

MDF, 集成材等の表面仕上げ技術の確立 (第1報)

—中塗り塗料の吸い込み防止方法の検討—

長田 孝・工藤 正志

Establishment of Finishing Techniques for MDF, Laminated Wood and so on (1st Report)

—Examination of a Way to Prevent Absorbent on Middle Coat Paints—

Takashi Osada and Masashi Kudo

要 約

木質系材料であるMDF, 集成材 (ヒノキ), タモの3種類について, 効率的な塗装条件を検討した結果, 下塗り工程を省略することは, 仕上げ塗膜の性能を低下させることが確認できた. 特に素材がポーラスであるMDFへの塗装は, 下塗り工程を省略すると中塗り塗料の際, 塗料が素材中へ過剰に吸い込まれることから, この傾向が顕著に現れる.

これを防止する手段として, アルミナなど5種類の粉末を中塗り塗料に混入し, 下塗り工程を省略した塗膜の付着性, 耐衝撃性等の性能について評価を行ったところ, 炭酸カルシウムの混入が最も効果があることが分かった.

一方, 素地表面は比較的平滑であるが材質の軟らかい集成材 (ヒノキ) への塗装は, 素材を保護する観点から塗膜が硬く, 付着性の優れたものが望まれることから, ウレタン樹脂による塗装が適していた.

1. 緒 言

木目を生かし美装を施した木製品もさることながら, 近年, 熱帯雨林の伐採などの地球環境破壊に対する国際世論の高まりから, 森林資源の有効活用のための木材塗装の重要性が見直され, 省資源化などを目的としたトータル的な塗装技術の開発が求められている.

また, 森林で持続的に生産できる木質パネルの需要の増大から, 今まで余り利用されなかった木質資源や, 非木質植物繊維が注目されてきている. したがって, それらから生産可能なMDF (Medium Density Fiberboard) などの素材が評価され, 木製品に使用される割合が高くなってきている¹⁾.

このような状況下で, MDF, 集成材等の木質ボード類を主要材料とする木製品の表面仕上げ (塗装) 技術の向上が求められている.

本研究は, MDF, 集成材等の生産性, 経済性を向上させる塗装方法, さらに塗装製品の品質向上や高付加価値化を図るための塗装技術の確立を目的として検討を行った. ポーラスな材料であるMDFについては, 下塗り工程の省略化にともない, 素材へ中塗り塗料の吸い込まれを防止する添加剤について, また, 集成材については, 平滑性や付着性等の向上を図るための適正な塗装条件について検討し

た.

2. 実験方法

2-1 供試材

供試材はMDF, 集成材 (ヒノキ; 針葉樹), タモ (広葉樹) の3種類を用い, 供試材から150×70×10 (mm) に切断したものを試験片とした.

試験片の気乾比重及び含水率を表1に示す. 気乾比重は, 塗装を行う全試験片について測定を行い, 最低値と最高値を表示した. 比重の最低値と最高値との差については, 木材繊維を主な原料として成形されたMDFが一番小さく, 次いで木材の欠陥部分を除いた素材を接着により成形した集成材であり, 自然のままの材料であるタモが一番大きかった. また, 含水率は, 5枚の試験片について1枚につき3点ずつ測定 (JIS Z2102) し, それらを平均した値である.

表1 試験片の気乾比重と含水率

試 験 片	気乾比重	含水率 (%)
M D F	0.51~0.55	6.7
集 成 材	0.48~0.59	7.9
タ モ	0.50~0.71	9.4

2-2 供試塗料

供試塗料は、ニトロセルロース (NC) ラッカー塗料、
アクリルラッカー塗料、ウレタン樹脂塗料の3種類を用い

た。

表2に供試塗料と有機溶剤 (シンナー) 等との配合比を示す。

表2 供試塗料配合条件

No.	供 試 塗 料	配 合 比 (重量比)				塗装工程 の 別
		主 剤	硬化剤	シンナー	添加剤	
①	ウレタンシーラー (F)	5	1	2	*	下塗り
②	サンジグシーラー (LC-H)	1	*	0.3	*	中塗り
③	ウレタンサンジグシーラー (SCH-552) # 1	1	1	0.4	*	中塗り
④	ウレタンサンジグシーラー (USC-100) # 2	1	1	0.4	*	中塗り
⑤	ウレタンクリヤー (SC-200)	1	1	0.2	*	上塗り
⑥	クリヤーラッカー (No.1000)	1	*	1	*	上塗り
⑦	アクリルラッカー (LQ-80クリヤー)	1	*	1	*	上塗り
⑧	ウレタンサンジグシーラーに各添加剤を加える	1	1	0.4	0.2	中塗り

