

研究報告

醇酸樹脂製造聚胺酯發泡體之探討¹

李文昭² 張嘉方²

【摘要】 本研究以乙二醇 (E) 與己二酸 (A) 及鄰苯二甲酸酐 (P) 反應合成脂肪族醇酸樹脂 (E-A) 及芳香族醇酸樹脂 (E-P)，並將其分別與 HDI、PMDI、Desmodur L、Desmodur N 等四種異氰酸酯混合調配製造 PU 發泡體。由結果得知，醇酸樹脂與異氰酸酯種類會影響所製造 PU 發泡體之性質，其中脂肪族醇酸樹脂 (E-A) 配合脂肪族異氰酸酯 (HDI、Desmodur N) 可有較佳之發泡結果，而芳香族醇酸樹脂 (E-P) 則須配合芳香族異氰酸酯 (PMDI、Desmodur L)。又 (E-A) 與 Desmodur N 所調配製造之發泡體具柔軟、強韌性質，且吸水性佳，(E-P) 與 PMDI 所調配製造之發泡體則屬於硬質發泡體。而 (E-A) 與 HDI 所調配製造之發泡體缺乏強度，且浸水時發生崩解狀態，(E-P) 與 Desmodur L 所調配製造之發泡體則發泡率偏低，缺乏做為發泡體或彈性體之特性。

【關鍵字】 醇酸樹脂、異氰酸酯、PU 發泡體

Research paper

Investigation on the Manufacturing of Polyurethane Foam from Alkyd Resins¹

Wen-Jau Lee² Chia-Fang Chang²

【Abstract】 In this study, ethylene glycol (E) would react with adipic acid (A) or phthalic anhydride (P), and aliphatic alkyd resin (E-A) and aromatic alkyd resin (E-P) were prepared, respectively. These two alkyd resins were blended with isocyanate compound, such as HDI, PMDI, Desmodur N and Desmodur L, to make PU foams. The results showed that properties of PU foams would depend on the kinds of alkyd resin and isocyanate compound, aliphatic alkyd resin (E-A) should blend with aliphatic isocyanate compound (HDI, Desmodur N) and aromatic alkyd resin (E-P) should blend with aromatic isocyanate compound (PMDI, Desmodur L). PU foams made from blending (E-A) with Desmodur N had soft and toughness mechanical properties, and had good water absorption capability. PU foams made from blending (E-P) with PMDI had properties belonged to hard foam. PU foams made from blending (E-A)

1. 本研究為行政院國科會補助之專題研究計畫(NSC 91-2313-B-005-137)

This project was sponsored by the National Science Council, R.O.C.(Grant number: NSC 91-2313-B-005-137)

2. 國立中興大學森林學系副教授、研究生

Associate Professor and Graduate Student, Department of Forestry, National Chung-Hsing University.

with HDI lacked mechanical strength, and would collapse when soaked in water. PU foams made from blending (E-P) with Desmodur L did not have enough foaming rate, could not be used as foam or elastomer.

【Key words】 Alkyd resin, Isocyanate, PU foam.

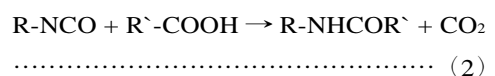
一、前言

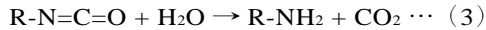
聚胺酯樹脂 (Polyurethane resin : PU) 為應用非常廣泛之原料，主要由含有 OH 基的聚酯 (Polyester) 或聚醚 (Polyether) 類等多元醇 (Polyhydric alcohol) 與異氰酸酯 (Isocyanate) 反應而成。以 PU 彈性體 (Polyurethane elastomer) 而言，其包含有發泡體、塗料、接著劑、彈性纖維及熱塑性 PU 等五種類型產品。而 PU 發泡體在製造過程中可藉由原料成分或比例的改變，而獲得工業上常用的具有不同孔隙度的硬質或軟質發泡體 (曾勝茂、謝國煌，2003)。由於 PU 組成的多樣性，以及各成分間比例的可調整性，使其兼具橡膠、塑膠或纖維的特性，因而在加工上具有非常高的選擇性。

