



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makalesi

Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF) Yüzeylerinde Toz Boya Uygulamaları

Uğur ARAS^{a,*}, Hülya KALAYCIOĞLU^a, Hüsnü YEL^b

^a Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, TÜRKİYE

^b Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: uaras@ktu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde kompozit ve plastik gibi ileri teknoloji ürünü malzemeler kullanılmasına rağmen ahşap malzemeler estetik yönü ve sıcaklığıyla popülaritesini devam ettirmekte ve kullanımı giderek artmaktadır. Bu nedenle, ahşabın bu estetik yönünün ahşap kompozitlerine de kazandırılması için boyama sistemleri kullanılmakta olup, üretimin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu sistemlerden biri olan toz boyalar; solvent içermemesi dayanıklı ve çevre dostu olması, düşük VOC (uçucu organik bileşik) salınımı, zengin renk seçenekleri ve ekonomiklik gibi özellikleri ile boyama yöntemleri içerisinde önemini giderek attırmakta olup, geleneksel boyama yöntemlerine göre daha çekici bir alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmada; MDF panellerinde toz boya uygulamasında kullanılan yöntem, hammadde ile bunların ekonomik ve çevre açısından faydaları ve diğer yüzey kaplama yöntemleriyle kıyaslaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: MDF, Toz boyama, Ahşap kompozitler, VOC

The Powder Coating Applications Of Medium Density Fiberboards (MDF's)

ABSTRACT

Today, despite the use of high-tech materials such as composite and plastic materials, wood based materials today continue its popularity with the aesthetic properties and temperature. The use of wood products is increasing. Painting systems are used the aesthetic aspect of the wood to impart to wood composites and it constitutes an important part of the production. Powder coatings are increasingly the importance of this system is thrown in painting methods with attributes such as consisting of durable, free solvents, be environmentally friendly, low VOC (volatile organic compound) emissions, rich colors and economy and according to the conventional coloring methods is a more attractive alternative. The aim of this study is to give information about powder coating methods of application of the MDF, raw materials, the benefits in terms of economic and environmental and advantages compared to other coating methods.

Keywords: MDF, Powder coating, Wood composites, VOC

I. GİRİŞ

LİFLEVHA (MDF) ve yongalevha (YL) gibi odun kompozitleri uzun zamanlardan beri sahip oldukları avantajlardan dolayı masif ahşaba ikame olarak kullanılmaktadır. Masif ahşaba göre daha homojen bir yapıya sahip olan odun kompozitleri, düşük maliyetleri ile de mobilya yapımında yaygın olarak tercih edilmektedir. Ayrıca düz bir yapıya sahip olmaları, kolay işlenebilir ve sıkıştırılabilir olmaları, burulmalara ve kaymalara karşı dayanıklı olmaları ile iyi bir yapı malzemesi özelliği de göstermektedirler. Ancak son kullanıcılar için yüzey görünümü önemli bir seçim parametresi olmakta birlikte, nem, kir ve çiziklere karşı da levhaların dayanıklı olması gerekmektedir. Bu sebeple levhalara genellikle yüzey kaplamaları uygulanmaktadır [1]. Odun kompozitlerinin %70'i genellikle melamin formaldehit tutkalı ile emprenye edilmiş kâğıtlar ile kaplanarak kullanılmaktadırlar [2]. Geriye kalan kısım ise vernik ve kaplama ile yüzey kaplama işlemine tabi tutulmaktadır [3,4]. Son zamanlarda ise baskılı yüzey tasarımları [5] ve toz boyama sistemleri araştırmaların odağı haline gelmiştir [6].

