

니트로셀룰로오스락카, 아미노알키드, 폴리에스테르 및 폴리우레탄 塗料의 塗膜性能에 關한 考察^{*1}

李 劍 宇^{*2}, 金 顯 中^{*2}

A Study on Characteristics of Coated Films on Wood Surface by Nitrocellulose Lacquer, Aminoalkyd, Polyester, and Polyurethan^{*1}

Phil Woo Lee^{*2} Hyun Joong Kim^{*2}

SUMMARY

This experiment was executed to investigate the characteristics of gloss and color difference in coated films by N.C. Lacquer, Aminoalkyd, Polyester, and Polyurethan coating after chemical (distilled water, ethyl alcohol, acetic acid, and sodium hydroxide) and heating (120°C) treatments, cold-check test, and U.V. radiation.

The results obtained were summarized as follows:

1. The gloss decreasing rate by water resistance test was the least among chemicals treated on coated films.
2. The color difference of coated films by chemical treatments highly and similarly increased, except the alkali treatment showing a little increase.
3. In the color difference by U.V. radiation, the polyester coated film showed generally large difference compared with the other coated films.

1. 緒 論

木材塗裝은 塗料의 組成에 의해서 發生하는 塗膜의 物性과 塗裝工程에서 發生하는 모든 現象 그리고 塗裝後의 塗膜 및 素地로 使用한 木材의 性質로 因해서 發生하는 여러가지 現象을 考察할 수 있고 그 良否의 特性을 判斷할 수 있다.

塗料의 組成은 製造分野의 專門家에 의해서 만들어지는 것이라고 할 수 있으나 塗裝工程과 塗裝後에 發生하는 塗膜의 物性に 直接的으로 영향을 미칠 뿐만 아니라 被塗物인 木材의 性質과도

매우 중요한 相互關係를 가지므로 이것들을 적용함에 있어서는 事전에 세밀한 檢討가 필요하다.

現在 市中에서 많이 使用되고 있는 合成高分子 物質과 顔料 및 溶媒를 基盤으로 하는 塗料에서는 高分子物質과 顔料와의 濃厚溶液中的 擧動, 皮膜化 進行課程에 대한 보다 完備한 知識이 요구되고 있으며, 특히 木材用 塗料의 粘彈性(Rheology)的 性質과 木材에 塗裝된 漆의 塗膜속에서 形成되는 應力에 대해서 보다 깊은 檢討가 있어

*1. 接受 1988年 12월19日, Received December 19, 1988

*2. 서울대학교 農科大學, College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 440-744, Korea

야 할 것이다.

以上과 같은 問題點을 해결하기 위한 여러 研究가 遂行되어 왔으나 本 研究와 關聯하여 중요한 몇가지 研究를 소개하면 다음과 같다.

Caroline(1962)¹⁾이 塗膜열화의 考察수단으로써 顯微鏡的 方法으로 그 劣化狀態를 고찰한 바 있으며 Nye(1962)²⁾는 電子顯微鏡을 利用하여 塗膜의 劣化機作을 연구한 바 있다. 또한 Michael(1963)³⁾은 塗裝된 southern pine材를 大氣에 暴露시킨 경우 春材가 秋材보가 양호한 塗膜附着이 일어난다고 보고한 바 있다. 또한, Brooks(1967)⁴⁾는 顏料의 含量에 따른 塗膜의 劣化機作을 電子顯微鏡의 方法으로 고찰하였으며 Eicherman(1967, 1972)⁵⁾은 塗裝된 木材의 化學的 劣化가 자외선에서 기인되며 이러한 자외선은 木材속으로 깊게 침투하지는 않지만 塗膜의 酸化에 대한 에너지原으로 작용한다고 보고하였으며, 塗裝된 木材를 1500시간동안 자외선으로 照射시켜서 미세적인 변화를 관찰한 바 있다.

이와같이 주로 塗膜의 미세적인 劣化現象을 주로 電子顯微鏡으로 관찰하였고, 促進方法으로써는 자외선을 이용하여 塗膜을 劣化시키고 그 變化現象을 調査, 檢討하였다.

