

酸素指數法에 의한 木質板狀材料의 燃燒試驗¹

李弼宇² · 鄭仁柱²

Oxygen Index Evaluation of Wood-Based Materials¹

Phil Woo Lee² and In Ju Chung²

要 約

本 試驗은 酸素指數法을 使用하여 木質板狀材料의 相對的 燃燒性과 그들의 酸素指數를 알아보기 위하여 遂行되었다. 酸素指數는 一定比率의 酸素, 窒素 混合氣體의 흐름속에서 材料가 發炎燃燒를 持續할 수 있는 最少의 酸素濃度를 말한다.

本 試驗에서는 酸素指數를 計算하기 위하여 Dixon과 Massey의 Up and Down法을 使用하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 酸素指數는 合板이 27.9%로 가장 높게 나타났으며, MDF와 파티클보드의 酸素指數는 각각 26.9%와 26.2%이었다. 이것은 合板이 MDF나 파티클보드에 비해 難燃燒性을 가지고 있는 것을 나타낸다.
2. 酸素指數는 混合氣體流動速度에 의하여 影響을 받지 않았다.

ABSTRACT

The oxygen index test was carried out to obtain the relative flammability of wood-based materials (plywood, MDF, particleboard) and their oxygen indices. The oxygen index is the minimum concentration of oxygen, expressed as volume percent, in a mixture of oxygen and nitrogen that will just support flaming combustion of a material under the specified laboratory conditions. In this study the oxygen indices were calculated by using the Dixon and Massey's Up and Down method ("N" Large method).

The obtained results were as follows :

1. The oxygen indices calculated with Up and Down method were 27.9% for plywood, 26.9% for MDF, and 26.2% for particleboard, indicative of plywood being more difficult to burn than MDF and particleboard under the same surrounding conditions.
2. The oxygen indices were not affected by the total gas flow rate.

Key words : oxygen index ; flammability ; wood-based materials

緒 論

酸素指數法(Oxygen Index Test)은 일정비율의 酸素와 窒素의 混合氣體의 흐름속에서 材料가 發

炎燃燒를 持續할 수 있는 最少의 酸素濃度를 測定하는 것이다.

이 方法은 주로 高分子 또는 플라스틱의 相對的 燃燒性을 測定하기 위하여 施行되어 왔으며 既存의 U.S. Forest Products Laboratory의 Mar

¹ 接受 1989年 9月 11日 Received on September 11, 1989.

² 서울대학교 농과대학, Dept. of Forest Prods., College of Agriculture, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea.

wardt 等(1959)에 依해서 취급된 燃燒性(또는 耐火性)試驗方法인 Schlyter test나 Inclined-panel test에 비해 상당히 적은 材料와 時間을 들이고서도 材料간의 相對的 燃燒性を 測定할 수 있으며 상당히 높은 正確性和 再現性を 가지고 있다고 報告되고 있다.

근래에는 이러한 長點들을 가지고 있는 酸素指數法을 利用하여 木材, 木質材料 또는 耐火處理된 材料사이의 相對的 燃燒性を 測定하고자 하는 많은 研究가 進行되고 있다.

White(1979)는 木材의 두께와 含水率이 酸素指數에 미치는 影響을 調査하였는바, 酸素指數는 두께가 增加함에 따라 比例的으로 增加하나 어떤 일정두께 이상에서는 그 增加정도가 減少하고, 含水率에 따라서는 含水率증가에 따라 비례적으로 酸素指數가 增加함을 보여 水分이 많은 材料가 燃燒할 때에는 (즉 난연재료일 경우에는) 더욱 높은 酸素濃도가 要求됨을 보여 주었다. 그는 또 既存의 燃燒度 試驗方法인 Fire tube test, Modified schlyter test, 8-foot funnel test와 酸素指數法에서 얻은 結果와의 相關關係를 調査한 結果, 統計的으로 有意성이 있는 相關關係를 보임에 따라 酸素指數法이 既存의 燃燒度 試驗方法들을 대신하여 耐火處理된 木質材料간 또는 無處理 木質材料間的 相對的 燃燒性を 測定할 수 있음을 報告하였다.

吉村과 梅村(1979)은 木材의 酸素指數를 測定하는데 있어서 Dixon과 Massey(1969)의 統計方法인 "Up and Down 法"을 使用하였으며 이 方法이 木質材料나 木材와 같이 燃燒가 不均一하게 일어나는 材料의 酸素指數를 구하는데 있어서 매우 適切한 方法임을 報告하였다.

吉村과 三輪(1980)은 日本工業規格에 의하여 酸素指數를 구하였으며, 이들은 木材內의 水分量이 酸素指數에 크게 影響함을 보였다.