Yapılan araştırmalara göre solvent bazlı kaplamaların kullanımı ahşap kaplama sektörünün %75-80'ini oluşturmaktadır. Solvent bazlı malzeme kullanımı pahalı olmakla birlikte, bazı kanunsal sağlık düzenlemelerine ve kısıtlamalarına tabi tutulmaktadır. Ayrıca insan sağlığına da olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Daha yüksek uygulama sıcaklıkları ve daha düşük püskürtme hızı uygulanması sebebiyle işlem süreleri daha uzun sürmektedir. Bu işlem süresinin kısaltılması için katı madde miktarının artırılması uygulansa da, viskozitenin artması ile birlikte uygulama tabancasında tıkanmalar meydana gelmekte ve kaplama homojenliği bozulmaktadır. Böylece kaplama özellikleri de önemli ölçüde etkilenmektedir [7,8]. Toz boyalar solvent içermeyen esnek ve sağlam yüzey özellikleri sağlayan ürünlerdir. Başlangıçta fonksiyonel kaplama olarak 1960'larda tanıtılan toz boya kaplamalar, termal kür ve termoset boyalar olarak geliştirilmiştir. Üstün aşınma direnci ve bariyer özellikleri sağlayan toz boyalar düşük maliyetli bir teknolojidir. Toz boyalar ilk olarak koruyucu katman gerektiren elektrik tesisatı ızalasyonu ve boru kaplamaları gibi ağır malzemelerde [9,10] ve 2000'lerin başında otomobil sektörü için geliştirilmiştir. Ahşap esaslı malzemelerde kullanılması ise 2001 yılında gerçekleştirilmiştir [11,12].

Elektrostatik toz boyama solvent içermeyen bir yüzey kaplama metodudur. Kaplayıcı malzeme, son kat boya tabakasını oluşturan çok ince toz boya partikülleridir. Toz boya, özel tabancalarla boya kabini içinde uygulanır. Tabancadan geçerken elektrostatik yüklenen toz boya partikülleri kabin içinde boyanacak malzemeye yapışır ve kaplama işlemi gerçekleşmiş olur. Şekil 1'de bir toz boya uygulamasına örnek verilmiştir [13,14].



Şekil 1. Toz boyanın uygulanması

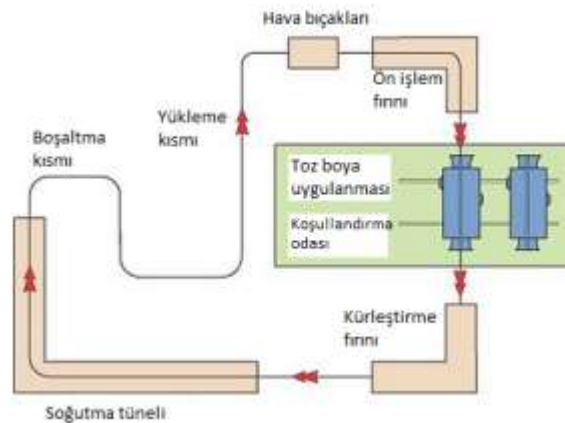
Toz boyanın yüzeye tam yapışabilmesi için malzemenin de çok iyi bir şekilde elektrostatik yüklenmesi gerekir. Fazla boya, kabinde bulunan boya geri kazanım sistemi sayesinde toplanarak tekrar kullanıma sokulur. Boya geri kazanım sistemi toz boyama teknolojisinin en büyük avantajlarından biridir. Malzeme toz boya ile kaplandıktan sonra pişirme fırınına alınır. 200°C olan fırın ısı toz boyanın erimesini ve malzeme üzerine yapışmasını sağlar [15].

Solvent içermemesi, yüzey kalitesi, dayanıklılığı, boya geri kazanım sistemi, ekonomikliği ve çevre duyarlılığı elektrostatik toz boyamayı geleneksel boyama işlemlerine göre daha çekici bir alternatif yapmaktadır. Ayrıca düşük VOC salınımı yapması insan sağlığı açısından da önemli bir artı oluşturmaktadır. MDF'ler düşük poroziteleri ve homojen yüzey yapıları ile toz boya uygulamaları için çok uygun bir yapıya sahiptir. Toz boya uygulamalarından en iyi sonucun alınabilmesi için boyanacak MDF'lerin temiz olması gerekmektedir [16,17].