註：配合比は塗料の主剤に対する重量比
1印は新タイプのサンジグシーラー
2印は従来タイプのサンジグシーラー

2-3 添加剤

ウレタンサンジグシーラー (SCH-552) 中に混入する添加剤としては、主に無機系の体質顔料の中から選択した炭酸カルシウム (CaCO₃)、アルミナ (Al₂O₃)、シリカ (SiO₂)、チタン酸バリウム (BaTiO₃)、また、金属粉末としては、チタン粉末の合計5種類を用いた。

2-4 塗装器具及び塗装工程

塗装器具には、市販されている口径1.5mmのスプレーガン (岩田製W88 15K 5 G) を用いた。試験片への塗装は、吹き付け圧力3~4 kg/cm²で表3に示す塗装工程により行った。

ここで、表3の番号①から⑧は、表2の供試塗料の番号

に対応している。

また、試験片番号1, 3, 5は、基本的な塗装工程により、ウレタン樹脂、ラッカー、アクリルラッカー塗料で塗装を行ったものである。

試験片2, 4, 6, 7は、塗装現場で行われている塗装工程により塗装を行ったもので、下塗り工程 (ウッドシーラー) を省略することにより時間およびコストの削減を図っている。従来から、無垢材料の塗装においては、下塗り工程を省略することによる影響は、際だった問題となっていなかった。しかし、MDFの塗装においては、中塗り塗料の吸い込みに起因する塗膜の経時変化が問題となっている。

表3 試験片の塗装工程

	試験片番号	素地研磨	ウッドシーラ	サンジグシーラ	研 磨	サンジグシーラ	仕上げ研磨	仕上げ塗装
(1)	1	# 240	①	③	# 240	③	# 240, # 320	⑤
	3	〃	①	②	〃	②	〃	⑥
	5	〃	①	②	〃	②	〃	⑦
(2)	2	〃		③	〃	③	〃	⑤
	4	〃		②	〃	②	〃	⑥
	6	〃		②	〃	②	〃	⑦
	7	〃		④	〃	④	〃	⑤
(3)	8	〃		⑧チタン粉	〃	③	〃	⑤
	9	〃		⑧炭酸カルシウム	〃	③	〃	⑤
	10	〃		⑧酸化アルミニウム	〃	③	〃	⑤
	11	〃		⑧二酸化珪素	〃	③	〃	⑤
	12	〃		⑧チタン酸バリウム	〃	③	〃	⑤

試験片番号 8 から12が、MDFの塗装における中塗り塗料の吸い込みを防止するとともに、経時変化を抑制するため、中塗り塗料中に金属粉末等を混入し、塗装を行ったものである。

2-5 塗装膜厚の測定

塗膜の厚さの測定は、塗装した試験片を切断し、断面の任意の4カ所について工具顕微鏡（倍率；100倍）を用いて行った。

2-6 鏡面光沢度の測定

日本電色工業(株)製の光沢計（VGS-1D）を用い、3枚の塗装試験片について、それぞれ測定箇所を変えて5回の測定を行った。このときの入射角と受光角を60度として反射率を測定して、鏡面光沢である基準面の光沢度を100とし、それぞれの光沢度を百分率で表すこととした。

2-7 耐衝撃性試験（デュボン式）

(株)TAYASEIKI製作所製の衝撃変形試験器に半径6.35±0.03mmの撃ち型と受け台とを取り付け、試験片の塗面を上向きにして、その間にはさみ、質量500±1gと300±1gの2種類のおもりを100mmの高さから撃ち型の上に落とし、生じた塗膜のくぼみの深さを触針式表面あらさ計により測定した。

