

椰纖與酚醛樹脂製造複合材料之研究=the study of coconut fiber and phenolic resin product composite material

侯建全、涂瑞澤；涂耀國

E-mail: 9115136@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究以椰子殼中所含之纖維素為補強材，而以酚醛樹脂為基材，經熱壓製成椰纖板，因所使用之補強材屬於廢棄物資源回收再利用，故實質上具有綠色環保之意義存在。本論文架構主要分為兩個主題：(1)以低壓模造成型製造多孔性複合材料與(2)椰纖強化酚醛樹脂製造複合板材。關於低壓模造成型製造多孔性複合材料方面，實驗的控制因子為熱壓成型的溫度、時間及壓力，且考慮此三個控制因子的交互作用，利用田口式實驗計畫法搭配變異數分析，探討各個控制因子對椰纖板物性的影響，並尋求最適抗曲強度的因子組合。結果顯示，熱壓成型的溫度或壓力升高時，密度會相對的上升；熱壓時間增長，吸水量有降低的趨勢；熱壓成型的溫度或時間增加時，抗曲強度則有增大的趨勢，而熱壓成型的壓力增高，抗曲強度則有降低的趨勢。由田口式實驗計畫法進行實驗搭配變異數分析，可得本實驗之最佳因子組合，即熱壓成型的溫度、時間及壓力為160 °C、16 min及17 kgf /cm²。另外，本實驗各組成品，皆能通過CNS 7774燃燒試驗，並符合CNS 10285之A-4法防焰性試驗，為防焰一級。關於椰纖強化酚醛樹脂製造複合板材之研究，其控制因子為熱壓成型的溫度、時間、壓力、硬化劑添加量及甲醇添加量，忽略因子間交互作用的存在，利用部份因子設計搭配變異數分析，探討各個控制因子對椰纖板物性的影響，並尋求本研究之最佳衝擊強度、抗曲強度及抗拉強度。實驗結果顯示，熱壓成型的溫度或時間增加時，密度則分別有下降與增大的趨勢；熱壓成型的溫度為200 °C時，其成型收縮率為最大；而硬化劑添加量增加，其成型收縮率則有降低的傾向；熱壓成型的壓力為100 kgf /cm²者，可得到最佳之硬度值；而熱壓成型的溫度升高，其硬度值有明顯的上升；熱壓成型的溫度升高，衝擊強度與抗曲強度則變低，為得到較佳衝擊強度與抗曲強度時，熱壓溫度應為130 °C。關鍵字：椰纖、酚醛樹脂、複合材料、熱壓成型、田口式實驗計畫法、部份因子設計、變異數分析

關鍵詞：椰纖；酚醛樹脂；複合材料；熱壓成型；田口式實驗計畫法；部份因子設計；變異數分析

目錄

目 錄 封面內頁 頁次 簽名頁 大葉大學碩士論文全文授權書	iii	中文摘要 iv	英文摘要 vi	誌謝 ix	目 錄 .. x	圖 目 錄 xv	表 目 錄 .																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
xvii	第一章 緒論	1	第二章 文獻回顧	3	2.1 複合材料之定義	3	2.2 複合材料的組成	5	2.2.1 補強材料	8	2.2.2 基材	8	2.3 酚醛樹脂	10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2.3.1 酚醛樹脂的型態	11	2.3.1.1 Novolac型酚醛樹脂	11	2.3.1.2 Resole型酚醛樹脂	13	2.3.2 阻燃機構	15	2.4 可可椰子概說	17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2.4.1 可可椰子果實	18	2.4.2 可可椰子纖維的特性	19	2.5 預浸材料加工技術	20	2.5.1 含浸性	20	2.5.2 含浸技術	22	2.6 熱壓成型加工法介紹	24	2.7 酚醛樹脂系複合材料之應用現況	26	2.8 國內外相關研究	29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
第三章 低壓模造成型應用於製造多孔性複合材料	31	3.1 前言	31	3.2 實驗設計	32	3.2.1 參數設計	32	3.2.2 數據分析	35	3.3 材料與設備	37	3.3.1 材料	37	3.3.2 使用設備	37	3.4 實驗方法	38	3.4.1 含浸液準備	38	3.4.2 椰纖含浸	38	3.4.3 預熟成	40	3.4.4 標本測試	40	3.4.4.1 密度	40	3.4.4.2 吸水量	40	3.4.4.3 抗曲強度	41	3.4.4.4 燃燒試驗	41	3.4.4.5 防焰性試驗	42	3.5 結果與討論	42	3.5.1 含浸液準備	42	3.5.2 椰纖含浸探討	43	3.5.3 預熟成	43	3.5.4 密度	44	3.5.5 吸水量	44	3.5.6 抗曲強度	49	3.5.6.1 田口式法之最適條件	53	3.5.6.2 變異數分析	53	3.5.7 燃燒試驗	62	3.5.8 防焰性試驗	63	3.6 結論	64	第四章 椰纖強化酚醛樹脂製造複合板材之研究	65	4.1 前言	65	4.2 實驗設計	66	4.3 實驗材料與設備	70	4.3.1 實驗材料	70	4.3.2 使用設備	70	4.4 實驗方法	71	4.4.1 椰纖長度測定	71	4.4.2 含浸液膠化時間測定	71	4.4.3 酚醛樹脂複合材料之製作	73	4.4.4 標本測試	75	4.4.4.1 成型收縮率	75	4.4.4.2 密度	75	4.4.4.3 硬度	76	4.4.4.4 衝擊強度	76	4.4.4.5 抗曲強度	77	4.4.4.6 抗拉強度	77	4.5 結果與討論	78	4.5.1 椰纖長度量測探討	78	4.5.2 含浸液膠化時間探討	78	4.5.3 成型收縮率探討	79	4.5.4 密度探討	85	4.5.5 硬度探討	93	4.5.6 衝擊強度探討	98	4.5.7 抗曲強度探討	103	4.5.8 抗拉強度探討	108	4.6 結論	113	第五章 結論與未來展望	114	5.1 結論	114	5.2 未來展望	115	參考文獻	117	附錄	122	圖 目 錄	圖2.1 複合材料的分類	4	圖2.2 高分子複合材料的分類	6	圖2.3 複合材料產業應用圖	7	圖2.4 酚醛樹脂的型態圖	12	圖2.5 酚醛樹脂配方材料的組成	16	圖2.6 預浸材料加工圖	21	圖2.7 預浸材料成型加工作業圖	21	圖2.8 熱壓成型加工流程圖	25	圖3.1 實驗流程圖	39	圖3.2 熱壓溫度與密度之關係	47	圖3.3 熱壓壓力與密度之關係	47	圖3.4 熱壓時間與吸水量之關係	51	圖3.5 熱壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	圖3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	圖3.7 熱壓溫度與抗曲強度之關係	58	圖3.8 熱壓時間與抗曲強度之關係	59	圖3.9 熱壓壓力與抗曲強度之關係	59	圖4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	圖4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	圖4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	圖4.4 熱壓溫度與成型收縮率之關係	87	圖4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	圖4.6 熱壓溫度與密度之關係	92	圖4.7 熱壓時間與密度之關係	92	圖4.8 熱壓壓力與硬度之關係	97	圖4.9 