

## 粘 着 性 (Tackiness) 第 2 回

李 賢 五\*

### 1. Tackiness의 定義

고무工業에 있어, 一般的으로 고무製品의 基本工程 中 成形工程에 있어서 Tackiness는 없어서는 아니되는 性質로서 즉 고무와 고무 또는 고무와 다른物質과의 接着을 시키는데 그 原動力이 되는 性質을 總稱하는 것으로 Zhukov 등의 말을 빌리면 Tackiness는 둘로 區分되어 고무끼리 사이에 作用하는 힘을 Autohesion 이라 부르고 다른物體와의 사이에 作用하는 힘을 Stick 이라고 부르고있다.

이 Tackiness는 天然고무를 主原料로 하는 製品에는 그의 重大性を 느끼지 못하였으나 오늘날과 같이 여러 種類의 合成고무가 生産되고 그 合成고무들은 天然고무가 가지지 못하는 特性을 가지나 Tackiness에 있어서 는 天然고무에 比하여 相當히 劣等하기 때문에 젓내림이나 粘着附劑(Tackifier)의 添加에 의하여 고무에 粘着性を 附與케 하는 것이다.

### 2. Tackiness의 原理

粘着原理는 單純한 原理學的인 粘着原理와 熱力學的인 粘着原理로서 二大別하여 說明할 수 있으나 이것을 Scott氏와 Voyutskii氏의 Autohesion에 관한 말을 인용하면

즉 Scott氏는

i) 두 고무表面을 接觸시킬 적에 兩表面에 있어서 局部的인 流動이 일어나 表面의 全面에 걸쳐 充分한 接觸이 이룰 것을 必要로 한다는 것을 意味한다.

ii) 두 고무表面層의 고무分子가 相互擴散에 의하여 物理學的으로 서로 엉키어서 裂目이 만들어 지지 않을 것.

즉 고무表面層의 擴散과 凝集력이 크게 作用할 경우가 좋다.

이것에는 粘度和 分子量의 크기가 關連되어지는 것이다. 그 다음으로 Voyutskii氏에 의하면  
i) 두 고무의 接觸面의 粘着力은 充分하고도 適當하여야 된다.

ii) 두 고무의 接觸面에 있어서 兩材料는 均一하고도 充分히 融合되고 合一化가 될 必要가 있을 것 즉 熱 Energy 따위에 의하여 고무分子의 自由運動의 增大에 따라 接觸面에서의 浸透化와 擴散化를 增進시키고 또한 熱 Energy에 의한 結晶을 溶解시키어 無結晶形狀態가 되는 것을 意味하는 것이다.

### 3. Tackiness에 영향을 주는 여러가지 因子

i) 結晶性和 Tackiness

이 問題에 關하여는 Voyutskii氏에 의하면 結晶狀態에 있어서는 Polymer Chain의 運動이 抑制當하여 Segment의 擴散이 되기 어려워지므로 自着力은 當然히 低下되게 되는 것이다.

예로서 Polyethylene이나 Gutterpercha가 그러하고 天然고무나 Polyisobucylene은 普通狀態下에서는 結晶이 되지 않으므로 Tackiness가 크다고 말하고 있으나 一方結晶 Polymer 일지라도 Chain의 末端이 連結되어 적은 伸張에 의하여 結晶化가 되므로 Strength가 크다고 하는 說도 있다.

즉 異面에 있어서 分子의 擴散의 難易에 支配되는 것이나 或은 擴散은 적어도 그의 힘이 強하면 Tackiness가 良好하다고 생각되는 것으로 이것은 大端히 어려운 問題다 하였다.

ii) Mooney viscosity와 Tackiness

Compound의 Mooney viscosity와 Tackiness와의 關係는 그리 明白한 相關關係는 없는 것 같히 생각되나 長谷部嘉彦氏의 實驗結果를 그림 1에 나타낸다.

그의 傾向으로는 Mooney viscosity가 낮은 쪽이

\* 仁荷大學校 工科大學 合成고무研究室

Tackiness가 큰 것이다.