II. MDF'LERDE TOZ BOYA UYGULAMA YÖNTEMLERİ

A. TERMOSET TOZ BOYAMA

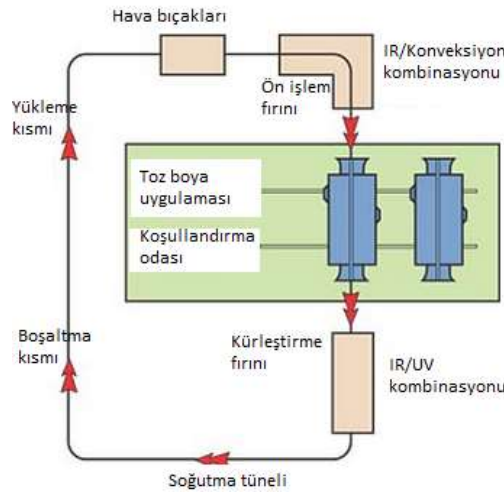
Termoset yöntemiyle MDF'lere toz boya uygulanmasında 80-110 °C arasında sıcaklık gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için levhalar bir gaz konveksiyon fırınında 10-20 dakika arasında ve 190-205 °C sıcaklıkta bir ön işlem uygulanmaktadır. Ön işlem sonucunda levha sıcaklığı 135 °C' ye ulaşmaktadır. Bu işlem sürecince levhaların taşınma işlemi üretim hattı boyunca havalı konveyörler veya düz bir bant konveyör üzerinde serilerek gerçekleştirilmektedir. Ön ısıtma işleminden sonra levhalara önceden belirlenmiş ısıtma ve kurluşma süresi miktarına göre belirlenen hızda toz boyama işlemi uygulanmaktadır. Toz boyama işleminden sonra, kurluşma işlemi için levhalar bir gaz konveksiyon fırını içerisinde ilerlemektedir. Yine, kurluşmanın tam gerçekleşebilmesi için 5-10 dakika (toz boyanın formülasyonuna göre bazen 20 dakikayada çıkabilir) 190-205 °C sıcaklık uygulanmaktadır. Son olarak levhalar bir soğutma tüneline geçirildikten sonra boşaltılmaktadır. Şekil 1'de termoset yöntemi ile toz boya uygulaması gösterilmiştir [17].



Şekil 2. MDF'lerde termoset toz boya uygulanması [18]

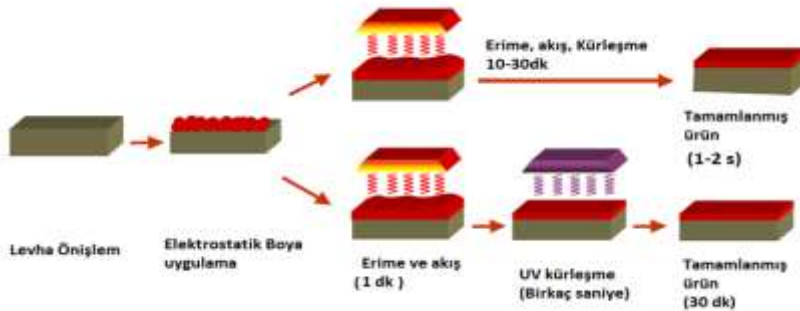
B. UV/IR TOZ BOYAMA

Termoset toz boyama işlemi ile karşılaştırıldığında MDF'lerde UV/IR toz boya uygulamaları, döngü süreleri ve ekipmanlar (gaz konveksiyon fırınları) göze alındığında daha popüler bir yöntem haline gelmektedir. Döngü süresinin kısa olması ve daha az yer kaplayan fırınlar nedeniyle boyama işlemi için daha az alan ihtiyacı gerektirmesi özellikleriyle UV/IR toz boya uygulamaları daha avantajlı hale gelmektedir. Levhalara ilk olarak hibrit elektrikli IR/ gaz konveksiyon fırınlarında 2 dakikadan az olacak şekilde kaplama sıcaklığı 60-80 °C olacak şekilde bir ön işleme uygulanmaktadır. Ön ısıtma işleminden sonra levhalara önceden belirlenmiş ısıtma ve kurluşme süresi miktarına göre belirlenen hızda (ortalama 0,05 m/s) toz boyama işlemi uygulanmaktadır. Daha sonra kurluşme işlemi için levhalar hibrit fırınlarda (elektrik IR/gaz konveksiyon/UV) 1,5-3 dakika arası kaplama eriyene ve yüzey kaplanana kadar bekletilmektedir. Bu erime işlemi sırasında kaplama sıcaklığı 120-150 °C'lere kadar çıkabilmektedir. Erime işlemi tamamlandıktan sonra levhalar son kurluşme işleminin tamamlanması ve boyanın sertleşmesi için UV kurluşme aşamasına geçmektedir. UV kurluşme işleminde tamamlandıktan sonra levhalar soğutma tüneline geçirildikten sonra boşaltılmaktadır. Şekil 2'de UV/IR yöntemi ile toz boya uygulaması gösterilmiştir [17].