熱壓溫度與硬度之關係	97	圖4.10 熱壓溫度與衝擊強度之關係	102	圖4.11 熱壓溫度與抗曲強度之關係	107	表 目 錄	表2.1 熱固性複合材料基材與熱塑性複合材料基材之比較	9	表2.2 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表2.3 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表2.4 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表3.1 熱	表3.2 熱壓溫度與密度之關係	47	表3.3 熱壓壓力與密度之關係	47	表3.4 熱壓時間與吸水量之關係	51	表3.5 熱壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表3.7 熱壓溫度與抗曲強度之關係	58	表3.8 熱壓時間與抗曲強度之關係	59	表3.9 熱壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.4 熱壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.6 熱壓溫度與密度之關係	92	表4.7 熱壓時間與密度之關係	92	表4.8 熱壓壓力與硬度之關係	97	表4.9 熱壓溫度與硬度之關係	97	表4.10 熱壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.11 熱壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.16 表3.1 热	表4.17 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.18 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.19 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.20 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.21 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.22 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.23 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.24 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.25 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.26 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.27 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.28 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.29 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.30 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.31 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.32 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.33 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.34 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.35 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.36 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.37 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.38 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.39 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.40 表4.16 表3.1 热	表4.41 表4.17 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.42 表4.18 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.43 表4.19 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.44 表4.20 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.45 表4.21 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.46 表4.22 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.47 表4.23 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.48 表4.24 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.49 表4.25 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.50 表4.26 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.51 表4.27 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.52 表4.28 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.53 表4.29 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.54 表4.30 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.55 表4.31 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.56 表4.32 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.57 表4.33 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.58 表4.34 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.59 表4.35 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.60 