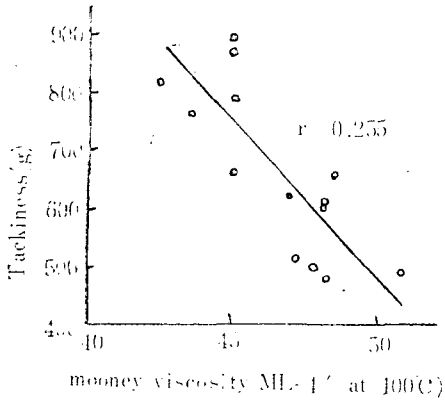


그림 1. Tackiness와 Mooney viscosity와의關係

Mooney viscosity라는 것은 間接的으로 Polymer의 分子量으로 생각하여 보던 Forbes氏 등의 Data에 의하여 첫내립한 天然고무의 Tackiness는 分子量의 減少와 함께 增加되어지는 것이다.

그러나 극히 높은 分子量의 경우에는 Tackiness는 分子量과는 關係가 없다는 說도 있는 것 같다고 한다.

한편 大端히 낮은 低分子量에 있어서는 Tackiness가 低下되는 것이다. Polymer의 分子量이 극히 낮아지고 粘着注이 커지면 自己擴散이 썩 빨라지나 剝離시킬 적에 힘이 弱해지기 때문이라고 생각된다.

iii) Green strength와 Tackiness

Green strength와 Tackiness와의 關係는 相當히 어려운問題이며 또한 重要な問題라 아니할 수 없는 것으로 이 값은 最大應力이나, 降伏值, 面積(Energy)으로 나타내어도 좋은지는 아주 明確한 事實로 되어있지 못하는 것이다.

長谷部嘉彦氏에 의하면 Tackiness는 霧圈氣에 의하여 영향을 받고 溫度上昇과함께 Tackiness가 減少되는 事實을 알 수 있다 (그림 2 참조)

그 理由로서는 溫度가 上昇하면 Tackiness가 減少되는 것을 說明하기 위하여 Green의 Stress-Strain 曲線을 各溫度에서 測定하였드니 最大應力, 伸長 及 破壞 Energy가 溫度에 의한 變化는 그림 3, 4와 같으며 最大應력과 破壞 Energy는 溫度의 上昇과 함께 減少되는 것을 알 수 있다.

그리고 이러한 값과 Tackiness를 相關시키면 그림 5에 나타난 바와 같이 썩 좋은 相關關係를 나타낸다.

結局 Tackiness의 溫度依存性은 Green strength의 溫度依存性에 基因되는 것이라 할 수 있다.