吉村과 堀井(1980)은 耐火劑((NH₄)₂HPO₄, NH₄SO₃NH₂)로 處理한 木材가 無處理材보다 높은

酸素指數를 나타냄을 보여주었으며, 耐火劑간에는 第二磷酸암모늄(diammonium phosphate) 處理가 黃酸암모늄(ammonium sulfamate) 處理보다 더 높은 酸素指數를 나타냄을 報告하였다.

本 研究에서는 耐火處理를 하지않은 國產 木質板狀材料(中密度纖維板, 合板, 파티클보드)의 酸素指數를 Up and Down 法을 使用하여 測定함으로써 각 材料들간의 燃燒性を 比較해 보고자 하였다.

材料 및 方法

1. 試驗材料 및 裝置

(1) 木質板狀材料

本 試驗에서 使用한 木質板狀材料는 國產 合板中密度纖維板(MDF), 파티클보드(PB)등이었으며, 그 두께는 公히 9mm이었다. 各 材料의 性質은 Table 1과 같다.

(2) 試驗片의 規格

試驗片의 規格은 各 材料 公히 두께 9mm, 폭 6.5mm, 길이 11cm이었으며, 合板의 경우 表裏板의 木理方向은 길이方向에 平行하도록 試驗片을 製作하였다.

(3) 酸素指數測定器機

本 試驗에서 使用한 酸素指數測定器機는 英國 Stanton Redcroft社에서 製作한 Model FTA Serial No. 945를 使用하였으며 이것은 ASTM D 2863-77 規格에 맞게 製作된 것이었다. 이 기기의 test column의 반경은 4.75cm이었으며, 기기의 개략도는 Fig. 1과 같다.

(4) 點火器

試驗片의 上端에 點火를 시키기위해서 부탄가스를 燃料로 使用한 點火器를 使用하였다.

2. 試驗方法

(1) Up and Down 法("N" Large Method)

Table 1. Characteristics of wood-based materials

CHARACTERISTICS MATERIALS	Thickness (mm)	Moisture content (%)	Specific Gravity
Plywood	9	10.74	0.65
MDF*	9	9.73	0.72
Particleboard	9	10.64	0.68

* : Medium Density Fiberboard

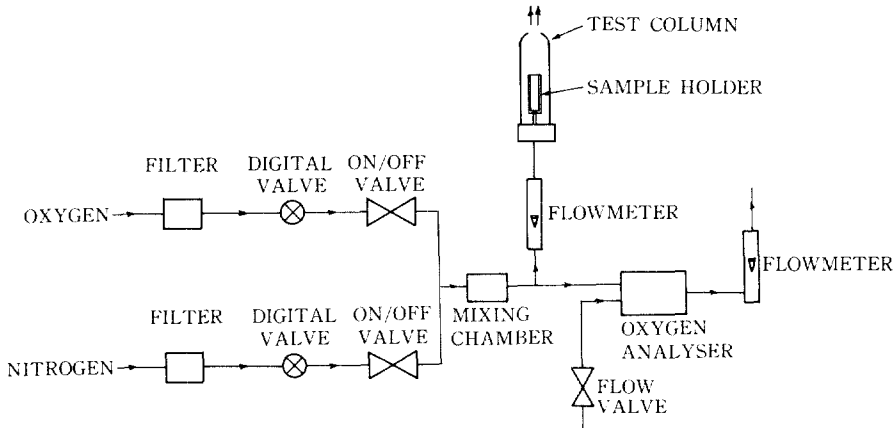


Fig. 1. Schematic diagram of critical oxygen index equipment

Dixon과 Massey(1969)에 의해서 開發된 統計方法으로 試驗方法은 아래와 같다. 木質材料 試驗片을 酸素指數測定器機의 test column내 支持臺에 直立狀態로 固定시킨 다음 酸素와 窒素의 流量을 각각의 유량조절 손잡이로 調整하여 所定의 酸素指數值를 設定한 후 약 30秒 동안 放流시켜 test column내의 酸素·窒素 比率이 일정하게 되도록 하였다. 本 試驗에서 最初의 酸素指數는 25%이었다. 그 다음 불꽃길이를 약 5cm로 조절한 點火器를 사용하여 시험편의 上端에 着火(약 10초간)시킨 다음 點火器를 신속히 除去하였다. 시험편에 착화가 된 直後부터의 時間을 測定하였다.

燃燒의 判定基準은 ASTM D 2863-77에 의거하여 發炎燃燒 시간이 3分을 超過하거나 연소된 길이가 5cm를 超過하는 것을 基準으로 하였다. 만약 처음의 酸素指數에서 연소기준을 만족하는 경우 그 시험편에 ×表(success)를 하고 시험편을 바꾼 후 酸素指數를 1水準(본 시험에서는 1%) 낮추어 같은 시험을 행하였다. 여기서 연소기준을 滿足하지 못하는 경우에는 ○表(fail)를 하고 酸素指數를 다시 1水準 높혀 같은 시험을 행한다. 이와같은 一連의 過程을 20회 反復하여 試驗하였다.