また、塗膜の割れの伝播については工具顕微鏡により観察し、割れの広がりを測定した。

2-8 付着性試験（基盤目テープ法）

(株)TAYASEIKI製作所製のクロスカット試験器に刃厚0.245mmの炭素鋼刃（株)フェザー製 FAS-10片刃）を取り付け、基盤目状の切り傷を縦横1mm間隔で付けた。ここで、ます目の数は100個とし、切り傷は、等速度で1本につき約0.5秒間かけて塗膜を貫通して試験片の素地に達するように付けた。この基盤目の上に粘着テープ（JIS Z 1522に規定）を貼り、剥した後の塗膜の付着状態を剥がれたます目の数で、JIS K 5400 8.5.2に基づき得点評価を行った。

2-9 塗膜表面の平滑性

試験片の塗装面の表面粗さは、Perthem社製の非接触表面あらさ計により測定した。この際、測定長は10mmとし、1mm間隔で10カ所について測定を行い、表面形状測定装置SAS-201110により解析した。

3. 実験結果及び考察

3-1 塗装膜厚の測定

表4に塗装試験片の塗膜の厚さを示す。塗膜は、NCラッカー塗料、アクリルラッカー塗料、ウレタン樹脂塗料の順で厚くなっている。NCラッカー、アクリルラッカー塗料は、溶剤の揮発により塗膜を形成するため、あまり厚い塗膜は形成されない。また、同じラッカー系塗料でも混入する樹脂の種類と割合によって塗膜の厚さは変化する。これに対し、ウレタン樹脂塗料は、イソシアネート基と水酸基との橋かけ反応によって生じるウレタン結合によって塗膜が形成されるため、ラッカー系の塗料に比べ、厚い塗膜が形成されるが塗膜の形成に時間を要する。

塗装工程による膜厚を比較すると、下塗り（ウッドシーラ）を行った試験片の膜厚は、下塗り工程を省略して塗装を行った試験片の膜厚より厚くなっており、下塗り塗料が中塗り塗料の吸い込みを抑え、塗膜形成に効果を現していると考えられる。

また、下塗り工程を省略する目的で、中塗り塗料に粉末の吸い込み防止添加剤（以後、添加剤と記述する）を混入したもので塗装を行った試験片の膜厚は、下塗りを行った試験片よりも、さらに厚い塗膜を形成している。これは、添加剤により吸い込みが抑制されたこと、塗膜中に混入した粉末粒子が塗膜表面を支える足（または柱）のような役割をはたしていることにより、塗膜が厚くなったと考えられる。特に、二酸化珪素を混入した中塗り塗料を使用した試験片の膜厚は、顕著であった。これは、前記理由の他に、中塗り塗膜中の二酸化珪素の粉末が塗膜を硬くし、研磨によって削りとられる部分が少ないためと考えられる。

3-2 鏡面光沢度の測定

表5に塗装試験片の鏡面光沢度を示す。

トップコートの塗装面の光沢度は、全艶のクリヤー塗料を使用しているために各供試塗料とも100となる。ウレタン樹脂塗料により塗装した試験片は、ほぼ100に近い値となっており、添加剤を混入したことによる光沢度の低下は生じていない。

これに対し、特に塗膜の薄い試験片3、4におけるMDF、タモの光沢度は、素材表面があまり平滑でないことから、素材表面が比較的平滑な集成材（ヒノキ）に比べ、か

表4 塗装試験片の膜厚測定値

試験片番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M D F	161.5	125.0	94.0	73.0	159.3	118.3	121.0	190.3	190.5	190.3	206.5	190.3
集成材 (ヒノキ)	173.5	131.8	125.5	100.8	166.0	116.0	126.5	186.3	187.0	196.0	316.5	184.5
タモ	140.5	124.8	97.5	81.3	125.8	97.8	115.0	144.8	132.8	160.8	207.8	175.8

表5 塗装試験面の鏡面光沢度

試験片番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
M D F	95	92	53	40	80	76	99	98	97	97	99	95
集成材 (ヒノキ)	100	99	90	90	86	71	99	99	99	99	99	99
タモ	99	98	70	73	78	71	95	99	99	99	97	97

表6 塗膜の衝撃強度に関する測定値：(デュボン式衝撃器)