PU 發泡體由其機械性能可區分為硬質發泡體及軟質發泡體兩大類。其中硬質發泡體為達一定載重後會產生破壞而不能回復原形者，其所採用之多元醇為官能基多、經價高，且分子量較低者，與異氰酸酯反應後之結構中有較多架橋點，三次元網狀結構較完整，其發泡體硬度大、壓縮強度較高、尺寸安定性及熱穩定性均較佳 (曾文聰，2001)。密度較低之硬質發泡體可應用於絕緣材料，而密度較高者則可應用於結構用複合材料，並廣泛應用於冷藏設備、建築、航空、造船、包裝、電器、汽車、太空技術及軍事方面，隨著射出成型技術的發展，其應用範圍可擴展至日用品及辦公用品領域 (吳舜英，1997)。軟質發泡體則為除去載重後可回復原形，且具有可撓性者，其所採用

之多元醇為官能基較少、經價較低，且分子量較高者 (曾文聰，2001)，由於其質地柔軟，彈性好，因此廣泛被應用於家具、家庭用品、汽車、航空、包裝、各種發泡褥墊、地毯、過濾材料、園藝、鞋帽、醫藥衛生和義肢等方面 (吳舜英，1997)。而半硬質 PU 發泡體可用在防震、緩衝零件、汽車、飛機的內裝飾等方面。

PU 發泡體在發泡過程包括鏈延長 (Chain extension)、氣體—發泡反應 (Gas-foaming reaction) 和架橋反應 (Crosslinking reaction) 等三種過程。異氰酸酯之 NCO 基可與多元醇之 OH 基反應形成胺酯 (Urethane) 結合 (如 1 式)，若多元醇為醇酸樹脂則異氰酸酯亦可與其 COOH 基反應形成醯胺 (Amide) 結合，並釋放出 CO₂ (如 2 式)，若有水存在，則異氰酸酯可與水作用，形成胺類化合物，並放出 CO₂ (如 3 式)，此胺類化合物並可再與異氰酸酯反應 (如 4 式)，且 (1)、(2)、(4) 式產物其化學結構中之 NH 亦可再與另一個 NCO 反應，藉由此一連串反應可使其分子成長，並形成三次元之網狀構造，若其中之異氰酸酯或多元醇含有三官能性構造，則所形成之三次元網狀結構將可更完整。而在 (2) 式與 (3) 式中異氰酸酯與水反應產生之 CO₂ 則可做為發泡之主要來源，若產生之 CO₂ 足夠則可使形成多孔隙之發泡體構造。





目前 PU 發泡體之製造多以聚酯或聚醚類等多元醇為原料與異氰酸酯反應而成，為一石化工業產物，需仰賴石油提供其原料來源，而石化工業在生產過程中易造成對生態環境之破壞，而其產品則缺乏生物分解能力，因此帶來使用過後廢棄物之處置問題。木材及其他的生質能 (biomass) 為世界上蓄積量豐富，且具再生性特質之資源，由於木材化學組成結構中具有許多 OH 基，若將木材於多元醇中加以液化，則木材結構之 OH 基與多元醇之 OH 基可與異氰酸酯之 -NCO 基產生化學鍵結，故可考慮將其應用為 PU 樹脂製備之原料 (Kurimoto and Tamura, 1999; Kurimoto *et al.*, 2000; 2001a; Lee *et al.*, 2000; Yao *et al.*, 1996)。此不但可拓展木材等生質能資源之新用途，並可降低 PU 樹脂之製造成本，及對石油之依賴。又由於木材等生質能具備生物降解性，利用液化木材所製備之 PU 樹脂產品中包含此生質能，在適當之製備條件下或能具備生物降解或光降解之特性 (Ge *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2002; Kurimoto *et al.*, 2001b)，果若如此，則對解決目前合成樹脂產品對地球生態環境所造成之衝擊將有莫大助益。