이상의 시험결과에서 각 酸素指數 水準에서 燃燒基準을 滿족한 것(×표)과 滿족하지 못한 것(○표)의 갯수를 각각 구하고, 전체 試驗에서 燃燒基準을 滿족한 것과 滿족하지 못한 것의 合計를 구한 후, 그 각각의 合計에서 그 수가 작은 쪽을 選擇하여 아래의 計算을 행하였다.

① 平均酸素指數(Average oxygen index, \bar{x})

$$\bar{x} = \bar{y}_i \pm d/2 \quad \bar{y}_i = \sum y_i n_i / \sum n_i$$

y_i : 산소지수

n_i : y_i 수준에서의 시험편수

d : 산소지수의 간격

단, 위의 “+”는 연소기준을 만족하지 못한 시험편의 갯수를 사용하였을 경우이고, “-”는 연소기준을 만족한 시험편의 갯수를 사용하였을 경우이다.

② 標準偏差(Standard deviation, S)

$$S = 1.620d(Sy^2/d^2 + 0.029)$$

$$Sy^2 = \frac{\sum y_i^2 n_i - (\sum y_i n_i)^2 / n}{n-1}$$

단, $n = \sum n_i$

(2) 混合氣體流動速度和 試驗片의 갯수

本 試驗에서 酸素指數를 測定하는데 使用된 酸素·窒素 混合氣體의 test column내에서의 混合氣體流動速度는 13 l/min, 17 l/min, 21 l/min등 세 水準이었으며 이를 test column내의 流動速度로 換算하면 각각 3.05cm/sec, 4.00cm/sec, 4.94cm/sec였다. 각 混合氣體流動速度 水準에서 Up and Down法에 의하여 試驗을 행하였으며 각 混合氣體流動速度 水準에서의 試驗片 갯수는 20개씩이었다.

(3) 酸素指數

Test column내의 酸素와 窒素가스의 흐름량을 이용하여 다음 式으로 計算하였다.

$$\text{酸素指數(Oxygen index)} = \frac{O_2 \text{ gas}}{N_2 \text{ gas} + O_2 \text{ gas}} \times 100$$

結果 및 考察

Up and Down法에 의해서 測定된 合板, 中密度纖維板, 파티클보드의 平均酸素指數와 標準偏差는 Table 2.와 같다.

Table에서 보는 바와 같이 酸素指數는 合板이 27.0%로 가장 높았으며 그 다음은 중밀도섬유판, 파티클보드의 순으로 그 酸素指數는 각각 26.9%와 26.2%이었다. 이것은 많은 研究者들의 研究結果로 볼 때, 周圍의 條件이 같을 경우 合板의 燃燒가 중밀도섬유판 및 파티클보드의 燃燒보다 相對으로 어렵다는 것을 나타낸다. 이와같이 合板의 酸素指數가 가장 높게 나타난것은 合板製造時

單板사이에 塗布된 接着層에 의한 燃燒抑制 效果가 있기 때문인 것으로 생각된다.

本 試驗에서 酸素指數를 구하는데 있어서 Up and Down法이라는 統計方法을 使用한 것은 同一한 酸素指數에서도 燃燒基準를 滿足하는 시험편과 만족하지 않는 시험편이 同時에 얻어질 수도 있기 때문이다.

酸素指數測定器機를 가지고 어떤 材料의 酸素指數를 구하는데 있어서 가장 중요하고 어려운 분제는 계속되는 一連의 試驗에서 일정한 酸素指數 間隔을 유지하는 것이다. Dixon and Massey(1969)에 따르면 酸素指數의 間隔(d)은 그 標準偏差(S)의 2배 보다는 작아야하고 1/2보다는 커야한다고 하였다(즉 $1/2S < d < 2S$). 本 試驗에서 標準偏差의

Table 2. Average oxygen indices and standard deviations for plywood, medium density fiberboard, and particleboard

MAT.	Flow rate (cm./sec)	No. of specimen	Freq. for burned	Average* O.I. (%)	O.I. (%)	Standard dev.
Plywood**	3.05	20	9	28.1	27.9	0.48
	4.00	20	9	27.9		0.90
	4.93	20	10	27.7		0.36
MDF	3.05	20	8	26.4	26.9	1.44
	4.00	20	9	27.3		0.36
	4.93	20	9	27.1		0.50
PB	3.05	20	9	26.3	26.2	0.36
	4.00	20	9	26.4		0.63
	4.93	20	9	26.0		1.22

* : Average oxygen indices at each total gas flow rate.
 ** : The grain direction parallel to the length of the specimen.