따라서 本 研究에서는 木材用 塗料로써 일반적으로 많이 사용하고 있는 Nitrocellulose Lacquer, Aminoalkyd, Polyester 그리고 Polyurethane 塗料를 選定하여 塗裝處理를 實施하고, 形成된 塗膜에 대해서 化學處理, 耐熱性 시험, Cold-check 시험, 자외선照射에 의한 光澤과 色差의 變化를 調査하였고, 또 이들 塗膜을 走査電子顯微鏡으로 觀察, 考察하고자 수행하였다.

2. 材料 및 方法

2.1. 試驗材料

2.2.1. 供試樹種

供試樹種은 0.8 cm 참나무(*Quercus spr*) 2화경단판을 오버레이한 두께 1cm의 라왕 5ply 합판을 使用하였다. 恒溫恒濕器에서 平衡含水率 13%로 조습처리하였으며 塗裝處理를 위한 素地

板의 크기는 40×20×1(cm)로 하였다.

2.1.2. 供試塗料 및 塗裝工程

供試塗料는 國內 塗裝메이커인 A.B.C 3社의 Nitrocellulose Lacquer, Aminoalkyd, Polyester 그리고 Polyurethane 塗料를 使用하였으며 塗裝工程은 Table 1과 같이 하였다.

2.2 實驗方法

2.2.1. 塗膜의 化學處理

2.2.1.1. 塗膜의 性能試驗

塗裝된 塗膜을 共히 塗裝後 20일이 경과한 다음 使用 하였으며 耐水性은 蒸留水로 24時間동안 處理하였다. 耐알칼리性, 耐酸性, 耐알로올性 시험은 모두 JIS 5400에 의거 각각 1%苛性소오다(NaOH), 5% 초산(CH₃COOH), 30% 에틸알코올(C₂H₅OH)溶液에 8時間동안 浸漬시켰으며 耐熱性 試驗은 溫度 120℃에서 3時間동안 加熱 處理하였다.

2.2.1.2. Cold-check 試驗

Cold-Check 試驗은 -20℃에서 2시간 60℃에서 2시간을 1주기로 하여 20주기까지 실시하였다.

2.2.1.3. 促進耐候性 試驗

促進耐候性 試驗으로는 자외선(280nm)을 400時間까지 조사하였다.

2.2.2. 光澤度 測定

光澤度는 독일 BYK社의 Pocket Gloss Meter를 使用하였으며 化學處理 및 耐熱試驗한 塗膜에 대하여 測定하였다.

2.2.3. 色差 測定

化學處理, 耐熱試驗 및 자외선(Ultra Violet)照射한 各 塗膜의 退色을 알아보기 위하여 I.S.O(International Standadization Organization)에 의한 D. 표준광원을 使用하였다. 표준 관측자(2度시야 2 degree observer)에 의한 色差計(Pacific Scientific社의 E-45)로 三刺激值(Tristimulus) X,Y,Z를 KSA 0066물체색의 측정방법에 의거 測定하였다.

處理前後의 Lab에 의한 ΔE는 KSA 0063의 차표시방법에 의거 計算하였다.

Table 1. Finishing process of test board.

Process	Treatment Method	# of times	Consistency* ¹ (sec)	Drying Time (min.)
Sanding	Sand paper # 220			
Wiping filler stain				
Under coat (wood sealer)	Spray coating	N.C. Lacquer 8 A.A. 4 P.E. 1 P.U. 4	N.C. Lacquer 19 A.A. 15 P.E. 17 P.U. 15	30
Sanding	Sand paper # 220 # 320			
Intermediate coat (sanding sealer)	Spray coating (N.C. Lacquer, A.A., P.U.) Flow coater (P.E.)	N.C. Lacquer 2 A.A. 2 P.E. 1 P.U. 2	N.C. Lacquer 19 A.A. 15 P.E. 17 P.U. 17	30
Sanding	Sand paper # 320 # 400			
Top coat	Spray coating (N.C. Lacquer, A.A., P.U.) Flow coater (P.E.)	N.C. Lacquer 2 A.A. 1 P.E. 2 P.U. 1	N.C. Lacquer 19 A.A. 15 P.E. 65 P.U. 17	30

*1 measured by Ford Cup #4

N.C. Lacquer : Nitrocellulose Lacquer Coating
A.A. : Ammoalkyd Coating
P.E. : Polyester Coating
P.U. : Polyurethan Coating

3. 結果 및 考察

3.1. 化學處理에 의한 光澤變化

本 試驗에서 測定한 4종류의 塗料를 塗裝하여 形成된 各 塗膜의 耐水性, 耐알코올性, 耐酸性, 耐알칼리性 및 耐熱性에 대한 光澤變化를 表示하던 Table 2와 같다.