Şekil 3. MDF'lerde UV/IR toz boya uygulanması (UV/IR powder on MDF process) [18].

Şekil 4'de Termoset ve UV toz boyama sistemleri arasındaki üretim hızı farkı gösterilmektedir [19]. UV toz boyama sistemleri 4 kata kadar daha kısa döngü süresine sahiptir.



Şekil 4. UV ile Termoset Kürleşme sistemlerindeki farklar

III. TOZ BOYA KAPLAMA MALZEMELERİ

Toz boya malzemelerini endüstride kullanım türlerine göre termoplastik, termoset ve radyasyonda kürleşen boyalar olarak 3 ana sınıfa ayırmak mümkündür. Diğer kaplama malzemeleri gibi toz boyalarda kullanıcıların belirledikleri ihtiyaçlarını karşılamak için formüle edilmektedir. Kullanılacak hammaddelerin seçiminde önemli olan faktörler;

- Film yapısı, örneğin yapışma ve kimyasal dayanımı
- Uygulama yöntemi
- Kürlenme zamanı ve sıcaklığı olarak sınıflandırılabilir.

Bu doğrultuda sürekli olarak yeni toz boyalar üretilmekte ve geliştirme çalışmaları yapılmaktadır [15,20]. Toz boyaların yapısını oluşturan genel bileşenler;

- **Pigment:** Renk ve örtücülük sağlamaktadırlar
- **Dolgu:** Mekanik özelliklerin artırılmasında ve hacim sağlama işleminde kullanılmaktadırlar (aşınma direnci, rutubete karşı direnç)
- **Sertleştirici:** Kürleşme, mekanik ve kimyasal dayanım gibi direnç özellikleri üzerinde belirleyicidir.
- **Katkı Maddeleri:** yüzey düzenleyici, viskozite belirleyiciler, yüzey parlaklaştırıcı ve matlaştırıcılar olarak örneklenebilir.
- **Reçineler:** Isı ve kimyasal maddelere dayanım, mekanik özellikler ile film özellikleri için belirleyici etmendir [21].

Termoplastik Toz Boyalar

Termoplastik toz boyalar sıcaklık ile birlikte erimekte ve yüzeyde akışkan bir film tabakası oluşturmaktadır. Soğutma işleminden sonra bu film katılaşmakta ve aynı kimyasal yapıyı sürdürmektedir. Termoplastik toz boyaların ana bileşenini yüksek molekül ağırlığına sahip termoplastik reçineler oluşturmaktadır. Akış ve film oluşturma özelliği bu reçinenin temel özelliklerine bağlıdır. Bu reçineler sert, esnek ve pahalı olmakla birlikte, sprey uygulamalarında ince filmlerin oluşturulması için gerekli olan öğütülme işleminde zorluklar meydana getirmektedirler. Sonuç olarak termoplastik reçine sistemleri genellikle yüksek film kalınlılarında kaplama uygulamalarında tercih edilmektedirler. İstenilen performansın alınması açısından da kalın film kaplamalarında uygulanması daha uygun olmaktadır. Bu boyalar genellikle ticari olarak sıvı boyalar ile rekabet edememektedirler. Termoplastik boya malzemelerine polietilen, polipropilen, naylon, polivinil klorit, termoplastik polyester, Etilen Akrilik Asit Kopolimer örnek olarak verilebilir [22].