試験片 番号	衝撃荷重 500 gf						衝撃荷重 300 gf					
	打痕の最大深さ (μm)			割れの広がり (mm)			打痕の最大深さ (μm)			割れの広がり (mm)		
	MDF	集成材	タモ	MDF	集成材	タモ	MDF	集成材	タモ	MDF	集成材	タモ
塗膜無	600超	600超	600超	***	***	***	350	600超	440	***	***	***
1	305	600超	320	6.2	5.5	5.0	140	460	230	割レナシ	4.3	割レナシ
2	350	600超	510	6.5	5.5	5.8	170	515	305	5.2	4.7	5.0
3	420	600超	465	5.9	5.8	6.3	300	525	265	5.1	5.1	5.3
4	500	600超	600超	5.9	5.7	6.9	300	600超	370	5.0	5.0	5.8
5	475	600超	375	5.6	5.5	5.9	250	475	260	4.9	5.1	5.1
6	510	600超	600超	6.2	5.7	6.0	300	520	365	5.0	4.8	5.3
7	410	600超	600超	7.5	6.1	5.6	250	525	350	6.5	5.1	4.8
8	289	600超	460	5.5	6.6	4.8	180	430	250	5.2	5.4	5.1
9	310	600超	370	5.0	5.4	5.1	120	305	250	割レナシ	割レナシ	割レナシ
10	245	600超	285	5.8	6.2	6.3	125	400	210	割レナシ	4.8	割レナシ
11	130	515	300	9.1	5.6	5.8	155	260	225	6.7	5.0	4.3
12	240	600超	245	7.5	7.2	3.1	175	275	145	割レナシ	4.3	割レナシ

なり低い値である。このことは、素材表面の凹凸が塗膜によって平滑化されていないため、光の屈折に影響を与えて光沢度を低下させていると推察される。

3-3 耐衝撃性試験 (デュボン式)

表6にデュボン式衝撃試験器による塗膜の衝撃強度に関する値を示す。

一般に、供試塗料により塗装を行うと、塗膜により木質素材が保護される傾向にあるが、下塗りを省略した試験片2, 4, 6, 7は、下塗りをを行った試験片1, 3, 5と比較して耐衝撃性が劣る。

基本的な塗装工程により塗装した試験片1とアルミナを添加した試験片10が総合的に耐衝撃性が優れていると考えられる。しかし、アルミナを添加した中塗り塗料を施した塗装では、アルミナ粒子が均一に分散せず塊を形成したため、スプレーガンによる吹き付けが困難となり作業性が悪かった。試験片11は、塗膜のくぼみは小さいが、シリカ粒子の影響により他に比べ、塗膜の硬さが増し柔軟性が低下したことから、割れの伝播が大きくなっている。試験片9, 12が衝撃に対して効果を示している。特に試験片9の塗装は、中塗り塗料に添加した炭酸カルシウムが、塗料中へ均一に拡散したことから作業性の低下も生じさせなかつ

た。

3種類の木質材料のうち、集成材(ヒノキ)への塗装が、衝撃に対して最も弱いことが明らかとなった。これは、集成材(ヒノキ)自身が、衝撃に対して最も弱く、衝撃を加えた際に、くぼみが他に比べて深いことから窺える。したがって、素材の保護を考慮すると、硬い塗膜を形成する塗料を用いることが望ましい。

3-4 付着性試験 (碁盤目テープ法)

表7に碁盤目テープ法による塗膜の付着性に関する評価の得点を示す。

付着性に関しても、下塗り工程を省略した試験片は、剥離の度合いが大きく、塗膜性能は低下する。一般に、下塗り塗料(ウッドシーラ)は、木材中によく浸透することから木材との付着に優れている。さらに、木材の膨潤収縮に追従できる性質があるため、塗膜割れや剥離を防止する効果を持っている³⁾。

MDFの塗装においては、塗膜のみが剥離することは少なく、塗膜近傍のMDFの繊維ごと剥離する傾向にあった。これは、MDFが細かい木繊維を固めて成型されているため、塗料が、MDF表面の繊維によく馴染み、強固な塗膜を形成しているほど剥離しづらくなると推察される。具

表7 付着性に関する評価：基盤目テープ法

試験片 番号	すき間の間隔1mmでます目の数100での評価点数		
	MDF	集成材	タモ
1	6	8	6
2	2	6	4
3	4	6	8
4	0	4	6
5	2	8	8
6	0	4	6
7	2	4	4
8	4	4	6
9	6	6	6
10	6	6	10
11	8	6	10
12	2	2	4