筆者等人曾探討相思樹及杉木木材在聚乙二醇中之液化效果 (李文昭、張嘉方，2003)，後續研究中將進一步以液化木材取代醇酸樹脂，探討液化木材應用於 PU 發泡體製造之效果。為瞭解 PU 發泡體製造時，多元醇性質與異氰酸酯種類對所製發泡體性質之影響，本研究先利用自行合成之脂肪族醇酸樹脂 (E-A) 及芳香族醇酸樹脂 (E-P)，將其分別與 HDI、PMDI、Desmodur L、Desmodur N 等異氰酸酯混合調配製造 PU 發泡體，探討多元醇性質與異氰酸酯種類對所製造 PU 發泡體性質之影響。

二、材料與方法

(一) 試驗材料：

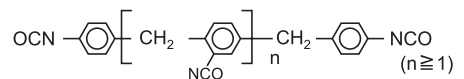
1. 一般藥品：乙二醇 (Ethylene glycol)、己二酸 (Adipic acid)、鄰苯二甲酸酐 (Phthalic anhydride)、二甲苯 (Xylene)、甲苯 (Toluene)、甲醇 (Methyl alcohol)、乙醇 (Ethyl alcohol)、氫氧化鉀 (Potassium hydroxide)、醋酸酐 (Acetic anhydride)、吡啶 (Pyridine)、乙酸乙酯 (Ethyl acetate)、鹽酸 (Hydrochloric acid)、丁胺 (Butyl amine)、丙酮 (Acetone)。
2. 製造 PU 發泡體之化學藥品

(1) 異氰酸酯

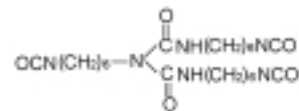
HDI (H)：1,6-六亞甲基-二異氰酸酯 (Hexamethylene diisocyanate)，脂肪族異氰酸酯，NCO 含量 44.41% (實驗室自行測定)，結構式：



PMDI (M)：4,4'-二苯甲烷二異氰酸酯 (4,4'-Diphenylmethane diisocyanate；MDI) 之低聚合物，芳香族異氰酸酯，NCO 含量 29.61% (實驗室自行測定)，其結構式：

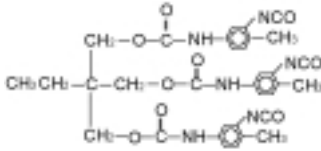


Desmodur N (N)：為 3 分子的 HDI 與 1 分子 H₂O 反應，並釋放 1 分子 CO₂ 後所形成者，固形分含量 100%，NCO 含量 21.55% (實驗室自行測定)，其結構式：

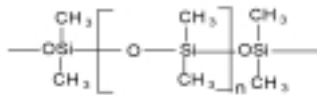


Desmodur L (L)：2,4-甲苯二異氰酸酯 (Toluene diisocyanate；2,4-TDI) 與三羥甲醇丙烷 (Trimethylol propane) 之加合物 (Adduct)，不揮發分含量 75 ± 1%，NCO 含量 13.10% (實驗

室自行測定)，其結構式：



- (2) 發泡劑：水。
 (3) 界面活性劑：有機矽氧烷 (Organosiloxane)，結構式：



- (4) 催化劑：二月桂酸二丁錫 (Dibutyl tin dilaurate；DBTDL)，四價二有機錫 (Tetravalent diorganotin) 化合物，為高沸點 PU 硬化促進劑。

(二) 試驗方法

1. 醇酸樹脂之合成：合成時採用之醇為乙二醇，酸為鄰苯二甲酸酐或己二酸，醇與酸之 OH/COOH 莫耳比設定為 2.0。於 1000 mL 四口圓底燒瓶，裝上攪拌器、冷凝管、祛水器及溫度計，加入計算量之醇及酸，並添加醇及酸合計重 10% 之二甲苯，攪拌並加熱，溫度控制為加熱 1 hr 後升溫至 130~140 °C，2 hr 升溫至 160~170 °C，3 hr 升溫至 190~200 °C，並維持該溫度反應，每隔 30 min 取少量樣品測定其酸價，至酸價降至 30 以下終止反應，將反應液冷卻，測定其酸價及經價。