이들 測定結果에 依하면 N.C.Lacquer 塗膜에 서는 耐水性, 耐알코올性의 光澤減少率이 각각 99.3, 99.0으로써 거의 變化하지 않음을 알 수 있었으며, 耐酸性과 耐알칼리性에서는 각각 96.3, 96.1으로써 減少率이 약간 떨어졌으나 耐熱性에서의 光澤減少率은 92.2로써 處理條件中에서 가장 크게 減少하였음을 보여 주었다.

Table 2. Gloss change of coats after treatment (%).

		N.C. Lacquer	Amino Alkyd	Polyester	Polyure- thane
Water Resistance (Distilled water for 24hr)	Untreated	85.6	92.1	79.4	92.8
	Treated	85.0	90.2	78.3	90.7
	Decreasing rate	99.3	97.9	98.6	97.7
Alcohol Resistance (30% EtoH for 8hr)	Untreated	84.0	92.0	86.1	93.5
	Treated	83.2	86.3	84.3	86.5
	Decreasing rate	99.0	93.8	97.9	92.5
Heat Resistance (120°C for 8hr)	Untreated	83.0	90.6	75.4	94.0
	Treated	76.5	83.1	69.5	93.8
	Decreasing rate	92.2	91.7	92.2	99.8
Acid Resistance (5% CH ₃ COOH for 8hr)	Untreated	85.5	92.2	75.2	93.3
	Treated	82.3	89.8	73.0	89.9
	Decreasing rate	96.3	97.4	97.1	93.4
Alkali Resistance (1% NaOH for 8hr)	Untreated	86.4	91.3	80.7	93.0
	Treated	83.0	88.8	77.0	92.4
	Decreasing rate	96.1	97.3	95.4	99.4

Aminoalkyd를 處理한 塗膜과 Polyester를 處理한 塗膜에서는 N.C.Lacquer와 비슷한 경향을 보여주었으나 耐酸性과 耐알칼리성에서는 그와 반대현상을 보여주었다.

또한, Polyurethane을 處理한 塗膜에서는 耐熱性, 耐알칼리를 處理한 塗膜에서 각각 99.8, 99.4로써 다른 塗膜과는 달리 매우 작은 光澤減少率을 보여주고 있는 반면에 耐水性, 耐알코올성을 處理한 塗膜에서는 다른 모든 塗膜보다도 光澤減少率이 컸음을 알 수 있었다.

3.2. 化學處理에 의한 色差 測定

各 塗膜의 耐水性, 耐알코올성, 耐熱성, 耐酸性 그리고 耐알칼리성에 대하여 測定한 色差의 結果를 表示하면 Table 3과 같다.

N.C.Lacquer 塗膜에서의 耐熱성에 의한 色差

가 21.10으로써 가장 컸으며 耐水性, 耐알코올성 그리고 耐酸性의 色差는 각각 18.41, 18.54 그리고 17.96으로써 비슷하였으나 이들과 比較하여 耐알칼리성은 0.4로써 매우 적은 色差를 보여주었다. Aminoalkyd 塗膜에서도 N.C.Lacquer 塗膜의 色差와 똑 같은 경향을 나타내주고 있다.

Polyester 塗膜에서 耐水性, 耐알코올성, 耐熱성 그리고 耐酸性의 色差는 각각 17.01, 17.66, 17.35 그리고 16.89로써 거의 비슷한 경향을 보여주고 있으나 역시 耐알칼리성에서도 0.20으로써 매우 낮은 色差를 나타내주고 있다.

Polyurethane 塗膜은 耐알코올성에서의 色差는 20.05로써 가장 높은 色差를 나타내주고 있으나 耐水性, 耐熱성 및 耐酸性의 色差에서도 각각 19.04, 19.36 및 19.30으로써 거의 비슷하였다.