表4.36 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.61 表4.37 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.62 表4.38 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.63 表4.39 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.64 表4.40 表4.16 表3.1 热	表4.65 表4.41 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.66 表4.42 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.67 表4.43 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.68 表4.44 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.69 表4.45 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.70 表4.46 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.71 表4.47 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.72 表4.48 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.73 表4.49 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.74 表4.50 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.75 表4.51 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.76 表4.52 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.77 表4.53 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.78 表4.54 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.79 表4.55 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.80 表4.56 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.81 表4.57 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.82 表4.58 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.83 表4.59 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.84 表4.60 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.85 表4.61 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.86 表4.62 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.87 表4.63 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.88 表4.64 表4.16 表3.1 热	表4.89 表4.65 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.90 表4.66 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.91 表4.67 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.92 表4.68 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.93 表4.69 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.94 表4.70 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.95 表4.71 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.96 表4.72 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.97 表4.73 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.98 表4.74 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.99 表4.75 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.100 表4.76 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.101 表4.77 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.102 表4.78 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.103 表4.79 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.104 表4.80 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.105 表4.81 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.106 表4.82 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.107 表4.83 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.108 表4.84 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.109 表4.85 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.110 表4.86 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.111 表4.87 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.112 表4.88 表4.16 表3.1 热	表4.113 表4.89 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.114 