2. 醇酸樹脂性質測定

- (1) 酸價：取醇酸樹脂 5~10 g，精稱之，加入體積比 1：1 之乙醇—甲苯混合溶劑 25 mL 溶解之，以酚酞為指示劑，以 0.1 N KOH 之甲醇溶液滴定。

$$\text{酸價} = \frac{56.1 \times V \times N}{S}$$

V：KOH 甲醇溶液消耗 mL 數

N：KOH 甲醇溶液之當量濃度

S：試料稱取量 (g)

- (2) 經價：取醇酸樹脂 1~2 g，精稱之，加入體積比 7：3 之吡啶-醋酸酐混合溶液 10 mL，緩緩加熱使溶解，並使微沸騰 20 min，冷卻，加入 25 mL 甲苯，並加入 50 mL 蒸餾水，以酚酞為指示劑，以 1.0 N KOH 之甲醇溶液滴定。

$$\text{經價} = \frac{56.1 \times N \times (B-A)}{S} + \text{酸價}$$

N：KOH 甲醇溶液之當量濃度

B：空白試驗消耗 KOH 之 mL 數

A：試料試驗消耗 KOH 之 mL 數

S：試料稱取量 (g)

3. 異氰酸酯之 NCO 基含量測定：取試料 1~2 g，精稱之，加入 20 mL 乙酸乙酯將其溶解，加入 0.2 N 丁胺之乙酸乙酯溶液 30 mL，混合均勻，密封靜置 30 min，以溴酚藍 (Bromophenol blue) 為指示劑，以 0.2 N 鹽酸之甲醇溶液滴定。並依下式計算其每克樣品中 NCO 基重量百分率。

$$\text{NCO \%} = \frac{0.042 \times N \times (B-A)}{S} \times 100$$

S：試料稱取量 (g)

N：鹽酸甲醇溶液之當量濃度

A：試料試驗所消耗鹽酸溶液 mL 數

B：空白試驗所消耗鹽酸溶液 mL 數

4. PU 樹脂調配與發泡體製造：PU 樹脂調配時異氰酸酯與醇酸樹脂之 NCO/(COOH+OH) 官能基莫耳比 (R) 設定為 1.0，異氰酸酯取樣時以 Q 代表每克異氰酸酯所含 NCO 基之莫耳數，則 Q (mole/g) = NCO % ÷ 42，醇酸樹脂取樣時以 P 代表每克醇酸樹脂中所含羟基 (OH) 與羧基 (COOH) 之 mole 數總和，則 P (mole/g) = (酸價+經價) ÷ 56.1/1000，故異氰酸鹽化合物 (B) 與醇酸樹脂 (A) 取

樣時之重量比可依 $B/A=P \times R/Q$ 而求得。先稱取計算量之醇酸樹脂，並加入水為發泡劑，有機矽氧烷為界面活性劑，二月桂酸二丁錫為催化劑，其添加量分別為醇酸樹脂重之 3%、2% 及 3%，攪拌使混合均勻。隨後加入計算量之異氰酸酯，並迅速攪拌約 30 sec 使均勻混合，隨即將此 PU 樹脂迅速倒入 $12 \times 12 \times 10 \text{ cm}^3$ 之模具中，並放置室溫環境中使發泡成形，俟其完全硬化後自模具中取出，並置於溫度 20°C ，相對濕度 60% 之環境下 48 hr 後進行各項性質測定。

5. PU 發泡體性質測定：

- (1) 比重：取 PU 發泡體裁切成 $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ 之試片，測量其長、寬、高及重量，並計算發泡體之比重。
- (2) 壓縮性質：由於發泡體製造時乃將調配之 PU 樹脂注入模具底部使發泡成型，其發泡過程中體積之成長方向為向上增加，因此分別測定發泡體垂直之高度方向及側向之水平方向之壓縮強度。測試時依 JIS K7220 標準進行，PU 發泡體試片規格為 $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ ，以強度試驗機 (Shimadzu EZ TEST-500N) 進行壓縮試驗，採用之載重速度 5 mm/min，壓縮強度乃取試片發生 10% 及 25% 形變量時之載重值除以試片橫斷面積計算而得，形變量則為試片在 10 kgf 載重時之壓縮變形量對原試片高度之百分率。