Table 3. Discoloration sensitivity of coats after treatments

			N.C. Lacquer	Amino Alkyd	Polyester	Polyurethane
Water Resistance (Distilled water for 24hr)	U.T.	X	15.65	16.54	12.61	16.07
		Y	17.01	18.46	13.61	17.67
		Z	13.20	15.60	12.25	14.25
	T.	X	12.66	12.61	9.58	12.38
		Y	11.41	11.67	8.61	11.22
		Z	7.06	8.26	6.42	7.39
	E	18.41	19.24	17.01	19.04	
Alcohol Resistance (30%EtOH for 8hr)	U.T.	X	15.44	14.83	13.24	18.46
		Y	16.82	16.49	14.39	20.49
		Z	13.33	14.43	12.87	15.94
	T.	X	12.04	11.71	10.47	14.19
		Y	10.87	10.82	9.45	13.03
		Z	6.96	7.73	6.69	8.27
	E	18.54	18.33	17.66	20.05	
Heat Resistance (120°C for 3hr)	U.T.	X	15.60	15.69	12.55	17.11
		Y	16.92	17.47	13.54	18.90
		Z	13.14	14.84	12.18	14.99
	T.	X	13.48	12.27	9.58	13.39
		Y	11.87	11.18	8.59	12.26
		Z	6.31	7.20	6.15	7.79
	E	21.10	20.36	17.35	19.36	
Acid Resistance (5% CH ₃ COOH for 8hr)	U.T.	X	14.24	16.16	12.49	16.82
		Y	15.39	18.01	13.40	18.46
		Z	12.60	15.23	11.67	14.50
	T.	X	11.17	12.46	9.75	13.11
		Y	10.00	11.52	8.71	11.90
		Z	6.62	8.01	6.17	7.58
	E	17.96	19.09	16.89	19.30	
Alkali Resistance (1% NaOH for 8hr)	U.T.	X	12.41	11.36	11.17	11.93
		Y	11.36	10.07	10.10	11.36
		Z	7.80	6.42	6.97	8.31
	T.	X	12.29	11.49	11.25	12.07
		Y	11.24	10.19	10.17	11.48
		Z	7.61	6.48	6.99	8.24
	E	0.40	0.24	0.20	0.61	

그러나 이들과 比較하여 耐알칼리성이 가장 낮은 色差를 보여주고 있는 主要한 要因은 各 塗膜을 構成하고 있는 分子사슬의 ester group에서 알칼리의 -OH에 의한 전자밀도, 입체장애효과등으

로 생각하며 보다 確實하게 究明하기 위해서는 이에 대한 化學的 構造의 研究가 요망된다.

3.3 各 塗膜에서의 UV照射에 의한 色差變化
各 塗膜에 대해 UV照射을 400時間 處理하였

으며 色差測定은 48시간(2日), 144시간(6日), 240시간(10日), 360시간(15日), 400시간에 행한 것을 Table 4에 나타내었으며 이를 Fig.1에서 나타내었다.

Fig.1에서 알 수 있듯이 N.C.Lacquer 塗膜과 Polyurethane 塗膜은 같은 경향으로써 360시간(

15日)照射할 때 까지 色差가 증가하였으며 360시간 以後에는 더욱 급속하게 증가함을 알 수 있었다. 또한, Aminoalkyd 塗膜의 色差는 240시간 照射까지는 증가하다가 그 후 부터 360시간까지 다소 증감이 없었으며 360시간 以後에는 다시 같은 기울기로 증가하였다.

Table 4. Discoloration sensitivity of coats after U.V. radiation.

