdır.

- Temizlikten sonra sıcak/ılık durulama, ardından pH 5-6 civarına kontrollü nötralizasyon ve final durulama uygulanır.
- Banyo berraklığı tek başına yeterli kanıt değildir; sürtme, yıkama haslığı ve yüzey boya kontrolüyle birlikte değerlendirilir.
- Açık renklere, yüksek haslık serilerinde veya özel tek-banyo sistemlerinde indirgen temizleme şiddeti azaltılabilir; karar teknik föy ve test sonucuna göre verilir.

10. Oligomer, yağ ve makine kirlenmesi

Polyester lifte bulunan düşük molekül ağırlıklı oligomerler yüksek sıcaklıkta liften ayrılabilir, soğuma veya pH değişimi sırasında kumaş yüzeyine, filtreye, eşanjöre ve makine duvarına çökebilir. Özellikle koyu renk, yüksek sıcaklık, geri dönüşümlü polyester, yüksek oligomerli lot ve yetersiz makine temizliğinde risk artar.

Belirti	Olası neden	Önleme / kontrol
Beyaz-gri toz veya tortu	Oligomerin soğuma sırasında çökmesi.	Kontrollü soğutma, uygun dağıtıcı madde, filtre ve makine temizliği.
Koyu kumaşta açık noktalar	Yağ/oligomer birikimi, filtre parçacığı veya boya parçacıklarının topaklanması (aglomerasyon).	Ön yıkama, filtrasyon, tank ve hat temizliği.
Makine duvarında yapışkan tabaka	Spin-finish yağları, oligomer ve dispers boya birikimi.	Renk geçişi ve belirlenen periyotta uygun makine yıkama programı.
Filtre basıncının yükselmesi	Boyarmadde topaklanması veya oligomer yükü.	Boya süzme, su kalitesi, yardımcı kimyasal ve filtre kontrolü.

11. Polyester-elastan kumaşlarda özel riskler

Risk	Olası sonuç	Kontrol yaklaşımı
Elastanın boyarmaddeyle lekelenmesi	Elastan kısmında koyu kirli görünüm, düşük yaş haslık ve depolama migrasyonu.	Elastan lekelenmesi düşük boya serisi, yeterli yüzey temizliği ve seri uyumu.
Yüksek sıcaklık ve uzun süre	Elastikiyet kaybı, geri toplama düşüşü, sararma veya kırık.	Ön fikse geçmiş, elastan denyesi, ısı-süre yükü ve makine gerilimi birlikte değerlendirilir.
Güçlü alkali indirgen temizleme	Elastan performansında kayıp ve kumaş tutumunda bozulma.	En düşük etkili alkali/indirgen yükü; özel asidik veya tek-banyo sistemlerinin test edilmesi.
Termomigrasyon	Ramöz sonrası yüzeye çıkan boya nedeniyle haslık düşüşü.	Yüksek yaş ve kuru ısı haslıklı seri, uygun ramöz sıcaklığı ve final test.
Yağ ve silikon kalıntısı	Boyama lekesi, hidrofob yüzey ve sonraki apre uyumsuzluğu.	Etkili ancak elastana zarar vermeyen ön yıkama ve durulama.
Mekanik gerilim	Kırık, may dönmesi, en kaybı ve kalıcı çizgi.	Yük, düze, pompa, çevrim ve halat açılımı kontrolü.

12. Ölçülebilir kalite kriterleri ve hesaplamalar

Kriter	Yöntem	Değerlendirme
Renk farkı ve ton	Spektrofotometre + onaylı görsel değerlendirme	Müşteri toleransı ve farklı ışıklarda tonun değişmesi (metameri) birlikte değerlendirilir.
Baş-son / sağ-sol eşitlik	Bölgesel numune ve renk farkı değeri (ΔE) karşılaştırması	Kumaş boyunca farkın kabul sınırında olması gerekir.
Yıkama haslığı	Müşteri veya ISO/AATCC metodu	Polyester ve komşu lif lekelenmesi ayrı okunur.
Kuru-yaş sürtme	Sürtme haslığı cihazı (krokmetre) / ilgili test standardı	Yüzey boyasının yeterince uzaklaştırıldığını gösterir.
Süblimasyon / kuru ısı haslığı	Onaylı sıcaklık-süre test yöntemi	Ramöz, transfer ve ütü koşullarında renk değişimi/lekelenme kontrol edilir.
Depolama migrasyonu	Müşteri yöntemi veya belirlenmiş ısı-basınç testi	Özellikle polyester-elastan ve yüksek haslık taleplerinde önemlidir.
Final pH	Ekstraksiyon veya işletme yöntemi	Müşteri şartnamesi ve sonraki apre prosesine uygun olmalıdır.
Elastikiyet ve çekmezlik	Fizik laboratuvarı ölçümü	Boyama ve ısı işlem öncesi-sonrası karşılaştırılır.