- (3) 浸水試驗：將 PU 發泡體裁切成 $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}^3$ 之試片，測量其重量及尺寸，將試片浸泡於蒸餾水，並於 1、2、4、6、8、10、12 及 24 hr 取出，拭乾表面水分，稱重，並計算單位體積之吸水量 (吸水增加之重量/原試片體積)，隨後並持續浸水一週，其間每 24 hr 更換蒸餾水，達一週後取出置於 60°C 之真空烘箱中乾燥，計算其浸水過程中最大的吸水量、吸水率 (吸水增加之重量/原試片重量) 及重量損失率 [(原試片重量-乾燥後重量)/原試片重量]。

三、結果與討論

本研究中乙二醇 (E) 與己二酸 (A) 及鄰苯二甲酸酐 (P) 在醇與酸之 OH/COOH 莫耳比為 2.0 之反應條件下合成醇酸樹脂，表 1 為 E-A 及 E-P 兩種醇酸樹脂之性質，其中 E-A 所採用酸為長鏈狀之脂肪族己二酸，酸價及經價分別為 10.4 及 257.3，E-P 所採用酸為具有苯環之芳香族鄰苯二甲酸酐，其酸價及經價分別為 25.9 及 214.4。

本研究利用自行合成的 E-A 及 E-P 兩種醇酸樹脂與 HDI、PMDI、Desmodur L、Desmodur N 等四種異氰酸酯混合調配製造 PU 發泡體，由試驗發現，脂肪族醇酸樹脂 (E-A) 與脂肪族異氰酸酯 (HDI、Desmodur N) 混合者有較佳之發泡結果，與芳香族異氰酸酯

表 1. 醇酸樹脂之性質
Table 1. Properties of alkyd resins.

代號	醇	酸	(OH/COOH) (莫耳比)	酸價	經價	固形分(%)
E-A	乙二醇	己二酸	2.0	10.4	257.3	95.8
E-P	乙二醇	鄰苯二甲酸酐	2.0	25.9	214.4	92.9

(PMDI、Desmodur L) 混合者則發泡效果不良；而芳香族醇酸樹脂 (E-P) 則與芳香族異氰酸酯 (PMDI、Desmodur L) 混合者有較佳之發泡結果，與脂肪族異氰酸酯 (HDI、Desmodur N) 混合者則發泡效果不良。因此本文僅就此四種發泡效果較佳之 PU 發泡體分析其比重、壓縮強度、壓縮形變量、浸水時之吸水量、吸水率及重量損失率等性質

表 2 為 E-A 與 HDI、Desmodur N，E-P 與 PMDI、Desmodur L 所調配製造發泡體之壓縮特性，以醇酸樹脂 (E-A) 與異氰酸酯 HDI 所調配 (E-A)-H 之 PU 發泡體壓縮強度最低，其高度方向在 10% 形變量之壓縮強度僅 0.0533 kgf/cm²，在 25% 形變量之壓縮強度為 0.0662 kgf/cm²，且於載重 10 kgf 後發生潰陷之永久形變，此乃因 E-A 及 HDI 均為脂肪族二官能性之線狀結構，因此其發泡體中形成之三次元網狀構造之可能性低，故其結構較柔軟，壓縮強度低，且因其分子鏈之間之鏈結形成較少，故承受外力時易潰陷破壞而缺乏形變回復之彈性特質。

以醇酸樹脂 (E-A) 與 Desmodur N 製造

之 (E-A)-N 發泡體，其中 Desmodur N 雖為脂肪族之異氰酸酯，然為 3 分子的 HDI 所形成者，分子結構中具備 3 個 NCO 基，與醇酸樹脂反應時可產生較完整之網狀架橋連接，故其壓縮強度較 (E-A)-H 為高。又此 (E-A)-N 發泡體在承受載重時呈現較大的形變量，乃 (E-A) 與 Desmodur N 之脂肪族長鏈構造可提供 PU 發泡體結構中的軟鏈節部位，而三次元架橋連接點則提供 PU 發泡體結構中之硬鏈節部位，亦即其發泡體結構中具有較完整之軟鏈節及硬鏈結，故所製造之 PU 發泡體有軟而強韌之性質 (曾文聰，2001)。