表4.90 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.115 表4.91 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.116 表4.92 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.117 表4.93 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.118 表4.94 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.119 表4.95 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.120 表4.96 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.121 表4.97 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.122 表4.98 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.123 表4.99 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.124 表4.100 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.125 表4.101 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.126 表4.102 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.127 表4.103 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.128 表4.104 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.129 表4.105 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.130 表4.106 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.131 表4.107 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.132 表4.108 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.133 表4.109 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.134 表4.110 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.135 表4.111 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.136 表4.112 表4.16 表3.1 热	表4.137 表4.113 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.138 表4.114 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.139 表4.115 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.140 表4.116 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.141 表4.117 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.142 表4.118 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.143 表4.119 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.144 表4.120 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.145 表4.121 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.146 表4.122 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.147 表4.123 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.148 表4.124 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.149 表4.125 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.150 表4.126 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.151 表4.127 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.152 表4.128 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.153 表4.129 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.154 表4.130 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.155 表4.131 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.156 表4.132 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.157 表4.133 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.158 表4.134 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況	28	表4.159 表4.135 表4.15 酚醛基複材之應用類別與產品	28	表4.160 表4.136 表4.16 表3.1 热	表4.161 表4.137 表3.2 热壓溫度與密度之關係	47	表4.162 表4.138 表3.3 热壓壓力與密度之關係	47	表4.163 表4.139 表3.4 热壓時間與吸水量之關係	51	表4.164 表4.140 表3.5 热壓溫度及時間交互作用與吸水量之關係	51	表4.165 表4.141 表3.6 控制因子與S/N值分佈圖	56	表4.166 表4.142 表3.7 热壓溫度與抗曲強度之關係	58	表4.167 表4.143 表3.8 热壓時間與抗曲強度之關係	59	表4.168 表4.144 表3.9 热壓壓力與抗曲強度之關係	59	表4.169 表4.145 表4.1 酚醛樹脂複合材料加工流程圖	74	表4.170 表4.146 表4.2 甲醇添加量與膠化時間之關係	81	表4.171 表4.147 表4.3 硬化劑添加量與膠化時間之關係	82	表4.172 表4.148 表4.4 热壓溫度與成型收縮率之關係	87	表4.173 表4.149 表4.5 硬化劑添加量與成型收縮率之關係	87	表4.174 表4.150 表4.6 热壓溫度與密度之關係	92	表4.175 表4.151 表4.7 热壓時間與密度之關係	92	表4.176 表4.152 表4.8 热壓壓力與硬度之關係	97	表4.177 表4.153 表4.9 热壓溫度與硬度之關係	97	表4.178 表4.154 表4.10 热壓溫度與衝擊強度之關係	102	表4.179 表4.155 表4.11 热壓溫度與抗曲強度之關係	107	表4.180 表4.156 表4.12 热固性复合材料基材与热塑性复合材料基材之比较	9	表4.181 表4.157 表4.13 國內酚醛樹脂歷年之需求概況	27	表4.182 表4.158 表4.14 國內酚醛樹脂的應用概況</td