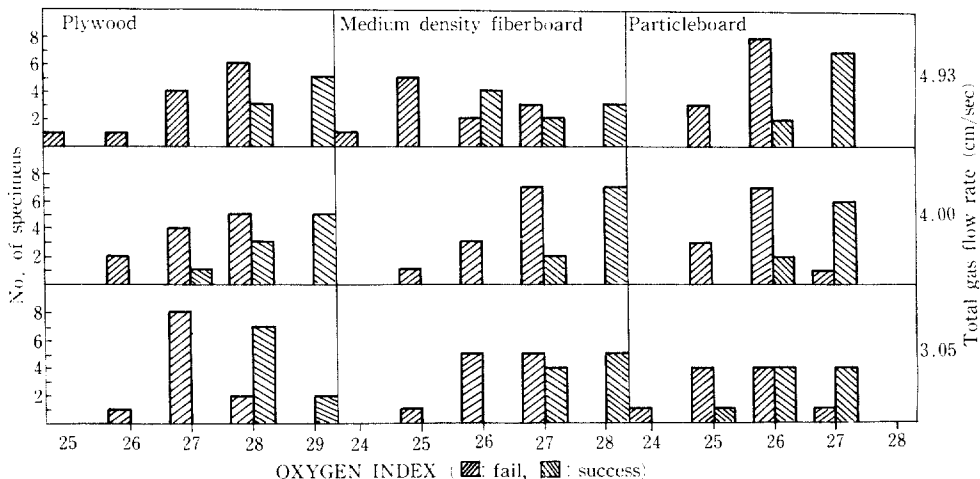


Fig. 2. Number of failed and succeeded specimens at each oxygen index for plywood, MDF, and particleboard.

變異는 0.36~1.44이었고 그 平均값은 0.69이었다. 따라서 酸素指數 間隔(d)의 範圍는 0.35<d<1.38이 되어 本 試驗에서 使用한 酸素指數間隔 1(%)는 基準에 맞는 것이었다.

또 3水準의 混合氣體流動速度에서 試驗을 행하였는데, Table 2.에서보는 바와 같이 合板, 중밀도섬유판, 파티클보드 모두 혼합기체유동속도의變化에 따른 酸素指數의 差異는 거의 없었다. 따라서 혼합기체유동속도의變化는 酸素指數에 크게 影響하지 않는다는 것을 알 수 있었으며, 이것은 White(1979)의 結果와 一致하였다.

以上과 같은 結果로 볼 때, 酸素指數를 測定하여 木材間 및 木質材料間 또는 耐火處理材와 無處理材間的 相對的 燃燒性を 적은 材料와 時間으로 測定할 수 있다는 것을 알 수 있으며, 이를 利用하여 耐火處理材의 開發 또는 耐火材料를 開發하는데 效果的으로 利用될 수 있을 것이다.

酸素指數에 관한 앞으로의 研究에서는 酸素指數와 木材의 含水率, 木理方向, 燃燒面積(두께), 燃燒時 周圍溫度와의 關係 등에 대한 考察이 이루어져야 할 것이라고 생각된다.

結 論

本 試驗을 行하여 얻은 結論을 簡單히 지으면 다음과 같다.

1. Up and Down法에 의하여 얻은 酸素指數는 合板이 27.9%로 가장 높았으며 그 다음은 중밀도섬유판, 파티클보드의 순으로 그 酸素指數는 각각

26.9%와 26.2%이었다.

2. 酸素指數는 混合氣體流動速度에 의해서 크게 影響을 받지 않았다.

引 用 文 獻

1. ASTM. 1977. Standard method for measuring the minimum oxygen concentration to support candle-like combustion of plastics (oxygen index). Stand. Desig. ASTM D 2863-77.
2. Dixon, W.J. and F.J. Massey, Jr. 1969. Introduction to Statistical Analysis. 3rd ed. McGraw Hill, New York, N.Y.
3. Markwardt, L.J., H.D. Bruce, and A.D. Freas. 1959. Brief description as some fire-test methods for wood-base materials. U.S. D.A. FPL Rpt. No. 1976. 21pp.
4. White, R.H. 1979. Oxygen index evaluation of fire-retardant-treated wood. Wood Sci. 12(2): 113-121.
5. 吉村 貢・梅村健三. 1980. 酸素指數法による木材の燃燒試驗(第1報)-Up and Down法による測定. 日本木材學會誌 26(3): 209-214.
6. 吉村 貢・三輪 明. 1980. 酸素指數法による木材の燃燒試驗(第2報)-日本工業規格による測定. 日本木材學會誌 26(4): 287-292.
7. 吉村 貢・堀井英範. 1980. 酸素指數法による木材の燃燒試驗(第3報)-(NH₄)₂HPO₄とNH₄SO₃NH₂による難燃效果. 日本木材學會誌 26(7): 476-481.