Termoset Toz Boyalar

Termoset toz boyalar termoplastik toz boyalara göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu boyaların ana bileşenini düşük molekül ağırlıklı katı reçineler oluşturmaktadır. Isıyla birlikte termoset toz boyalar akışkan hale gelmekte ve kimyasal olarak çapraz bağlı daha yüksek molekül ağırlıklı reaksiyon ürünleri oluşmaktadır. Kürleşme işleminden sonra temel reçineye göre daha farklı bir kimyasal yapı oluşmaktadır. Yeni oluşan kaplama malzemesi ısıya maruz kaldığı durumlarda tekrar sıvı hale geçmemektedir. Termoset toz boyalardaki teknolojik gelişim uzun yıllar boyunca devam etmiştir. Genellikle uygulanacak toz boyalar birden fazla gereksinimi karşılayacak şekilde

tasarlanmaktadır. Uygulanacak toz boyanın seçimi öncelikle ekonomiklik ve performansa bağlı olarak değişim göstermektedir. Epoksi reçine-esaslı sistemler, fonksiyonel epoksiler, ince film kaplamalar, epoksi-polyester hibritler, poliester, hidroksil Poliester (üretan), karboksil polyester, akrilikler ve silikon esaslı toz boya malzemeleri termoset toz boya malzemelerine örnek olarak verilebilir [23].

Radyasyonda Kürleşen Toz Boyalar

Radyasyon ile kürleşen toz boyaların en önemli özelliği kısa döngü süresidir. Döngü süresinin kısa olmasının yanında daha az yer kaplayan ekipmanlara sahip olması da önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte UV sistemlerde iki önemli sorun olarak yapışma ve yetersiz kürleşme oluşabilmektedir. Ayrıca kürleşme süresinin yetersiz kaldığı durumlarda kaplamanın kırılğan olması durumu oluşabilmektedir. UV toz boyaların kimyasal içerikleri incelendiğinde %60-95 reçine, %0,5-3 katalizör, %0,5-2 akışkanlık kontrol katkısı, %0,5-4 gaz uzaklaştırıcı, %1-20 pigmentler, %0-35 dolgular ve %0,25-1 katkılardan oluşmaktadır [24,25]. Şekil 5’de toz oya bileşenleri gösterilmiştir [9].



Şekil 5. Toz boya bileşenleri

IV. TOZ BOYALARIN AVANTAJLARI ve DEZAVANTAJLARI

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), uçucu organik bileşikleri (VOC), kaynama noktası yaklaşık 50°C ile 260°C arasında olan organik bileşikler olarak tanımlamaktadır. Çalışmaların sonuçlarına göre iç mekânlarda kullanılan odun esaslı malzemelerin ortama yaydıkları VOC emisyonları; kanser, çocuk ve yeni doğanlarda gelişme bozukluğu ve solunum yolları ile merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu etkiler; maruz kalınan süre ve dozu ile yakından ilgilidir. Bu anlamda, en önemli VOC emisyonlarından olan formaldehit emisyonunun Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi tarafından insan sağlığı üzerinde ciddi tehdit oluşturduğu doğrulanmıştır [27,28].

Tablo 2’de bazı yüzey kaplama malzemelerinin katı madde içerikleri ve VOC salınım oranları verilmiştir. Toz boya uygulamalarında VOC salınımı olmaması insan sağlığını doğrudan etkilemesiyle en önemli avantajını oluşturmaktadır

Tablo 2. Bazı kaplama malzemelerinin VOC miktarları [29].

Kaplama türü	Katı madde içeriği	VOC (%)
Solvent bazlı	1-10	90-99
Su bazlı	1-20	3-10
Solvent bazlı emprenyeli	10-20	80-90
Su bazlı emprenyeli	10-20	2-8
Alkid	30-50	50-70
Selüloz nitrat	15-25	75-85
Üreik	25-40	60-75
UV polyester	60-95	5-40
UV akrilik	60-99	1-40
Su bazlı	30-40	3-10
Toz boya	99-100	0-1

Toz boyaların yaş boyaya göre en önemli avantajları çevre için zararlı hiçbir uçucu sıvı ve çözücünün bulunmamasıdır. Diğer yandan kalite özellikleri ve ekonomiklik bakımından da toz boyalar önemli avantajlara sahiptirler. Tablo 1’de toz boyaların sahip olduğu avantajlar ve dezavantajlar verilmiştir [24,26].