		N.C. Lacquer	Amino Alkyd	Polyester	Polyurethane
Initial	X	11.56	10.21	13.06	10.52
	Y	10.18	9.34	11.90	9.52
	Z	6.41	6.85	7.89	6.79
48hr	X	11.36	10.23	12.69	10.39
	Y	10.04	9.34	11.56	9.41
	Z	6.37	6.84	7.71	6.76
	ΔE	0.38	0.17	0.67	0.31
144hr	X	11.26	10.24	12.46	10.22
	Y	9.93	9.35	11.33	9.23
	Z	6.18	6.74	7.56	6.59
	ΔE	0.52	0.43	1.03	0.56
240hr	X	11.11	10.17	12.40	10.20
	Y	9.79	9.29	11.27	9.23
	Z	6.03	6.64	7.45	6.63
	ΔE	0.72	0.63	1.05	0.64
360hr	X	11.47	10.14	12.40	10.13
	Y	10.10	9.25	11.27	9.16
	Z	6.17	6.61	7.45	6.57
	ΔE	0.82	0.64	1.06	0.74
400hr	X	11.56	10.14	12.36	9.95
	Y	10.18	9.25	11.23	8.99
	Z	6.18	6.59	7.36	6.43
	ΔE	0.99	0.72	1.10	1.04

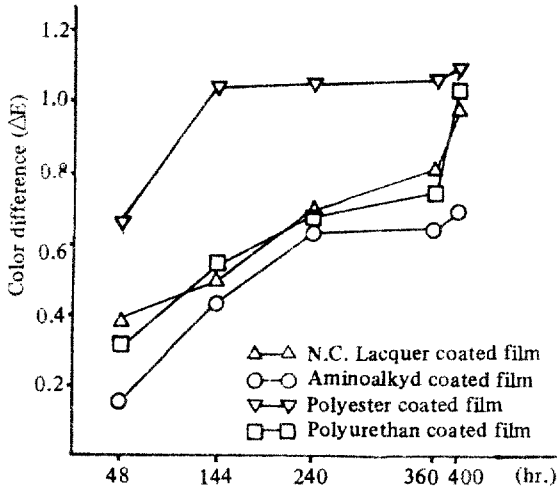


Fig. 1. Discoloration sensitivity of coats after U.V. radiation U.V. radiation.

또 Polyester 塗膜의 色差는 初期에 다른 塗膜들 보다는 훨씬 더 많은 色差를 보여주었으며 144시간부터 360시간照射사이에서는 변화폭이 비슷하였으나 360시간 以後에는 다시 증가함을 알 수 있었다.

3.4. 塗膜의 化學處理, Clod-check 및 U.V.照射에 의한 電子顯微鏡의 觀察.

塗膜의 狀態를 알기 위하여 塗膜과 木材素地까지의 斷面을 촬영한 그림으로 Fig 2의 A,B,C,D에서 보는바와 같다. 각 塗料別 塗膜의 厚さを 보면 Nitrocellulose Lacquer 塗膜에서는 730 μ m. 이었으며 Amno Alkyd 塗膜은 830 μ m, Polyester 塗膜은 210 μ m. Polyurethane 塗膜은 780 μ m이었다.

이 그림들에서 Polyester 塗膜을 제외한 다른 塗膜들에서는 下塗와 上塗가 명확하게 구별이 됨을 볼 수가 있었다. 또한, 素地和 塗膜간에는 약간의 간격이 있음을 알 수 있었다.

Fig. 3의 A,B,C,D는 증류수를 處理한 塗膜을 촬영한 그림으로 각각, N.C.Lacquer Aminoalkyd, Polyester, Polyurethane 塗膜의 촬영사진들이다. Fig.3의 A,B,C는 대체로 평탄한 塗膜이 특징이며 C는 Polyester 塗膜으로 수많은 줄무늬가 관찰되는 것이 특징임을 알 수 있었다.

Fig. 4의 A,B,C,D는 알코올을 處理한 塗膜을 촬영한 그림으로 A는 N.C.Lacquer의 塗膜으로

커다란 물결이 觀察되며 B는 Aminoalkyd 塗膜으로써 부분적으로 코너디지가 붙어 있다는 것이 나타났고 C는 Polyester 塗膜으로 증류수處理한 Fig. 3의 C塗膜과 거의 비슷함을 알 수 있었다. 또 D는 Polyerethane 塗膜으로써 심한 줄무늬가 觀察되었으며 耐알코올성에 약함을 알 수 있었다.