이 實驗에서 同一 Compound의 溫度에 의한 變化를 追蹤한 하어도 고무의 分子量은 같다고 생각되므로 분

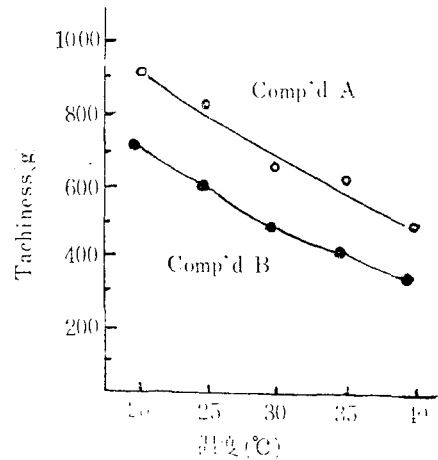


그림 2. Tackiness에 미치는 溫度의 變化

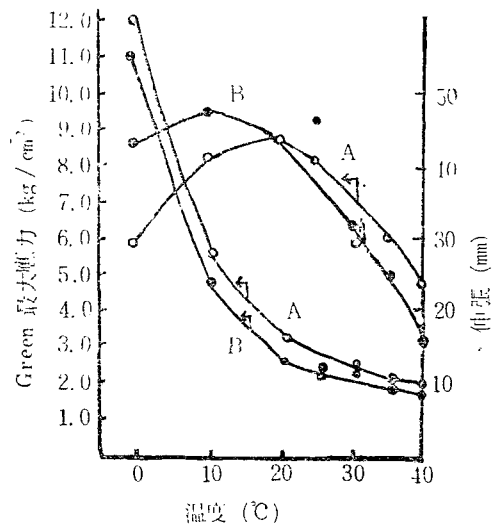


그림 3. Green Compound의 最大應力及 伸長の 溫度依存性

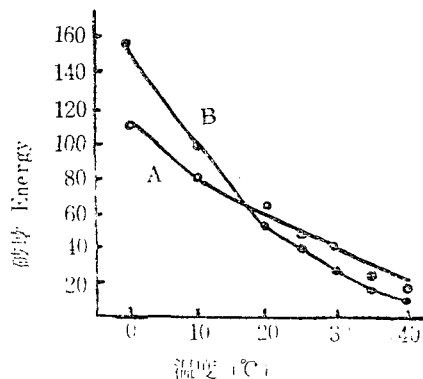


그림 4. Green Compound의 破壞 Energy의 溫度依存性

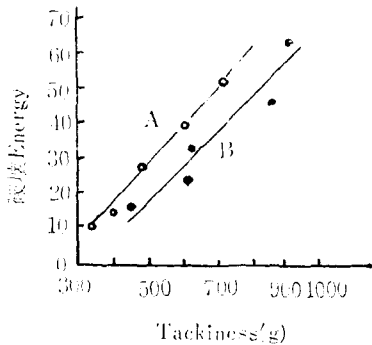


그림 5. Tackiness 와 破壞 Energy 와의 關係

子量과 Green strength 에 어느 쪽이 Tackiness 에 큰 영향을 주는 것인지를 알 수 없다.

그리고 Tackiness 의 경우 分子量이 낮은 쪽이 Tackiness 가 크게 된다는 것은 그의 큰 原因은 擴散의 速度가 빠르다는 말이 되겠으나 接觸時間이 길면 길수록 Tackiness 도 增大되어 平衡値에 到達되는 것이다.

이 平衡値에 到達되는 時間은 分子量이 높을수록 긴 時間을 要하게 되는 것이다.

이 平衡値에 到達되는 段階를 생각하여 보면 이것은 Green strength 가 클수록 즉 分子量이 클수록 Tackiness 는 커지는 것이다.

이 경우 Tackiness 라는 것은 곧 Green strength 그 自體를 생각하여도 좋다 그리하여 實際로 Tackiness 의 測定은 接觸時間이 어느 有限의 範圍內에서 향하여지고 있음으로 그의 擴散時間의 問題와 Green 의 破壞 Energy 의 問題가 서로 겹치는 곳이 있기 때문에 이것이 最適의 點으로서 存在한다고 말할 수 있는 것이다.

iv) 내림方法 및 條件과 Tackiness

Compound 의 석내림條件이 Tackiness 에 對하여 어떠한 영향을 주는지에 關하여 實驗한 結果를 一例로서 說明하여 보면 먼저 Open Roll 의 경우는 표 1 및 그림 6 과 같은 結果를 얻었다.

표 1. Tackiness 에 미치는 Roll 作業條件 (18" 可變

Roll Geer 比 1:1.5)

因 子 와 水 準

No.	因 子	水 準 I	水 準 II
A	Roll 의 溫 度	90°C	110°C
B	冷 却 方 法	放 冷	急 冷
C	석 내 림 時 間	1.5分	3.0分
D	Compound 種 類	A	B

分 散 分 析 表

	因 子	S.S	df	F	寄 與 率
A	Roll 의 溫 度	441,000	1	14.53※	38.9
B	冷 却 方 法	345,960	1	11.41※	26.1
C	Compound	216,090	1	7.12	15.3
	e	121,339	4		24.7
	計	1,210,888	39		

이 實驗에서 Roll 溫度는 110°C 보다 90°C 쪽이 Tackiness 의 값이 크고 또한 Compound 의 冷却方法은 急冷하는 것 보다는 徐徐히 冷却시키는 쪽이 Tackiness 가 크다는 것이다.

現場에서 우리들이 經驗하듯이 Calender 밑에서 Tackiness 을 調節하는 方法으로서는 冷却 Roll 을 加減하던 좋다고 생각하고 있으나 冷却方法도 Tackiness 에 영향을 주는 한 因子가 되는 것이다.

다음으로는 實驗室用的 B型 Bambury Mixer 을 使用하는 경우의 석내림條件의 영향을 檢討하였더니 표 2 및 그림 7 과 같은 結果를 얻었다.