12.1 Temel hesaplamalar

Hesap	Formül	Örnek
Toplam banyo (L)	Kumaş kg \times banyo oranı	200 kg \times 5 = 1000 L

Hesap	Formül	Örnek
Boyarmadde (kg)	$\text{Kumaş kg} \times \text{kumaş ağırlığına göre boya yüzdesi} / 100$	$200 \text{ kg} \times \%2 / 100 = 4 \text{ kg}$
Kimyasal (kg)	$\text{Banyo L} \times \text{g/L} / 1000$	$1000 \text{ L} \times 2 \text{ g/L} / 1000 = 2 \text{ kg}$
Kimyasal çözelti (L)	Gerekli saf madde kg ÷ çözelti yoğunluğu/aktif oran hesabı	Ürün teknik bilgisine göre hesaplanır.
Isıtma süresi (dk)	$\text{Sıcaklık farkı} \div \text{°C/dk}$	$90 \text{ °C} \div 1.5 = 60 \text{ dk}$
Kumaş tur sayısı	$\text{Aşama süresi} \div \text{çevrim süresi}$	$30 \text{ dk} \div 2 \text{ dk/tur} = 15 \text{ tur}$

Hesap kontrolü

Boya yüzdesi kumaş ağırlığına göre, yardımcı kimyasal g/L ise banyo hacmine göre hesaplanır. “%” ve “g/L” birimleri aynı satırda karıştırılmamalı; ürünün aktif madde oranı ayrıca dikkate alınmalıdır.

13. Yaygın hatalar, kök nedenler ve düzeltme yaklaşımı

Hata	Muhtemel kök neden	İlk inceleme / düzeltme yaklaşımı
Abraj / düzensizlik	Düzensiz ön yıkama, hızlı ısıtma, kısa boya verme, zayıf dolaşım, uyumsuz boya kombinasyonu.	Çevrim süresi, ısıtma eğrisi, pH, dozaj, düze/pompa ve bölgesel numuneleri karşılaştır.
Ton açık	Eksik boya, düşük gerçek sıcaklık, yetersiz bekleme, boya kaybı veya aşırı düzleştirici.	Boya tartımı, makine sıcaklık doğrulaması, banyo artık rengi ve boya serisi davranışını kontrol et.
Ton koyu	Fazla boya, düşük banyo hacmi, yanlış güç düzeltmesi veya yüksek boya çekimi.	Gerçek kg, banyo seviyesi, boya lot/güç ve reçete revizyonunu doğrula.
Boya noktası / benek	Yetersiz dispersiyon, boya topağı, sert su, filtre kirliliği veya hızlı asit teması.	Boya hazırlama sıcaklığı, süzme, su analizi, tank ve filtre kayıtlarını incele.
Düşük yaş haslık	Yüzey boyası, yetersiz indirgen temizleme, elastan lekelenmesi veya termomigrasyon.	Yüzey boya testi, temizleme reçetesi, ramöz sıcaklığı ve komşu lif lekelenmesini kontrol et.
Kırık / halat izi	Yüksek yük, yanlış düze, zayıf yağlama, hızlı ısıtma/soğutma veya düşük dolaşım.	Makine mekanik ayarı, çevrim, pompa, kırık önleyici ve kumaş yerleşimini kontrol et.
Oligomer izi	Yüksek oligomerli lot, hızlı soğutma, yetersiz dispersant veya kirli makine.	Filtre tortusu, makine duvarı, soğutma eğrisi ve lot geçmişini karşılaştır.
Ramöz sonrası haslık düşmesi	Termomigrasyon, düşük süblimasyon haslıklı boya veya aşırı ısl yük.	Boyama sonrası ve ramöz sonrası testleri karşılaştır; boya serisi ve ısl proses profilini gözden geçir.
Elastikiyet kaybı	Yüksek sıcaklık-süre, güçlü alkali temizleme, mekanik gerilim veya yanlış ön fikse.	Elastan denyesi, ısı geçmişi, alkali yükü ve fizik test sonuçlarını incele.

Düzeltilme öncesi kural

İlave boya, taşıyıcı, sıcaklık yükseltme veya tekrar indirgen temizleme kararı yalnızca ton görüntüsüne bakılarak verilmemelidir. Önce boya tartımı, banyo hacmi, pH, gerçek sıcaklık, çevrim, banyo artık rengi, yüzey boya ve haslık sonuçları birlikte değerlendirilmelidir.