芳香族醇酸樹脂 (E-P) 與芳香族異氰酸酯 PMDI 製造之 (E-P)-M 發泡體，其比重雖較脂肪族醇酸樹脂與脂肪族異氰酸酯製造之 (E-A)-N 發泡體為低，然其壓縮強度較高，10 kgf 載重下之形變量較小，此乃由於發泡體中導入了苯環結構，此苯環提供了不易旋轉之鏈段單元，使其聚合物鏈段變硬，而有助於提高其強度，並降低其形變量。而比較 PMDI 與 Desmodur L 兩種芳香族異氰酸酯，以 Desmodur L 為發泡體原料者，其壓縮強度遠

表 2. 醇酸樹脂與異氰酸酯所製造 PU 發泡體之壓縮強度

Table 2. Compression strength of PU foam prepared from alkyd resin and isocyanates.

發泡體 種類	多元醇	異氰酸酯	比重	載重面	壓縮強度(kgf/cm ²)		形變量(%)
					10 % 形變量	25 % 形變量	10 kgf載重
(E-A)-H	E-A	HDI	0.04	高度方向	0.0533	0.0662	潰陷
(E-A)-N	E-A	Desmodur N	0.09		0.2293	0.4506	16.88
(E-P)-M	E-P	PMDI	0.07		1.3057	1.4356	4.09
(E-P)-L	E-P	Desmodur L	0.19		>11.6133	>11.6133	0.98
(E-A)-H	E-A	HDI	0.04	水平方向	0.0395	0.0632	潰陷
(E-A)-N	E-A	Desmodur N	0.09		0.1905	0.4282	18.81
(E-P)-M	E-P	PMDI	0.07		0.9563	0.9136	4.26
(E-P)-L	E-P	Desmodur L	0.19		>10.6292	>10.6292	2.63

大於以 PMDI 為原料者，且載重時之形變量偏低，此可能因以 Desmodur L 為原料之 (E-P) -L 發泡效果較差，比重較高，呈現硬質發泡體之特性所致，據張上鎮 (1988) 亦指出泡沫塑料之密度越大者，其壓縮形變愈低。另以 Desmodur L 為原料者在 PU 發泡體之成形過程中較易形成網狀構造亦可能提供其較大的壓縮強度。

本研究乃將 PU 樹脂注入模型中使發泡成型，其發泡過程中體積之成長方向為向上增加，表 2 中進一步比較各 PU 發泡體在高度方向與水平方向之壓縮特性，由結果顯示 PU 發泡體在高度方向之壓縮強度明顯高於水平方向，形變量則較小，顯示 PU 發泡體具有方向性。

聚合物的溶解是一緩慢的過程，首先是溶劑分子逐漸擴散入聚合物中，使其成為一膨潤之膠體，此階段稱為膨潤 (Swelling)，如果聚合物為架橋結構或結晶體，或有強的氫鍵存在時，則溶劑對聚合物之作用僅能達此膨潤階段。然若聚合物與溶劑間相互作用力大於聚合物分子彼此間的作用力，則將繼續進行第二階段之作用，此時膠體逐漸被分化為真溶液 (True solution)。又架橋型聚合物之分子鏈節的活動受其前後分子所限制，架橋程度較低者易被溶劑侵入而發生膨潤，而架橋程度較高