Fig. 5의 A,B,C,D는 耐熱性 試驗의 塗膜을 촬영한 그림으로 N.C.Lacquer 塗膜인 A는 매우 심하게 變形되어 있음을 알 수 있었으며 Aminoalkyd 塗膜인 B는 심한 줄무늬가 觀察되었다. 또한 Polyester 塗膜인 C는 약간 變形되어 보이며 Polyurethane 塗膜인 D는 약간의 줄무늬가 觀察되었다. 따라서 N.C.Lacquer, Aminoalkyd 塗膜은 耐熱性에 매우 약함을 알 수 있었다.

Fig. 6의 A,B,C,D는 耐酸性 試驗의 塗膜을 촬영한 그림으로 N.C.Lacquer, Aminoalkyd, Polyester 塗膜인 A,B,C는 變化가 없었으나 Polyurethane 塗膜인 D는 약간의 줄무늬가 觀察되었다.

Fig. 7의 A,B,C,D는 알칼리를 處理한 塗膜을 촬영한 그림으로 N.C.Lacquer 塗膜인 A와 Aminoalkyd 塗膜인 B에서 매우 심하게 變形되어 있음을 알 수 있었으며 Polyester 塗膜인 C는 줄무늬가 다소 있었으며 Polyurethane 塗膜인 D는 줄무늬가 약간만 나타났다.

Fig. 8의 A,B,C,D는 Cold-check 試驗을 20cycle 한 塗膜을 촬영한 그림으로 N.C.Lacquer 塗膜인 A는 耐熱性 시험한 Fig5의 A와 같이 매우 심하게 變形되어 있었으며 Aminoalkd 塗膜인 B도 塗膜이 전체적으로 붕쳐서 줄무늬의 형상을 관찰할 수 있었다. Polyester, Polyurethane 도막인 C, D도 많은 줄무늬가 관찰되었다.

Fig. 9의 A,B,C,D는 U.V.照射한 도막을 촬영한 그림으로 N.C.Lacquer 塗膜인 A는 매우 심하게 變形이 나타났으며 耐熱性 試驗한 塗膜인 Fig.5의 A와 Cold-check 試驗한 塗膜인 Fig8의 A와 같은 형상을 나타내주고 있다. 그리고 Aminoalkyd 塗膜인 B는 커다란 줄무늬가 형성되었다. C는 Polyester 塗膜으로써 줄무늬 사이에 할렬(Checking)을 관찰할 수 있었으며 D인 Polyu-

urethane 塗膜은 약간의 變形이 일어났음을 확인

할 수 있었다.

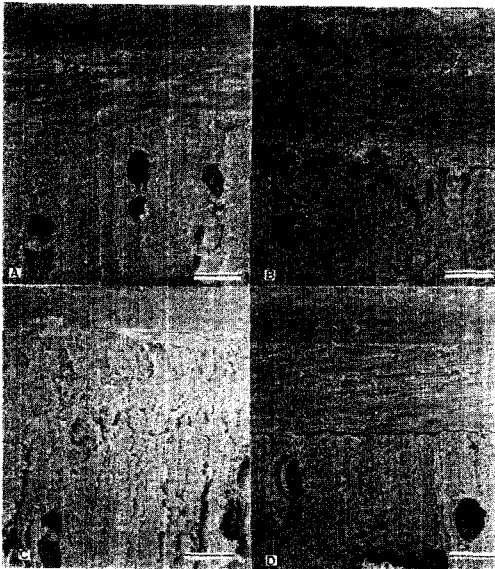


Fig. 2. Side views of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) coated films (SEM, Scale bar 250 bar).

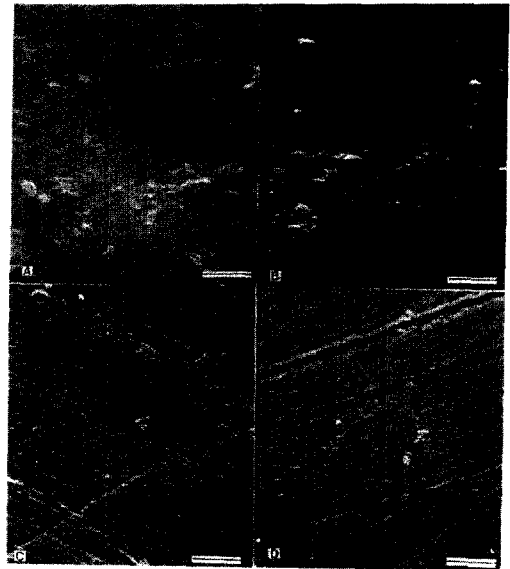


Fig. 4. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by 30% ethyl alcohol for 8 hours. (SEM, scale bar 3.7 μ m).