표 2. Teckiness 의 미치는 Bambury 석내림條件 (B型 Bambury mixer)

	因 子	I	II
A	Dump Rubber 溫度	100°C	100°C
B	석 내 림 時 間	2.5分	3.5分
C	첫 내 림 時 間	1.5	4.5

分 散 分 析 表

	因 子	SS	df	F	寄 與 率
A	Dump Rubber 溫度	63,202	1	24.14※※	13.0
B	석 내 림 時 間	68,063	1	23.06※※	14.0
C	첫 내 림 時 間	46,924	1	15.89※※	9.5
A×C		101,002	1	34.21※※	21.1
A×B		44,222	1	14.98※※	8.9
B×C		42,902	2	14.53※※	8.6
	e	97,423	33		24.8
	計	463,738	39		

Dump 溫度와 混合時間, Dump 溫度와 첫내림時間 또는 석내림時間과 첫내림 時間의 交代作用에 있어서 結果로서는 Dump 溫度가 높으면 석내림時間이 길고 또한 첫내림時間이 길수록 Tackiness 는 높아지는 것을 알 수 있다.

즉 Opene Roll 에 있어서는 Roll 溫度가 낮은 쪽이, Bambury mixer 에 있어서는 Dump 溫度가 높을수록 Tackiness 가 크다는 것은 矛盾같이 生覺되나 結局 Roll

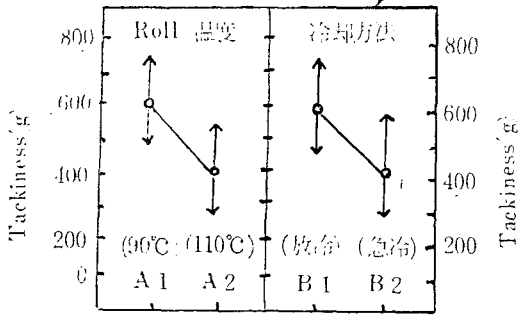


그림 6. Roll 작업條件에 의한 Tackiness 의 推定値

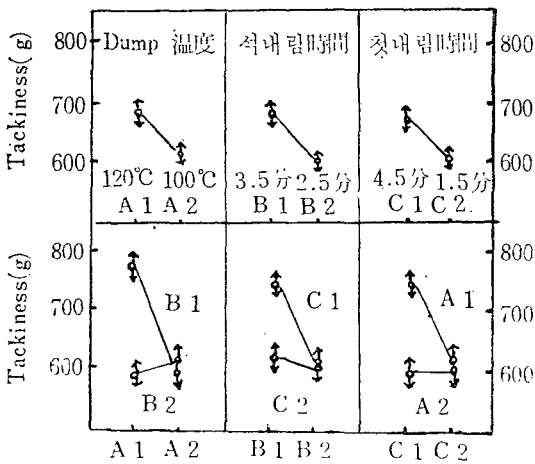


그림 7. Bambury 조작條件에 의한 Tackiness 의 推定値

내림도 Bambury mixer의 내림도 Mooney viscosity와多少關係가 있으므로 結局 分子量과의 關聯으로서 첫내림의 問題로 生覺할 수 있다.

Open Roll의 경우에는 아시는 바와 같이 機械的으로 고무分子的의 切斷을 말하게 됨으로 切斷效果가 크다고 하는 것은 溫度가 낮다는 것을 말하여 주기 때문에 낮은 溫度에서 Tackiness가 크다는 것을 意味하고, 또한 Bambury mixer의 경우에는 溫度가 높은 領域이되어 高溫첫내림이 행하여지기 때문이라고 생각되므로 따라서 溫度가 높은 쪽이 Tackiness가 크다는 것을 理解할 수 있으리라고 생각된다.

그리고 이 實驗에서 同時에 Compound의 Green strength (破壞 Energy)도 測定하였더니 그의 값은 그림 8에 나타낸 바와같이 Dump 溫度와 混合時間, Dump 溫度와 첫내림時間과의 交代作用에서 본 Green strength

는 Dump 溫度가 높으면 높을수록, 석내림時間이 짧고, 첫내림時間도 짧은 쪽이 큰 값을 나타내고있다.