者，因其鏈節無法移動吸收溶劑，故無法被膨潤或溶解 (林建中，1998)。又聚合物發生膨潤或溶解的速度會隨其分子量增大而降低 (李育德等，1988)。

表 3 為本研究中 4 種 PU 發泡體浸水時之吸水特性及重量損失，所使用之 (E-A) 及 (E-P) 兩種醇酸樹脂均屬於聚酯型多元醇，據吳舜英氏 (1997) 指出聚酯型發泡體之耐水性不佳，李大綱等人 (1994) 則指出此乃因其極性較強所致。表中脂肪族醇酸樹脂與脂肪族異氰酸酯所製造之 (E-A) -H 及 (E-A) -N 兩種 PU 發泡體浸水後之重量損失率較芳香族醇酸樹脂與芳香族異氰酸酯所製造之 (E-P) -M 及 (E-P) -L 為大，其中以 (E-A) -H 之重量損失率更達 47.61%，且經一週之浸水試驗後，其發泡體呈現崩解狀態，其原因乃 (E-A) -H 僅能形成低度的三次元網狀結構，故浸水時水分易侵入分子鏈間使其膨潤，甚至引起分子鏈分離，致其浸水時有較大之重量損失率。而芳香族 PU 發泡體 (E-P) -L 之重量損失率、最大吸水率及最大吸水量均為最低，此乃因以 Desmodur L 製造之 PU 發泡體屬於硬質 PU 發泡體，其發泡程度較低，比重較大，於浸水試驗中，水不易進入發泡體孔隙，故其吸水量較低。

圖 1 則為 4 種 PU 發泡體浸水時之吸水量經時變化，其中脂肪族發泡體之 (E-A) -H 與

表 3. 醇酸樹脂與異氰酸酯所製造 PU 發泡體之吸水特性

Table 3. Water-absorbing properties of PU foam prepared from alkyd resin and isocyanates.

發泡體種類	多元醇	異氰酸酯	比重	最大吸水率 (%)	最大吸水量 (g/cm ³)	重量損失率 (%)
(E-A)-H	E-A	HDI	0.04	205.1	0.14	47.6
(E-A)-N	E-A	Desmodur N	0.09	192.0	0.28	18.7
(E-P)-M	E-P	PMDI	0.07	189.0	0.14	5.7
(E-P)-L	E-P	Desmodur L	0.19	24.8	0.05	5.2

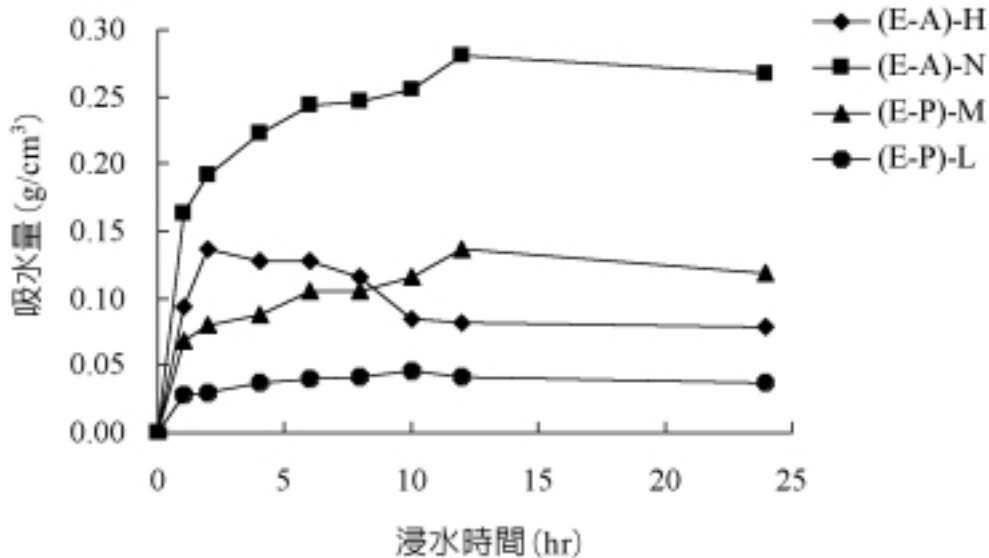


圖 1. 醇酸樹脂與異氰酸酯所製造 PU 發泡體浸水時吸水量之經時變化

Fig. 1. Water-absorbing weight changes of PU foam prepared from alkyd resin and isocyanates in water bath.