Tablo 3. Toz boyaların avantaj ve dezavantajları

	Avantajlar	Dezavantajlar
<u>Ekonomi</u>	Enerji tasarrufu sebebiyle düşük işletme maliyeti, işgücü maliyet tasarrufu, yüksek çalışma verimliliği, azaltılmış çevresel maliyetler ve artan tesis güvenliği	Sermaye gereksinim ve maliyetlerinin yaş boyalara göre fazla olması, renk değişikliği sebebiyle sık sık kesinti yapılması, temiz ve kuru parçalar gerektiren çalışma ortamı
<u>Çevre</u>	VOC salınımı olmaması, enerji kullanımının az olması, fazla sprej geri dönüşümü, atıkların kolay bertarafı	Ön hazırlık için kullanılan fosfat ve kromatlar, kanserojen katkı maddeleri, UV/IR kurutmada yüksek kürleşme sıcaklığı
<u>Görünüm/Performans</u>	Tekstüründe yüksek dayanıklılık ve varyasyon, değiştirilebilir renk ve boya kalınlıkları	Genellikle keskin iç köşelerin ve ısıya duyarlı parçaların kaplanmasındaki zorluklar, Çok ince boya kaplama uygulamaları (0,001 inç’ ten az)
<u>Güvenlik</u>	Düşük yanma ve kıvılcım oluşma riski, personelin solvent gaz solunumuna maruz kalmaması	Toz boyaların saklanması için özel depolama ve iklimlendirme kontrol gerekliliği

V. TOZ BOYALARIN KULLANIM ALANLARI

Toz boyalar, alüminyum, makine, beyaz eşya, mobilya, çelik raf, otomotiv yan sanayileri, park bahçe mobilyaları, çocuk oyun parkları, tarım araç ve gereçleri, elektrik panoları, bisiklet, çit, aksesuar, panel radyatörler gibi çok geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte toz boya uygulanmış MDF’lerde kullanım alanları;

- **Dolap ve tezgâhlar;** genellikle yüksek kaliteli kaplamaların tercih edilmesi gereken kısımlardır. Toz boya sağladığı kaliteli ve pürüzsüz yüzeyler ile bu kullanım alanlarında önemli avantaj sağlamaktadır. Diğer yandan, neme ve darbelere dirençli olması, yaş boya ve laminat kaplamalara göre daha dirençli olması soyulma riskini de en aza indirmektedir. Sağladığı renk çeşitliliği de dolap ve tezgâhlarda kullanımlarında önemli avantaj sağlamaktadır.
- **Sağlık hizmetleri;** laboratuvar yüzeyleri, hastane ve klinik mobilyaları ile hasta kabinleri gibi ürünler toz boyalar için uygun kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Toz boyalar, içerisine uygulanan anti bakteriyel katkıları ve ile büyük oranda hijyen sağlama ve bakterilerin yayılması önleme özelliğine sahiptir.
- **Okul ve kurumsal alanlar;** masa üstleri, bilgisayar odaları, laboratuvar tezgahları, dolap ve kapılar gibi alanlarda toz boya uygulaması uygundur. Ayrıca toz boyalar kullanılarak okullar için özel renk tasarımları ve dizaynlar ile logolar da yapmakta mümkündür.
- **Ağırlama ve konaklama;** toz boya uygulamaları dolaplar, banyo yüzeyleri, yatak başlıkları ve mobilyalar gibi geniş kullanım alanlarına sahiptir. İçerisinde kolay temizlenebilir ahşap zeminler, antimikrobiyal toz boyalar ile kaplanmış yüzeyler ve havalandırma kanalları, VOC salınımı yapmayan ve PVC kenar kaplama bulunmayan malzemeler kullanılan, özellikle günümüzde otellerde oluşturulan “sağlıklı yaşam alanları” için toz boyalar önemli bir ürün seçeneği sunmaktadır
- **Ofis ve ev mobilyaları;** masa ve masa üstleri, bilgisayar iş istasyonları, yazı masaları, ofis kupa sistem bileşenleri, dolaplar, kapı ve çekmece cepheleri ve diğer birçok özel uygulamalar için toz boyalı kaplamalar kullanılmaktadır. Özellikle çocuk odalarında kullanılan mobilyalar için VOC ve formaldehit salınımı olmaması sağlık açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır [30,31,32]. Şekil 6’da toz boya uygulanan bazı mobilya örnekleri verilmiştir.



