

Boyarmadde Build-up Eğrisi ve Haslık Analizi

Bu teknik not, boyama laboratuvarlarında ve endüstriyel üretimde sık karşılaşılan iki kritik konuyu açıklamak amacıyla hazırlanmıştır: yüksek konsantrasyonlu reçetelerde build-up davranışı ve teknik veri sayfalarında verilen haslık değerlerinin gerçek üretim koşullarındaki temsil sınırı.

Not: Bu dokümanda verilen yüzde değerleri, aksi belirtilmedikçe HT olarak değerlendirilmelidir. Nihai karar için müşteri şartnamesi, üretici teknik veri sayfası ve üretim konsantrasyonunda yapılmış laboratuvar testleri birlikte değerlendirilmelidir.

1. Build-up Eğrisi ve Konsantrasyon Yanılsaması

Temel prensip

Reaktif boyarmaddelerde build-up davranışı çoğu zaman doğrusal değildir. Düşük konsantrasyonlarda renk koyuluğu artışı daha belirgin olurken, yüksek konsantrasyonlarda eğri doygunluğa yaklaşan yassı bölgeye girer. Bu nedenle aynı oransal boyarmadde artışı, her konsantrasyon bölgesinde aynı görsel renk derinliği artışını oluşturmaz.

Yüksek konsantrasyonlarda gözle değerlendirme yetersiz kalabilir. Bu bölgede K/S değeri, ΔE değeri ve haslık testleri ile doğrulama yapılmalıdır.

Düşük konsantrasyon bölgesi (%0-3)

- Eğri daha dik bölgededir; her ilave boyarmadde miktarı görünür renk katkısı sağlar.
- Lif yüzeyi ve lif iç yapısı henüz doygunluğa ulaşmamıştır.
- Örnek: %2,0 -> %2,2 artış gözle seçilebilir.
- Fiksasyon verimi genellikle daha avantajlıdır; az boyarmaddeyle belirgin renk artışı alınabilir.

Yüksek konsantrasyon bölgesi (%5 ve üzeri)

- Eğri yassılaşıma veya doygunluğa yaklaşan yassı bölgeye girer.
- Lif doygunluğa yaklaştıkça ilave boyarmaddenin etkin renk katkısı azalır.
- Agregasyon, çözünürlük, yüzeyde tutunma ve hidrolize boyarmadde riski artabilir.
- Örnek: %5,0 -> %5,5 artış gözle fark edilmeyebilir; spektrofotometre ölçümü gerekir.
- Toplam boyarmadde konsantrasyonu %7-8 seviyelerine çıktığında maliyet ve haslık riski daha belirgin hale gelir.

Konsantrasyona göre beklenen davranış

Konsantrasyon aralığı	Build-up fazı	%10 artışın görünürlüğü	Fiksasyon / proses riski
%0,5 - %2,0	Dik; lineere yakın bölge	Çok iyi; gözle seçilir	Fiksasyon verimi görece yüksek
%2,0 - %4,0	Orta dik bölge	Gözle fark edilir	Orta - yüksek verim
%4,0 - %6,0	Yassılaşıma başlar	Zayıf; spektrofotometre gerekir	Verim düşmeye başlar
%6,0 - %10+	Yassılaştan / doygunluğa yakın bölge	Gözle ayırt etmek güçtür	Serbest veya hidrolize boyarmadde riski artar

Pratik sonuç: Yüksek konsantrasyonda eşit oransal artış, eşit görsel sonuç sağlamaz. Daha fazla boyarmadde harcanmasına rağmen gözle belirgin renk derinliği elde edilemeyebilir. Bu durum maliyet, tekrarlanabilirlik ve haslık açısından risk oluşturur.

2. Haslık Referans Konsantrasyonu ve Gerçek Üretim Koşulları

Neden haslık değerleri referans koşulda verilir?

Boya üreticileri teknik veri sayfalarında haslık değerlerini genellikle belirli bir konsantrasyon, standart derinlik veya tanımlı test reçetesi üzerinden verir. Bu yaklaşım, firmalar arası karşılaştırılabilirlik sağlar; ancak bu değerler yüksek konsantrasyonlu gerçek üretim reçetelerini doğrudan temsil etmeyebilir.

- Standart karşılaştırma zemini sağlar: Sonuçlar aynı test yaklaşımı içinde kıyaslanabilir.
- Referans koşullar, üretici tarafından tanımlanan kontrollü laboratuvar şartlarını temsil eder.
- Yüksek konsantrasyonda görülebilen agregasyon, yıkama yükü ve yüzeyde serbest boya riski referans test koşullarında aynı seviyede olmayabilir.
- Teknik veri sayfasındaki değerler, yalnızca verilen test koşulları ve konsantrasyon aralığı içinde yorumlanmalıdır.

Yüksek konsantrasyonlu reçetelerde haslık neden değişebilir?

%5 üzerindeki reçetelerde, özellikle siyah, lacivert, koyu kırmızı ve yüksek toplam boyarmadde içeren kombinasyonlarda, fikse olmayan veya hidrolize boyarmadde miktarı artabilir. Bu durum sürtme, yıkama, ter ve ışık haslığı performansını etkileyebilir.