13.1 Renk düzeltme yaklaşımı

- Ton açık ancak düzgünlük yoksa: eksiklik miktarı laboratuvar ve işletme numunesiyle doğrulanır; ilave boyanın boya alım hızı ve mevcut renk kombinasyonu ile uyumu kontrol edilir.
- Düzgünlük varsa: doğrudan boya ilavesinden önce migrasyon kapasitesi, sıcaklık, düzleştirici, taşıyıcı ve mekanik dolaşım değerlendirilir.
- Ton koyuysa: söküm veya açma işlemi boya serisine göre farklı davranır; lif ve elastan hasarı riski nedeniyle laboratuvar denemesi zorunludur.
- Haslık düşükse: renk doğru görünse bile indirgen temizleme, termomigrasyon ve elastan lekelenmesi ayrı ayrı incelenir.

14. Operatör ve vardiya kontrol listesi

- Kumaş kompozisyonu, elastan oranı, parti kg, lot ve makine kapasitesi doğrulandı.
- Ön yıkama sonucu, yağ yükü ve makine temizliği onaylandı.
- Gerçek banyo hacmi, banyo oranı ve su kalitesi kaydedildi.
- Boyarmadde seri, lot, güç düzeltmesi ve kombinasyon uyumu kontrol edildi.
- Boyarmadde doğru sıcaklıkta dağıtıldı, süzüldü ve tank/hat temizliği yapıldı.
- Başlangıç pH değeri ve boya serisine uygun tampon sistemi doğrulandı.
- Dağıtıcı, düzleştirici, iyon tutucu, kırık önleyici ve köpük kesici miktarları kontrol edildi.
- Isıtma hızı, kritik sıcaklık bölgesi ve 130 °C bekleme süresi makineye doğru girildi.
- Kumaş çevrim süresi, düze basıncı, pompa ve kumaş akışı kontrol edildi.
- Soğutma ve boşaltma sıcaklığı planlandı.
- İndirgen temizleme yöntemi renk, boya serisi ve elastan riskine göre seçildi.
- Final pH, banyo berraklığı, numune, renk, sürtme ve yıkama haslığı onaylandı.
- Ramöz/fikse sıcaklığına bağlı termomigrasyon riski kalite planına işlendi.

15. Eğitim değerlendirme soruları

1. Dispers boyarmadde neden suda çözünür bir boya gibi davranmaz?
2. Boya çekim oranı ile lif içine ilerleme arasındaki fark nedir?
3. Yüksek sıcaklık polyester lifinde boyarmadde geçişini nasıl kolaylaştırır?
4. Dağıtıcı madde ile düzleştirici maddenin görev farkı nedir?
5. Boya kombinasyonunda enerji sınıfı ve boya alım hızı neden önemlidir?
6. İndirgen temizleme hangi boya kalıntısını uzaklaştırmayı hedefler?
7. Termomigrasyon neden boyama bittiği halde sonradan haslık düşüşü yaratabilir?
8. Oligomer hangi belirtilerle görülür ve hangi proses kayıtları incelenir?
9. Polyester-elastan kumaşta güçlü alkali temizlemenin riski nedir?
10. Kumaş çevrim süresi, boya verme ve ısıtma profiliyle nasıl ilişkilendirilir?

16. Kaynakça ve teknik notlar

Kuruluş	Kaynak	Bu dokümanda kullanılan konu
DyStar	Dianix XF2 technical and application guides	Dispers boyaların polyester ve polyester-elastan kullanımı, pH aralığı, 130-135 °C boyama, yüksek yaş haslık ve indirgen temizleme önerileri.
DyStar	Dianix Black XF3 300% product information	Polyester, polyester-elastan ve polyester/pamukta boya alımı, renk derinliği ve yüksek yaş haslık yaklaşımı.
Archroma	Dyeing Auxiliaries for PES	Dağıtıcı, düzgünleştirici, pH düzenleyici, kırık önleyici, ıslatıcı ve difüzyon yardımcılarının işlevleri.
CHT / Bezema	BEMACRON Selection and Dyeing Auxiliaries guides	pH 4.5-5.5 çalışma aralığı, yüksek sıcaklık prosesi, redüktif temizleme ve polyester yardımcı kimyasalları.
Huntsman Textile Effects	ERIOPON E3-SAVE polyester process information	Ön yıkama, boyama ve indirgen temizlemenin kombine edilmesi; yüzey boyasının uzaklaştırılması ve proses verimliliği.

Son teknik not

Bu eğitim notu boyarmadde ve kimyasal tedarikçisi teknik föylerinin yerine geçmez. Boya serisi, polyester tipi, geri dönüştürülmüş lif oranı, elastan denyesi, ön fikse geçmişi, makine yapısı, müşteri testleri ve çevresel uygunluk şartları her parti için ayrıca doğrulanmalıdır.