Şekil 6. Toz boya uygulanan bazı mobilya örnekleri [13,33].

VI. SONUÇ

Ahşap kompozitlerde yüzey kaplama malzemelerinin maliyet yönünden analizi yapıldığında, dakikada 14 m üretim yapabilen bir üretim hattında 35-75 cm boyutlarda değişen 10 adet mutfak dolabı kapağının toz boyama ile boyanmasında 1 saatte 55 kg boya kullanılmaktadır. MDF'nin metrekafe başına uygulanan toz boya maliyeti 0,15 \$ ile 0,2 \$ arasında değişmektedir. Toplamda MDF+Toz boya maliyeti ise m²'de 0,24-0,30 \$ arasında değişmektedir. PVC kullanıldığında bu maliyet kenar alma atık maliyeti de dâhil toplam 1,10 \$/m² civarında iken Melamin emdirilmiş kağıt kaplama işleminde ise toplam maliyet 1,10 \$/m² olarak verilmektedir [31,34].

Kıyaslama yapıldığında toplam maliyetin diğer kaplama yöntemlerinden daha az olması; toz boyamanın melamin ve PVC' ile kaplamaya göre rekabet gücü artmaktadır. Diğer bir avantajı MDF yüzeyine toz boyama işlemi kesintisiz üretim yapılabilmesidir. MDF'lerde toz boya uygulanması ile birlikte; uzun ömürlü, ekonomik, üstün yüzey özelliklerine sahip, çevre dostu, bakımı kolay, kolay temizlenebilen, renk seçenekleri fazla olan, estetik ve kullanım kolaylığı sağlayan ürünler ortaya çıkmaktadır.

MDF'lerde toz boya uygulamalarına olan talep sürekli olarak artış göstermektedir. Sahip olduğu bazı dezavantajlara rağmen sektör sürekli olarak bir gelişim ve bu olumsuzlukları ortadan kaldırma çabası içerisinde. Diğer yandan, yüzey kaplama kimyası ve uygulama teknolojisi hızlı, temiz ve çevreci özelliklere sahiptir.

Sonuç olarak bakıldığında toz boya kaplamalar gelişime uygun kaplama performansları, karbon ayak izlerinin düşük olması, ekonomiklik ve sürdürülebilirlik, uygulama hızı gibi üstün özellikleriyle ilerleyen yıllarda solvent içerikli sağlık açısından zararlı kaplama malzemelerinin kullanımının azaltılması için en önemli alternatif malzemelerden birisidir.

VII. KAYNAKLAR

- [1] M. Badila, C. Jocham, W. Zhang, T. Schmidt, G. Wuzella, U. Müller, A. Kandelbauer *Prog. Org. Coat.* **77(10)** (2014) 1547-1553.
- [2] C.O. Carroll, *European market update, Proceedings of the European Laminates Conference and Workshop*, Berlin-Germany, (2004) 1-12.
- [3] A. Kandelbauer, A. Teischinger *Eur. J. Wood Wood Prod.* **68(2)** (2010) 179-187.
- [4] A. Kandelbauer, P. Petek, S. Medved, A. Pizzi, A. Teischinger *Eur. J. Wood Wood Prod.* **68(1)** (2010) 63-75.
- [5] M. Badila, E. Dolezel-Horwath, T. Zikulnig-Rusch, A. Schmidt, T. Kandelbauer *Eur. J. Wood Wood Prod.* **70** (2012) 639-649.
- [6] M.C. Barbu, T. Schmidt, *Holztechnologie* **50(1)** (2009) 32-36.
- [7] G.C. Cole, J. Hogan, M. Aulton, *The Coating Process. Pharmaceutical Coating Technology*, 1st Edition, CRC Press, (1995).
- [8] K. Amighi, A. Möes *Eur. J. Pharm. Biopharm.* **42(1)** (1996) 29-35.
- [9] P. Gribble, A History of powder coating in Seymour, R. and H. Mark (eds). *Organic Coat-ings: Their Origin and Development*, 1st Edition, Elsevier, (1990).
- [10] D.S. Richart *Powder Coat.* **11(1)** (1990). 16-24.
- [11] D. Morris, j. Verlaak *Cycle Assessment for Industrial Coatings Applied on MDF, The Decorative Surfaces Conference*, Miami- USA, (2011). .