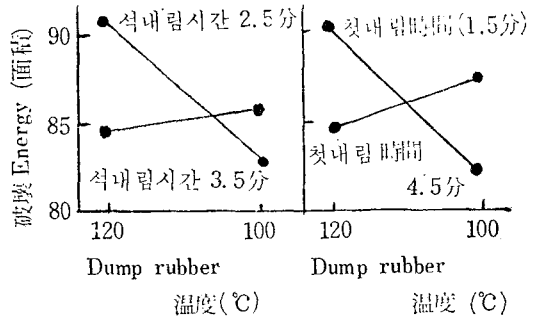


그림 8. Bambury 석내림條件에 의한 Green strength 의 推定値

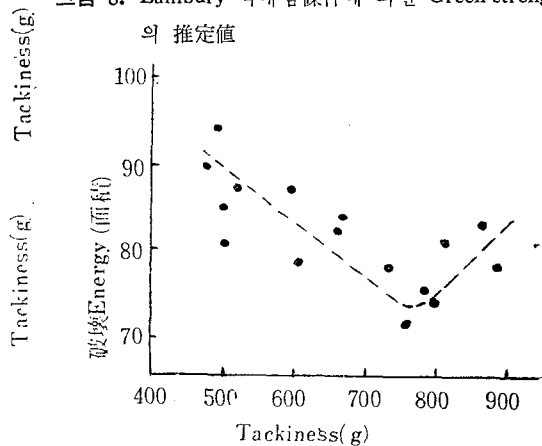


그림 9. Green strength 와 Tackiness

이 Green strength와 Tackiness와의 關係를 보면 그림 9와 같은 關係가 있으나 前述한 溫度依存性的의 경우 (그림 5)와는 다른關係를 나타내는 것을 보면 分子量이 어느程度의 영향을 주는가는 推測할 수 있는 것이나 먼저 이야기한 擴散速度와 Green strength의 Balance와의 問題가 서로 영키어져 있으므로 Tackiness의 理論을 解明하여가는 하나의 실마리가 되지않을까 하고 생각되는 바이다.

#### v) 配合과 Tackiness

이제까지는 Tackiness에 關한 基本的問題를 大體的으로 取扱을 하였으므로 配合과 Tackiness에 關하여 이야기한다면 一例로서 振動체에 使用되는 共振 고무의 配合이 Calendar 일을 한 뒤 liner 용織布에 密着(粘着)

되어 作業性이 大端히 나쁜 경우가 있다 그리고 織布의 種類는 綿, Tetron, Polypropylene 따위가 使用되고 있다 그리고 粘着에는 大差가 없는 것이다. 또한 界面 活性劑에 의한 處理도 檢討하였으나 效果가 그다지 없는 것 같다고한다.

配合內容은 天然고무 配合으로서 熱傳導性을 良好케 하기 위하여 ZnO 을 多量으로 配合하고 있으므로 liner 用 織布와의 粘着性은 어떠할 것인지 또는 liner 에는 現在 Polyethylene sheet 로 Embossing 시키어 使用하는 경우를 생각하면 이 問題는 配合의 問題, 내림 問題와 Calender 의 溫度가 너무 높다는지 하는데 原因이 있는 것이 아닌가 생각되며 또한 Calender 에서 나온 고무를 水冷 Drum 을 通하여 감든지 또는 放冷시키어 감으면 좋고 그리고 Calender 直後의 liner 에 감는 것은 좋지 않으며 相當한 거리를 두고 감으면 大體로 어느 Compound 物이거나, 특히 軟한 고무가 아닌 이상 問題가 되지 않는 것으로 設備와의 關係가 되지않나 생각되는 것이다.

다음으로 合成고무 (SBR, NBR, EPT 등)의 粘着(고무同志)을 높이기 위하여 配合上의 Point 나 注意點에 대하여는 Tackifier, oil 其他에 대하여 생각하여보 기로하면 Teckiness 을 向上시키기 위한 配合上의 point 로서는 oil 을 너무 쓰지않는 것이 좋으며 그림 10과 같이 oil 添加는 一般의으로 Tackiness 을 低下시키는 것이다.