体的には、試験片11が最も剥離しづらく、次いで、試験片1, 9, 10が同程度となった。集成材（ヒノキ）の塗装では、塗膜の剥離が大部分を占めた。試験片1, 5の付着性が良好で、試験片9, 10等が続いている。

タモの塗膜の付着力が一番強く、特に試験片10, 11では、ほとんど剥離が生じなかった。試験片12は、添加剤のチタン酸バリウムが付着力を低下させたものと推察され、剥離の度合いが大きかった。

3-5 塗膜表面の平滑性

表8は、塗装面の表面粗さの中心線平均粗さ及び最大高さを示す。

MDFの塗装は、試験片1の塗装表面の仕上がり状態が良好で、次いで、試験片9, 10となっている。NCラッカ

表8 塗装面の表面粗さ

試験片 番号	M D F		集成材（ヒノキ）		タモ	
	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)	Ra (μm)	Rmax (μm)
1	0.47	5.09	0.42	3.89	0.77	34.32
2	0.93	8.22	0.87	6.71	1.87	21.56
3	2.81	26.33	1.09	16.22	11.70	147.3
4	2.77	29.89	1.27	19.24	12.62	134.3
5	1.84	22.77	2.45	29.57	3.90	54.00
6	2.00	36.97	3.02	74.22	9.02	187.2
7	0.70	7.30	2.01	9.13	3.05	79.23
8	1.14	7.72	1.13	6.96	1.06	6.34
9	0.64	5.56	0.79	10.57	0.88	14.40
10	0.69	4.77	1.20	10.92	1.38	18.86
11	1.15	37.70	1.17	10.61	1.65	30.32
12	1.48	25.63	1.53	9.52	0.97	11.31

ー、アクリルラッカー塗料による塗装仕上げ面は、ウレタン樹脂塗料による塗装仕上げ面ほど平滑さが得られない。

しかし、MDFの塗装は、塗料や塗装工程によって、経時変化にともなう引けが発生し、平滑性の低下を生じる可能性が有るため、現時点での評価のみでは不十分である。

集成材（ヒノキ）の塗装仕上げ面は、全般的に良好な平滑性を示している。これは、集成材の素地自体が平滑で凹凸がないことによると考えられる。

タモのウレタン樹脂塗料での塗装は、平滑性が得られるものの、素地自体の凹凸が大きいためMDFや集成材に比べて劣る。一方、NCラッカー塗料での塗装は、平滑な仕上げ面は得られないが、逆に、素材の凹凸感がそのまま表現されることから、木自体の良さ（素朴な味わい、温もり）や、質感を得ることができる。

5. 結 言

MDF, 集成材（ヒノキ）, タモを供試材として、NCラッカー, アクリルラッカー, ウレタン樹脂の供試塗料により、適正な塗装条件の検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 塗膜の性能向上には、ウッドシーラによる下塗り工程を省略せず、基本的な塗装工程によって塗装することが望ましいことが確認された。

(2) MDFの塗装には、ウレタン樹脂塗料が適しており、工程簡略化のための中塗り塗料への添加剤は、炭酸カルシウムが有効であることが分かった。しかし、配合比や粒度、塗膜の経時変化などに関しては、さらに検討を要する。

(3) 集成材（ヒノキ）の塗膜は、NCラッカー塗料では、素材の保護という面で十分でなく、ウレタン樹脂塗料の方が適していた。また、MDFの塗装において下塗り工程を省略しても、塗膜の性能が低下しないことが分かった。

(4) タモ（広葉樹の無垢材）の塗装において、光沢、艶による高級感を出すことや、素材を強固に保護することを目的としたときには、ウレタン樹脂塗料が適しており、木の持つ良さを残しながら、汚れなどから素材を保護し、作業性の良さを目的にするときは、ラッカー塗料が適している。

(5) 3種類の供試材における、アクリルラッカー塗料による塗装は、NCラッカー, ウレタン樹脂のそれに比べて高級さが感じられず、乾燥時間が短いことを除くと、塗膜性能にも劣り利点が少ない。

参考文献

- 1) 山本昭夫：木材工業, VOL.51, No.3, P127, 1996
- 2) 早船義雄ら編：塗装の事典, 朝倉書店, P20, 1982
- 3) 川村二郎：塗装工学, VOL.30, No.2, P69, 1995