- [12] G. Wuzella, A. Kandelbauer, A.R. Mahendran, A. Teischinger *Prog. Org. Coat.* **70(4)** (2011) 186-191.
- [13] A. Walton Sustainable, safe and high quality UV-cure powder coating for wood substr, **5th Wood Coatings and Substrates Conference**, The University Of North Carolina At Greensboro, (2012).
- [14] Anonim, <http://btdwoodpowdercoating.com/process/powder-coating/>, (Eriřim tarihi:28th of July, 2015).
- [15] R. Schwalm, *UV coatings: basics, recent developments and new applications*, Elsevier. (2006).
- [16] B. Utech, *A Guide to High-performance powder coating, society of manufacturing engineers,1st Edition*, Society of Manufacturing Engineers, (2002).
- [17] T.A. Misev, R. Van der Linde *Prog. Org. Coat.* **34(1)** (1998) 160-168.
- [18] J. Binder Powder on MDF – A Process Analysis, *Industrial paint and powder*, Nordson Corporation (2004).
- [19] Anonim, <http://www.pcimag.com>, Powder on MDF process analysis, (Eriřim tarihi:15th of July 2015).
- [20] M Knoblauch, *High-gloss, UV-cured powder coating on mdf- A one of a kind finish, Case study*, Radtech publication, (2013).
- [21] Anonim, <http://kckimya.com/tr/kcbrotr.pdf>, KC Kimya, Toz boyalar, (Eriřim tarihi:02th of September, 2015).
- [22] Anonim, <http://www.interpon.com.tr>, Elektrostatik termoset toz boyaların ierięi, (Eriřim tarihi:10th of July, 2015).
- [23] N. Liberto, *User's guide to powder coating*, 1st Edition, Society of Manufacturing Engineers, (2003).
- [24] Anonim, SpecialChem4Coatings (2009). Powder coating center. Available online at <http://www.specialchem4coatings.com/tc/powder-coatings/> (Eriřim tarihi:10th of October, 2015)
- [25] D.S. Richart *Powder Coating* **1(1)**, (1990). 16-24.
- [26] WHO, Indor air quality, Organic Pollutant Europe Reports and Studies, No.111, World Health Organization, **2-39** (1989).
- [27] WHO, International Agency for Research on Cancer (IARC), Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol, Summary of Data Reported and Evaluation, **88** (2006).
- [28] F. Bulian, J. Graystone *Wood coatings: Theory and practice*. 1st Edition, Elsevier. (2009).
- [29] C.L. Burn, R. Golini, G. Gereffi, *The development and diffusion of powder coatings in the United States and Europe:Historical and value chain perspective*, Duke university, (2010),
- [30] C. Martin, *Surface and Panel*, **40-44** (2007).
- [31] Anonim, <http://catalyticovens.com/mdfpowdercoat/files/2013/02/PCmagMDFarticle.pdf> (Eriřim tarihi:2th of September, 2015)
- [32] Anonim, http://www.psdas.gov.hk/content/doc/2005-2-14/Powder_Coating_of_Heat-Mr_Keepa-2005-2-14.pdf (Eriřim tarihi:30th of July, 2015).
- [33] Anonim, <http://www.dvuv.com/products/uvmax/>, (Eriřim tarihi 10th of September, 2015).
- [34] G. Dagro *European Coatings journal* **12** (2014) 10-13.