Tackifier 는 여러분들이 아시는 바와 같이 그種類가 大端히 많고 天然系, 石油系, Alkylphenol 系 域은 이것들을 改良한 것들이 많이 市販되고 있어 各各 그의 特徵이 있으므로 어느 것이나 萬能의 Tackifier 는 없는 것으로 생각되는 것이다.

그러하여 Tackifier 을 配合하여도 大幅的인 改善을

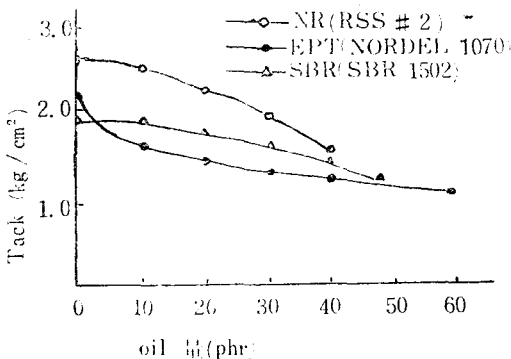


그림 10. NR, SBR EPT 의 Teckiness 에 미치는 Aromatic 系 oil 量의 效果

할 수 없는 것이라고 생각된다. 그럼으로 Polymer 自身의 性質이 大端히 큰 影響을 주는 것이라고 생각된다.

또한 初期의 粘着을 내는경우는 oil 가 좋다고들 하나 이와는 反對로 適當한 Tackifier 의 選擇과 Sheet 化의 條件을 檢討하는 便이 좋을 것으로 생각되는 바이다.

#### 4. 試驗 法

##### i) Tel-Tack 試驗機

Tackiness 을 測定하는데 使用되는 試驗機는 Tel-Tack 라고 呼稱되며 最近開發된 Tack meter 이며 이 試驗機의 原理는 Pick up 式과 같이 全接觸面積에 걸쳐 同時에 破壞를 行하는 것으로 試驗片은 Coated fabric 가 좋고 Compound 의 試驗을 行할려는 경우에는 補強織布를 붙여 Polyester 膜이나 얇은 Al 板을 上下로 넣어서 Press 하여 壓着시킨 것을 4/1吋×2吋로 잘라서 使用한다.

試驗片은 서로 直角으로 Cramp 시키므로 Cramp 시키는 方法에 따라 接觸面積이 變化되는 일은 없는 것이다.

Cramp 시킨 試驗片을 接觸시키면서 同時에 自動的인 Timer 가 作動을 함으로 壓着時間도 正確히 Control 할 수 있는 것이다 그리고 試驗結果에서 測定值의 再現性은 다른 Tack meter 보다도 良好하다고한다.

##### ii) Pick up 式 Tack meter

다음으로 Pickup 式 Tack meter 에 의한 Tack 測定의 速度依存性에 대하여는 剝離速度가 빠르면 빠를수록 Tack 의 값은 커지나 一例로서 剝離速度를 10, 15, 20 mm/min 으로 變化시켜 Tack 를 測定하니가 材料에 따라서는 剝離速度가 빠르면 Scale over 가되어 測定不可般한 경우가 있었다.

고무의 一體化라는 것은 界面에서의 融合 곧 剝離될 적에 凝集破壞를 이르기는가, 이르지 않는가는 알 수 없으나 이에 대하여는 Skewis 氏의 實驗에서 天然고무의 경우에는 剝離速度에 關係없이 쉽게 凝集破壞되고 그값은 Green 의 引張強度와 一致된다고하나 SBR 의 경우에는 剝離速度에 따라 變化되고 느린 便이 Green 의 引張強度와 一致된다고 말하고 있다.

또한 二宮氏는 Pick up 式 Tack meter 를 使用하여 剝離力(Tack)과 剝離後의 痕跡面積을 測定하고 있으나 SBR 試料에서는 剝離速度가 2~500mm/min. 의 範圍에서는 最大剝離力 (Tack)과 凝集破壞를 이르고 있는 痕跡의 面積은 함께 剝離速度를 크게하면 增大시키는 것을 證明하고 있다.

그러나 이 最大剝離力(Tack)과 凝集破壞의 痕跡面積의 比는 剝離速度에는 거의 依存되지 않는 것을 明白히 하고있는 것이다.