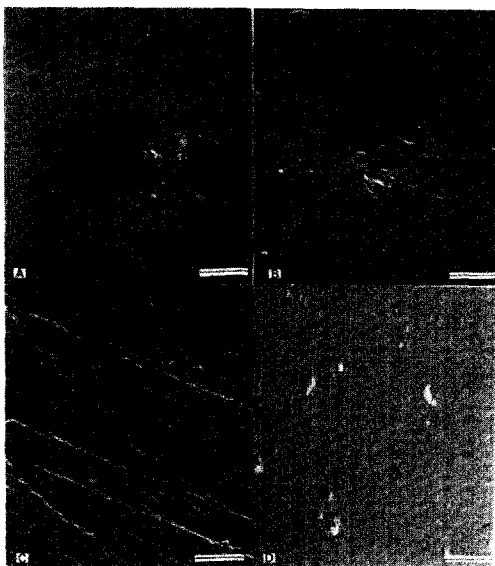


Fig. 3. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B) Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by distilled water for 24 hours. (SEM, scale bar 3.7 μ m).

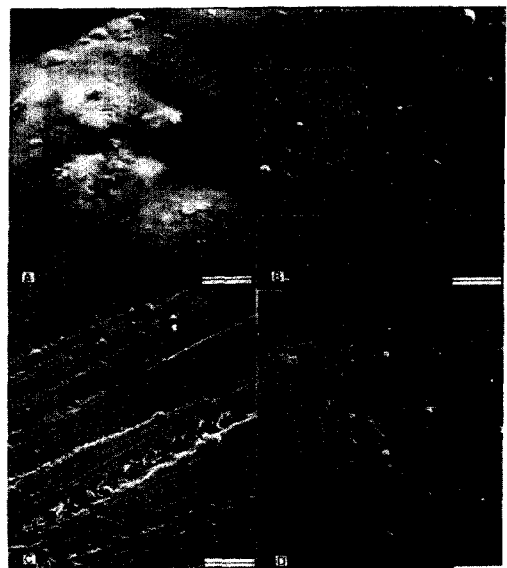


Fig. 5. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) heated at 120°C for 3 hours. (SEM, scale bar 3.7 μ m).

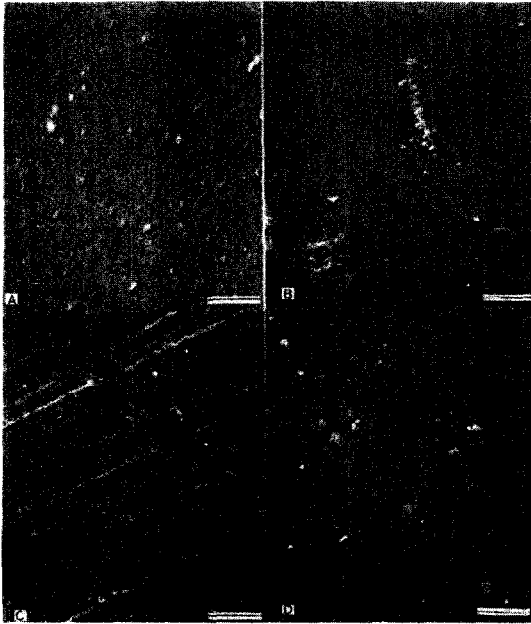


Fig. 6. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by 5% acetic acid for 8 hours. (SEM, scale bar $3.7\mu\text{m}$).



Fig. 8. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by col-check test (20 cycles). (SEM, scale bar $3.7\mu\text{m}$).