壓成型控制因子與水準 33 表3.2 L8直交排列表 34 表3.3 成品密度之試驗結果 45 表3.4 密度之ANOVA分析表 46 表3.5 成品吸水量之試驗結果 48 表3.6 吸水量之ANOVA分析表 50 表3.7 成品抗曲強度之試驗結果 52 表3.8 抗曲強度測試結果與S/N值 54 表3.9 抗曲強度各次實驗之S/N值 55 表3.10 抗曲強度S/N值回應表 56 表3.11 抗曲強度之ANOVA分析表 57 表3.12 抗曲強度之A × B因子二元配置表 61 表3.13 抗曲強度之A × C因子二元配置表 61 表3.14 抗曲強度之B × C因子二元配置表 61 表3.15 成品燃燒試驗之結果 62 表3.16 成品防焰性試驗結果 63 表4.1 部份因子設計控制因子與水準 67 表4.2 部份因子實驗設計表 68 表4.3 控制因子與水準之配置 69 表4.4 含浸液膠化時間測定之比例組成 72 表4.5 含浸液組成對膠化時間的影響 80 表4.6 成型收縮率之試驗結果 83 表4.7 每組椰纖板之平均成型收縮率 84 表4.8 成型收縮率之ANOVA分析表 86 表4.9 密度之試驗結果 88 表4.10 每組椰纖板之平均密度 89 表4.11 密度之ANOVA分析表 91 表4.12 硬度之試驗結果 94 表4.13 每組椰纖板之平均硬度 95 表4.14 硬度之ANOVA分析表 96 表4.15 衝擊強度之試驗結果 99 表4.16 每組椰纖板之平均衝擊強度 100 表4.17 衝擊強度之ANOVA分析表 101 表4.18 衝擊強度之A因子二群體平均數 102 表4.19 抗曲強度之試驗結果 104 表4.20 每組椰纖板之平均抗曲強度 105 表4.21 抗曲強度之ANOVA分析表 106 表4.22 抗曲強度之A因子二群體平均數 107 表4.23 抗拉強度之試驗結果 109 表4.24 每組椰纖板之平均抗拉強度 110 表4.25 抗拉強度之ANOVA分析表 111 表4.26 抗拉強度各因子與水準之平均值 112

參考文獻

- 參考文獻 1.王怡宗、李貴琪、張志鵬，椰纖板之難燃加工研究，華岡紡織期刊，6(2):157-163 (1999)。 2.李志聰，熱塑性樹脂增韌Novolac type酚醛樹脂之研究，國立清華大學化學工程研究所，碩士論文 (1997)。 3.李煥燊、劉國柱、周正仁，台灣藥用植物之探討(二)，國立中國醫藥研究所出版，台中，p.268-273 (1976)。 4.林孟春、潘毅鈞、葉逸彥，椰纖板與水性酚醛樹脂發泡材之隔熱研究，華岡紡織期刊，5(1):14-22 (1998)。 5.林伯實主編，複合材料產業技術手冊，中華民國強化塑膠協進會出版，台北，p.3-165 (1998)。 6.侯俊臣，板狀熱塑性複合材料之加工成型法，工業材料，109:76-81 (1996)。 7.馬振基，高分子複合材料(上冊)，正中書局，台北，p.1-15 (1996)。 8.馬振基，防火、難燃材料:酚醛樹脂之合成，特性及其複合材料之應用，塑膠資訊，13:1-18 (1997)。 9.張文吉，熱塑性複合材料，塑膠資訊，13:19-28 (1997)。 10.張郁嫻，耐高溫酚醛樹脂絕熱材料改質研究，國立清華大學化學工程研究所，碩士論文 (1998)。 11.陳啟煌、姜智埕，熱塑性預浸材含浸技術，化工資訊，8(8):81-85 (1994)。 12.康庭耀、張志鵬、李貴琪，表面仿天然石材之隔熱椰纖板，華岡紡織期刊，6(4):363-368 (1999)。 13.黃振隆，熱塑性樹脂複合材料之製程，強塑廣用新知，77:18-23 (1998)。 14.黃昱杰、李貴琪、華珍麗，椰纖多孔性吸音板之研究，第二十屆高分子研討會論文集，新竹市，13(1):317-320 (1997)。 15.彭武財，廢木料及其他廢纖維質料之精研及其碎末與塑膠混合合成功之研究(II)，蔗渣、麥桿、椰子纖維末與聚丙烯之合成功，林產工業，11(2):143-158 (1992)。 16.游錫揚，纖維複合材料，國彰出版社，台中，p.1-8 (1992)。 17.楊順旭，高分子之燃燒機構與阻燃原理，塑膠資訊，22:26-44 (1998)。 18.楊瑞祥、黃繼遠，耐燃性纖維複合板之製備與研究，第二十屆高分子研討會論文集，新竹市，13(2):843-844 (1997)。 19.蔡信行，酚醛樹脂，石油通訊，286:38-42 (1975)。 20.劉豐華、潘毅鈞、葉逸彥，椰纖與水性酚醛樹脂發泡複合材之防燃性研究，華岡紡織期刊，4(4):408-417 (1997)。 21.劉翔明、張志鵬，椰纖應用於育蘭蛇木板之研究，華岡紡織期刊，5(4):362-372 (1998)。 22.鄭崇義，田口品質工程技術理論與實務，中華民國品質學會，台北，p.65-94 (2000)。 23.諶靜吾，熱帶果樹栽培講義，中華函授學校出版，台北，p.1-5 (1986)。 24.鍾清章，田口式品質工程導論，中華民國品質學會，台北，p.184-206 (1998)。 25.Astarloa-Aierbe G., J. M. Echeverria, A. Vazquez and I. Mondragon, Influence of the amount of catalyst and initial PH on the phenolic resol resin formation, Polymer, 41:3311-3315 (2000). 26.Ghavami, K., R. D. Toledo-Filho and N. P. Barbosa, Behaviour of composite soil reinforced with natural fibres, Cement and Concrete Composites, 21:39-48 (1999). 27.Grenier-Loustalot, M.-F., S. Larroque, P. Grenier, J.-P. Leca and D. Bedel, Phenolic resin:1. Mechanisms and kinetics of phenol and of the first polycondensates towards formaldehyde in solution, Polymer, 35(14):3046-3054 (1994). 28.Grenier-Loustalot, M.