따라서 剝離速度를 빨리하거나 늦게하거나 크게 또는 적게 凝集破壞가 있어나고 있음을 생각할 수 있는 것이다.

다음으로는 實驗室에서 Pick up 式 Tack meter 등에서 測定한 Tack의 實驗結果가 現場의 Tackiness의 諸般問題를 解決할 수 있는가에 대하여 생각하여 보기로 하자.

이 問題에 대하여는 즉 現場作業者の 判定이나 評價에 있어서는 大端히 觀念的이기 때문에 사람에 따라 多少 다르나 Tyre의 成形者의 材料의 Tackiness는 다음과 같이 5點法으로 評價되고 있다.

그 材料의 Tackiness는 Pick up 式 Tack meter 로서 測定하여 보면

- +2: 大端히 Over Tack 으로서 作業성이 不良한 것
- +1: 조금 Over Tack 의 氣味가 있으나 作業性에는 영향이 거의 없는 것.
- 0: 作業성이 좋은 것.
- 1: 약간 Tack 가 떨어졌으나 作業性에는 영향이 없는 것.
- 2: Tack 가 充分치 못하여 作業성이 不良한 것.

이 結果는 그림11에 나타난 바와같이 相當히 그의 傾向이 잘 一致된다.

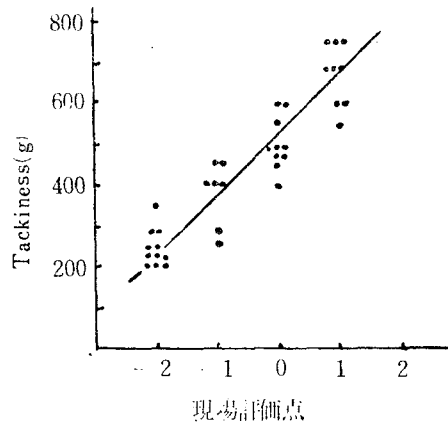


그림 11. 現場評價와 Pick up 式 Tack meter 와의 相關性

따라서 Pick up 式 Tack meter 로서 現場의 Tack Control 에 充分히 使用할 수 있다고 생각된다.

故로 材料에 따라서 Pick up 式 Tack meter 의 값이 얼마면 現場作業에 支障이 없다는 것을 알고 있으면 더러가지의 경우를 處理할 수 있으리라고 생각된다.

## <TOPICS>

### 機能性高分子

지금까지 高分子이라고 하면, 플라스틱이든 섬유이든 고무이든, 오직 의공으로 安定性(非反應性)만을 追求하여 研究開發이 推進되어 왔다. 따라서 이제까지의 高分子은 오직 절기고 오대가는——電氣에 견디고(絶緣材料), 應力에 견디고(構造材料), 熱에 견디고(耐熱材料)만 하던 種이었다.

그러나 最近에 이르러, 아무 일로 안했던 高分子에 逆으로 어떠한 機能을 附與함으로써, 새로운 用途를 發見하려고 하는 움직임이 높아졌다. 이와 같은, 일을 하는 能力을 갖는 高分子은, 機能性 高分子 또는 官能性 高分子(functional polymer)라고 부른다.

機能性 高分子에는 대단히 多數의 타입의 것이 있

다. 오래된 것으로, 金屬 이온의 置換이라는 化學反應을 하는 이온交換樹脂가 有名하지만, 最近 研究되고 있는 것으로 1) 빛에 의해서 構造를 바꾸거나 分解하거나 하는 感光性 高分子라든가 光分解性 高分子, 2) 빛에 의해서 半導體作用을 하는 光半導體 高分子, 3) 超電導作用을 하는 超電導性 高分子, 4) 酸化還元反應을 하는 酸化還元樹脂 5) 觸媒作用을 하는 高分子觸媒, 6) 動植物의 體 내에서 여러가지 化學的·物理的作用을 하고 있는 生體 高分子等, 例舉하기 어려운 程度로 많다.

高分子의 細分化의 한 方向으로서, 機能性 高分子의 研究開發은 今後 더욱 더 盛行할 것이다.

[化學と工業, 26, 79 (1973)]