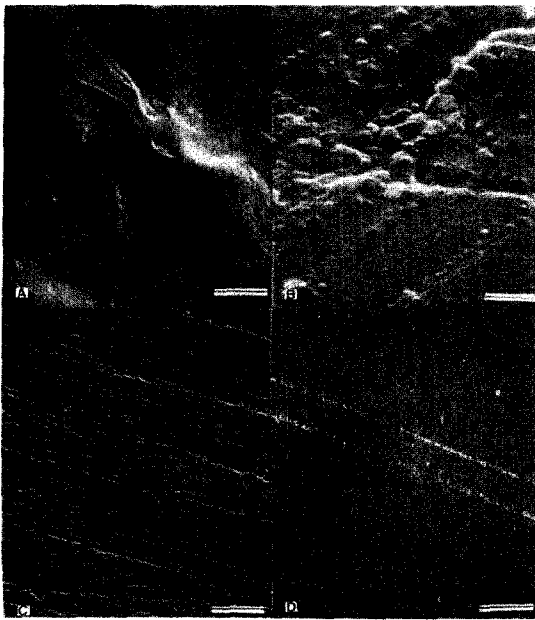


Fig. 7. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by 1% sodium hydroxide for 8 hours. (SEM, scale bar $3.7\mu\text{m}$).

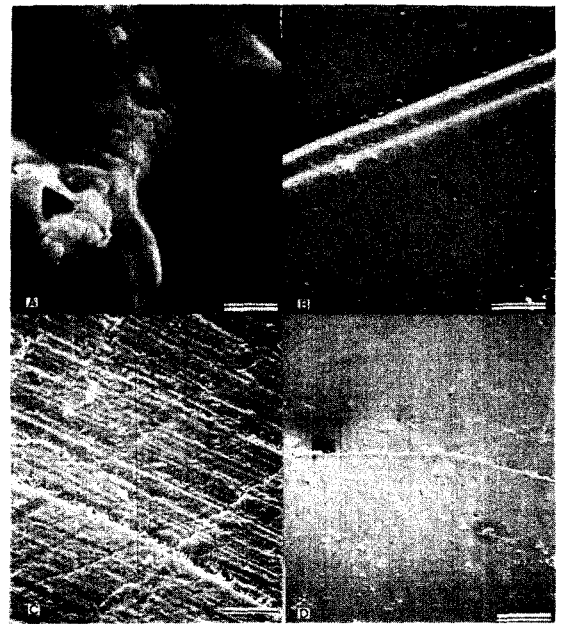


Fig. 9. The coats of N.C. Lacquer (A), Aminoalkyd (B), Polyester (C) and Polyurethan (D) treated by U.V. radiation for 400 hours. (SEM, scale bar $3.7\mu\text{m}$).

4. 結 論

以上과 같이 木材用으로 가장 많이 使用하고 있는 4大塗料를 選定하여 化學處理(distilled water, ethyl alcohol, acetic acid, sodium hydroxide), 加熱處理(120°C) 및 Cold-check 試驗 그리고 U.V.照射處理를 하고 이에 따른 塗膜의 光澤變化, 色差變化를 조사하고 그 塗膜에 대하여 電子顯微鏡의으로 觀察한 結果는 다음과 같다.

1. 塗料別로 形成된 塗膜에 있어서 耐水性 試驗에 의한 것이 다른 化學處理에 의한 것보다 光澤減少率이 매우 낮게 나타났다.

2. 化學處理에 의한 各 塗膜의 色差變化는 거의 모든 塗膜에서 비슷하게 증가하였으며 耐알칼리處理에 의한 色差變化는 매우 적게 나타났다.

3. U.V.照射에 의한 塗膜의 色差變化에 있어서 Polyester 塗膜이 다른 塗膜보다 크게 나타났다.

參 考 文 獻

1. Caroline, D. 1962. Microscopic investigation of aged films. Official Digest 34(6): 652-663.
2. Nye, J.D. 1962. The electron microscopy of artificially weathered paint films. Official Digest 34 (7): 716-751.
3. Michael, E.J. 1963. Properties of softwoods that affect the performance of exterior paints. Official Digest 35 (4): 451-472.
4. Brooks, L.E. 1967. Scanning electron micrographs of pigmented paint films Journal of Paint Tech. 39 (511): 472-483.
5. Eicherman, J.B. 1969. Painting of southern pine. Forest Prod. J. 19 (4): 44-52.
6. _____, R.T. Thomas. 1972. Scanning electron microscopy of weathered coating on wood. Journal of Paint Tech. 44 (570): 88-94.