-F., S. Larroque, D. Grande, P. Grenier and D. Bedel, Phenolic resin:2. Influence of catalyst type on reaction mechanisms and kinetics, Polymer, 37(8):1363-1369 (1996a). 29.Grenier-Loustalot, M.-F., S. Larroque, P. Grenier and D. Bedel, Phenolic resin:3. Study of the reactivity of the initial monomers towards formaldehyde at constant PH, temperature and catalyst type, Polymer, 37(6):939-953 (1996b). 30.Grenier-Loustalot, M.-F., S. Larroque, P. Grenier and D. Bedel, Phenolic resin:4. Self-condensation of methylophenols in formaldehyde-free media, Polymer, 37(6):955-964 (1996c). 31.Grenier-Loustalot, M.-F., S. Larroque and P. Grenier, Phenolic resin:5. Solid-state physicochemical study of resoles with variable F/P ratios, Polymer, 37(4):639-650 (1996d). 32.Hayat M. A. and S. M. A. Suliman, Mechanical and structural properties of glass reinforced phenolic laminates, Polymer Testing, 17:79-97 (1998). 33.Konp, A. and L. A. Pilato, Phenolic resin:chemistry, applications and performance, Springer-Verlag, Berlin, p.91-102 (1985). 34.Kaledkowski, B. and J. Hetper, Synthesis of phenol-formaldehyde resole resins in the presence of tetraalkylammonium hydroxides as catalysts, Polymer, 41:1679-1684 (2000). 35.Kenny, J. M., G. Pisaniello, F. Farina and S. Puzziello, Calorimetric analysis of the polymerization reaction of a phenolic resin, Thermochimica Acta, 269/270:201-211 (1995). 36.Mottram, J. T., B. Geary, R. Taylor, Thermal expansion of phenolic resin and phenolic-fibres composites, Journal of Materials Science, 27:5015-5026 (1992). 37.Ma C. C. M., H. D. Wu, Y. F. Su, M. S. Lee and Y. D. Wu, Pultruded fiber reinforced novolac type phenolic composite-processability, mechanical properties and flame resistance, Composites Part A 28A:895-900 (1997). 38.Rozman, H. D., K. W. Tan, R. N. Kumar, A. Abubakar and Z. A. Mohd. Ishak, The effect of lignin as a compatibilizer on the physical properties of coconut fiber-polypropylene composites, European Polymer Journal, 36:1483-1494 (2000). 39.St John, N. A. and J. R. Brown, Flexural and interlaminar shear properties of glass-reinforced phenolic composites, Composites Part A 29A:939-946 (1998). 40.St John, N. A. and J. R. Brown, Fire-retardant low-temperature-cured phenolic resin and

composites, TRIP, 4(12):416-420 (1996). 41.Sorathia, U., C. M. Rollhauser and W. A. Hughes, Improved fire safety of composites for naval applications, Fire and Materials, 16(3):119-125 (1992). 42.Toledo-Filho R. D., N. P. Barbosa and K. Ghavami, Application of sisal and coconut fibres in adobe blocks, Proceedings of the Second International RILEM Symposium on vegetable plants and their fibres as building material, Salvador, Brazil, 17-21:139-149 (1990). 43.Tyberg, C.S., M. Sankarapandian, K. Bears, P. Shih, A.C. Loos, D. Dillard, J. E. McGrath, J. S. Riffle and U. Sorathia, Tough, void-free, flame retardant phenolic matrix materials, Construction and Building Materials, 13:343-353 (1999). 44.Wu, H. D., C. C. M. Ma, P. P. Chu, H. T. Tseng and C. T. Lee, The phase behaviour of novolac type phenolic resin blended with poly(adipic ester), Polymer, 39(13):2859-2865 (1998). 45.Zhang, X., M. G. Looney, D. H. Solomon, and A. K. Whittaker, The chemistry of novolac resins:3. ^{13}C and ^{15}N n.m.r. studies of curung with hexamethylenetetramine, Polymer, 38(23):5835-5848 (1997).