Haslık türü	Referans koşulda tipik değer	%7-8 reçetelerde olası risk	Ana mekanizma
Sürtme haslığı - kuru	4-5	3-4 veya 3 seviyesine düşebilir	Yüzeyde fikse olmayan boyarmadde birikimi
Sürtme haslığı - yaş	3-4	2-3 seviyesine düşebilir	Nemle birlikte transfer riski artar
Işık haslığı - xenon	TDS'deki referans değer	Renk kombinasyonu ve koyulukla profil değişebilir	Agregasyon ve kombinasyonun fotokimyasal etkisi
Yıkama haslığı - 60 °C	4-5	Komşu kumaşa lekelenme riski artabilir	Hidrolize boyarmadde ve yetersiz ard yıkama
Ter haslığı - asidik / alkali	4-5	Düşme riski oluşabilir	Fikse olmayan kısmın transfer veya reaksiyon riski

Not: Bu tablo genel risk değerlendirmesidir. Değerler boyarmadde yapısına, lif cinsine, reçete kombinasyonuna, flotte oranına, su kalitesine, ard yıkama etkinliğine ve müşteri şartnamesine göre değişebilir. Kesin karar için ilgili konsantrasyonda test yapılmalıdır.

Sonuç: Teknik veri sayfasında verilen referans haslık değeri, %7-8 seviyesindeki gerçek üretim reçetesinin performansını otomatik olarak temsil etmez. Yüksek konsantrasyonlu reçetelerde haslık testi aynı üretim konsantrasyonunda ayrıca yapılmalı ve gerekiyorsa müşteri onayına sunulmalıdır.

Haslık değerlendirmesinde ölçek notu

Sürtme, yıkama, ter ve komşu kumaş lekelenmesi değerlendirmelerinde çoğunlukla gri skala esas alınır. Işık haslığı ise ilgili metoda göre mavi yün referansları ve/veya gri skala değerlendirmesiyle raporlanabilir. Bu nedenle farklı haslık türleri aynı tabloda verildiğinde kullanılan test metodu ve değerlendirme ölçeği mutlaka belirtilmelidir.

3. Pratik Uygulama Önerileri

1. Boyarmadde seçimi	Yüksek çekim oranı ve yüksek fiksasyon verimi olan boyarmaddelerle çalışın. Build-up'ı zorlayan değil, yüksek konsantrasyonda rengi daha verimli taşıyan boyarmadde kombinasyonlarını tercih edin.
2. Ard sabunlama optimizasyonu	Yüksek konsantrasyonlu reaktif boyamalarda ard sabunlama sıcaklığı, süre, su değişimi ve deterjan konsantrasyonu kontrol edilmelidir. Hidrolize boyarmaddenin uzaklaştırılması haslık değerleri üzerinde doğrudan etkilidir.
3. Spektrofotometre kontrolü	Gözle ayrımı güç olan koyu reçetelerde K/S ve ΔE değerlerini mutlaka ölçün. Gözün algılayamadığı farkı cihaz ortaya çıkarır.
4. Bağımsız haslık testi	Boya firmasının yalnızca referans TDS değerleriyle karar vermeyin. Üretim konsantrasyonunda, mümkünse bağımsız veya akredite laboratuvarda haslık testi yaptırın.
5. Reçete revizyonu	Toplam boyarmadde konsantrasyonu %6'yı geçtiğinde kombinasyonu gözden geçirin. Farklı boyarmadde seçimiyle aynı rengi daha düşük konsantrasyonda elde etmek mümkün olabilir.
6. Müşteri şartnamesi ile doğrulama	Koyu renklerde yalnızca laboratuvar rengi değil, müşterinin istediği sürtme, yıkama, ter ve ışık haslığı limitleri de başlangıçta kontrol edilmelidir.

4. Terminoloji ve Yazım Standardı

Kullanılacak terim	Açıklama
Haslık	Boyanmış tekstilin sürtme, yıkama, ter, ışık vb. etkilere karşı renk dayanımı.
Build-up eğrisi	Boyarmadde konsantrasyonu arttıkça renk koyuluğunun nasıl değiştiğini gösteren davranış eğrisi.
Reçete	Boyama işleminde kullanılan boyarmadde, yardımcı kimyasal, sıcaklık, süre ve proses adımlarının bütünü.
Fiksasyon	Boyarmaddenin lif üzerinde kimyasal veya fiziksel olarak tutunması / bağlanması.
K/S değeri	Spektrofotometre ile takip edilen renk koyuluğu göstergesi.
ΔE	Standart ve numune arasındaki toplam renk farkı değeri.
TDS	Teknik veri sayfası; üreticinin ürün performansı ve kullanım koşullarını verdiği doküman.

5. Referans Standartlar ve Yayın Notu

Bu teknik notta standardın tam metinleri yeniden üretilmemiştir. Aşağıdaki standart adları, doğru terminoloji ve test kapsamını göstermek amacıyla verilmiştir. Test yapılırken standardın güncel resmi sürümü, müşteri şartnamesi ve akredite laboratuvar yöntemi esas alınmalıdır.

Standart	Kapsam / kullanım notu
ISO 105-A01:2010	Renk haslığı testleri için genel prensipler.
ISO 105-A02:1993	Renk değişimini değerlendirmek için gri skala.
ISO 105-A03:2019	Komşu kumaş lekelenmesini değerlendirmek için gri skala.
ISO 105-A06:1995	1/1 standart renk derinliğinin enstrümantal belirlenmesi.
ISO 105-B02:2014	Xenon ark ışık haslığı testi.
ISO 105-C06:2010	Ev tipi ve ticari yıkamaya karşı renk haslığı.
ISO 105-E04:2013	İnsan terine karşı renk haslığı.
ISO 105-X12:2016	Kuru ve yaş sürtme haslığı.

Teknik yayın notu

Yüksek konsantrasyonlu boyamalarda yalnızca renk tutturma başarısı yeterli değildir. Reçete toplam boyarmadde yükü, ard yıkama etkinliği ve haslık sonucu birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle siyah, lacivert ve koyu kombinasyonlarda K/S, ΔE ve gerçek üretim konsantrasyonunda haslık testi, proses güvenliği açısından zorunlu kontrol noktalarıdır.