(E-A) -N 在浸水初期之吸水速度較芳香族發泡體 (E-P) -M 與 (E-P) -L 快，乃因以脂肪族多元醇與脂肪族異氰酸酯所製造發泡體之分子鏈較為柔軟，水分子進入 PU 發泡體孔隙中之量較多。然其中 (E-A) -H 於浸水後 2 hr 之單位體積吸水量達最大值，其後則開始下降，此乃因其發泡體之結構已開始發生崩解現象而造成重量損失所致，顯示水分進入 (E-A) -H 時會造成其分子鏈分離破壞。

四、結論

本研究以乙二醇 (E) 與己二酸 (A) 及鄰苯二甲酸酐 (P) 反應合成脂肪族醇酸樹脂 (E-A) 及芳香族醇酸樹脂 (E-P)，並將其與 HDI、PMDI、Desmodur L、Desmodur N 等四種異氰酸酯混合調配製造 PU 發泡體，探討醇酸樹脂與異氰酸酯種類對所製造 PU 發泡體性質之影響。結果得知，(E-A) 配合脂肪族異

氰酸酯 (HDI、Desmodur N) 有較佳之發泡結果，而 (E-P) 則須配合芳香族異氰酸酯 (PMDI、Desmodur L)。其中 (E-A) 與 Desmodur N 可調配製造具備柔軟、強韌，且吸水性佳之發泡體。(E-P) 與 PMDI 可調配製造硬質之發泡體。而 (E-A) 與 HDI 所調配製造之發泡體壓縮強度過低，載重時易發生潰陷之永久形變，且浸水時發生崩解狀態。(E-P) 與 Desmodur L 所調配製造之發泡體則發泡率較低，比重大，缺乏做為發泡體或彈性體之特性。

五、參考文獻

- 李大剛、杜佺璋、賴聖淵 (1994) 聚酯二元醇結構對不黃變 PU 成品物性及加工性之影響。宜蘭農工學報 8：47-65。
- 李文昭、張嘉方 (2003) 聚乙二醇液化木材之探討。林產工業 (印刷中)

- 李育德、顏文義、莊祖煌 編著 (1988) 聚合物物性。高立圖書公司。163-242頁。
- 吳舜英 (1997) 塑膠發泡成形技術。高分子工業雜誌社。17-87 頁。
- 林建中 (1998) 高分子材料性質與應用。高立圖書公司。76-172 頁。
- 張上鎮 (1988) 選購泡沫塑料應注意品質。現代家具工業 36 (6) : 45-47 頁。
- 曾文聰 (2001) PU 發泡體的結構與性質。國立中央大學碩士論文。5-46 頁。
- 曾勝茂、謝國煌 (2003) 和我們形影不離的聚胺酯製品。科學發展月刊 326 : 22-25 頁。
- Ge, J., W. Zhong, Z. Guo, W. Li and K. Sakai (1999) Biodegradable polyurethane materials from bark and starch. I. Highly resilient foams. *J. Appl. Polym. Sci.* 77: 2575-2580.
- Kurimoto, Y., S. Doi and Y. Tamura (1999) Species effects on wood-liquefaction in polyhydric alcohols. *Holzforschung* 53: 617-622.
- Kurimoto, Y., M. Takeda, A. Koizumi, S. Yamauchi, S. Doi and Y. Tamura (2000) Mechanical properties of polyurethane film prepared from liquefied wood with polymeric MDI. *Bioresource Technol.* 74: 151-157.
- Kurimoto, Y., A. Koizumi, S. Doi, Y. Tamura and H. Ono (2001a) Wood species effects on the characteristics of liquefied wood and the properties of polyurethane films prepared from liquefied wood. *Biomass and Bioenergy* 21: 381-390.
- Kurimoto, Y., M. Takeda, S. Doi, Y. Tamura and H. Ono (2001b) Network structures and thermal properties of polyurethane films prepared from liquefied wood. *Bioresource Technol.* 77: 33-40.
- Lee, S. H., M. Yoshioka and N. Shiraishi (2000) Liquefaction of corn bran (CB) in the presence of alcohol and preparation of polyurethane foam its liquefied polyol. *J. Appl. Polym. Sci.* 78: 319-325.
- Lee, S. H., Y. Teramoto and N. Shiraishi (2002) Biodegradable polyurethane foam from liquefied waste paper and its thermal stability, biodegradability, and genotoxicity. *J. Appl. Polym. Sci.* 83: 1482-1489.
- Yao, Y., M. Yoshioka and N. Shiraishi (1996) Water-absorbing polyurethane foam from liquefied starch. *J. Appl. Polym. Sci.* 60: 1939-1949.

