

加 黃 技 術

編 輯 部

1. 序 言

配合고무를 金型에 넣고 130~150°C의 溫度에서 加熱하면 彈性이 있고 溶劑에 녹지않는 物質로 變化한다. 即, 加熱前의 材料와는 全然 異質의 것이 되는데 이것이 1889년에 Goodyear가 發見한 고무의 加黃現象이며 이 現象을 應用한 것이 오늘날의 고무工業이다.

後述하는 바와같이 加黃의 實際의 方法에는 大端히 많은 種類가 있고 또한 앞으로는 새로운 原理, 技術, 設備가 開發될 可能性이 充分히 考慮되지만, 적어도 現在의 時點에서는 「黃加黃」의 本質 그 自體의 變革으로서는 過酸化物加黃, 電子線加黃, 或은 放射線加黃等 極히 몇 가지로 限定되며 어디까지나 效率의이며 經濟的으로 製品을 製造하는 加工手段의 改良이 重點의으로 다루워지는 것에 異議는 없을 것이다.

여기서는 여러가지의 黃加黃方式 가운데 基本的인 프레스加黃을 重點으로 하여 加黃에 關한 問題를 說明하고자 한다. 또 機械의 設備에 對한 說明은 一般書籍에 맡기기로 하고 最低限度로 言及하고자 하며 加工하는 立場에서 重點의으로 다루기로 한다.

2. 豫 備 知 識

2.1 加黃의 意味

우리나라 工業規格의 고무用語에 依하면 「加黃이란 化學構造의 變化를 거쳐 原料고무가 넓은 溫度範圍內에서 彈性體의 彈性을 나타내는 狀態로 轉換되는 工程(경우에 따라서는 硬質고무가 되는 工程도 包含됨.) 이 工程에서 線狀인 고무分子가 三次元的인 架橋結合을 이룬다」라고 規定되고 있는데 學問的인 解說은 且置하고 簡單하게 表現하면 「原料고무에 黃, 其他의 加黃

劑를 加하여 加熱함으로써 고무 分子間에 強固한 結合을 일으켜 넓은 溫度範圍에 걸쳐 塑性흐름을 減少시키고 彈性 및 引張強度等을 增加케 하며 또한 溶媒에 依한 膨潤을 減少시키는 變化이다」¹⁾

를(型)加黃의 경우에는 加熱과 同時에 所望하는 形狀으로 成型이 되는데 成型이란 物理的變化와 加黃이란 化學的 變化가 同時에 일어나는 點에서 結び기가 비슷한 熱可塑性樹脂의 成形工程과는 그 內容이 다르다는 것을 念頭에 두어야 한다.

2.2 最適加黃

加黃은 一種의 化學反應으로 反應이 進行됨에 따라 고무의 性質이 變化한다. 一定한 溫度로 加黃한 고무의 性質을 加黃時間을 變數로 하여 表示한 加黃曲線을 그리면 그 狀態를 잘 理解할 수 있다. 그림 1²⁾은 여러 가지 性質에 關한 加黃曲線의 典型例이다.

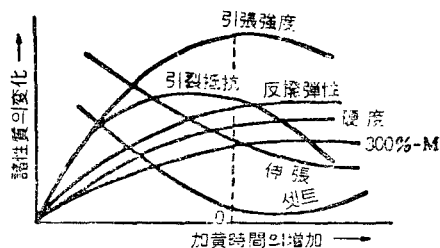


그림 1. 各性質의 加黃曲線의 典型例²⁾

配合고무를 加黃하는 경우에 求하려는 特定の 性質이 最高의 값을 나타낼 때 그 性質에 關한 最適加黃이라 하고 그 加黃條件(溫度, 時間)을 最適加黃條件(溫度, 時間)이라 한다.

그런데 一定한 溫度로 加黃하여도 모든 性質에 關한

表 1. 最高性能을 나타낸 加黃時間의 一例³⁾ (콘베어벨트配合, 141°C加黃, 加黃時間 5~120min)

性	能	D·DM 配 合	DM 配 合	TT 無黃配合
引張強度의 最高		20min	30min	15min
伸張의 最高		10	10	5
硬度的 最高		60	90	40
300%引張應力の 最高		40	40	30
引張強度의 最高		10	20	10
最低摩耗量(소면方式)		90	90	90
老 化 後	引張強度의 最高	15	30	10
	伸張의 最高	5	10	5
	硬度的 最高	30	60	20
	300% 引張應力の 最高	40	40	30
老 化 後	引張強度 變化率의 最小	20	40	5
	伸張變化率의 最小	10	15	10
	硬度變化率의 最小	30	40	5
	300% 引張應力 變化率의 最小	40	20	10

最適加黃時間은 同一하지 않으며 그 製品의 使用目的에 따라 가장 重要한 性質을 重點으로 다루어 其他의 性質과의 均衡을 考慮한 妥協點을 實用的인 最適加黃으로 하고 있는 것이 實際이다.

表 1은 各種의 特性에 關한 最高의 값을 나타낸 加黃時間의 比較³⁾의 一例이지만 하나의 製品에 對하여 어떤 性質에 重點을 두어 最適加黃을 決定하느냐에 따라 같은 고무일지라도 다른 性能을 나타낸다는 것이 理解되 라 믿는다. 製品用途에 따라 어떤 性質을 中心으로 하느냐는 實際面에서는 大端히 어려운 問題이고 大部分은 經驗에 依存하고 있으며 또 같은 加黃試驗結果를 基礎로 하더라도 判斷하는 技術者에 따라 달라진다는 것을 否定할 수는 없다. 이에 關한 問題에 興味를 가진 분은 이에 關한 記錄資料⁴⁾를 參考하기 바란다.

2.3 加黃에 依한 狀態의 變化

틀(型)加黃의 경우에 配合고무를 틀에 넣어서 加壓 加熱하면 고무는 加熱에 依하여 溫度가 上昇되고 粘度는 떨어져 흐름이 쉽게 되고 캐비티(金型의 凸凹間의 空間部, 成型品은 이 形狀으로 成型된다)에 充填된다.

그리하여 一定한 時間이 經過하면 再次 粘度가 높아지고 流動性이 없어지고 彈性이 생기게 된다. 이것이 初期加黃이고 實質的인 加黃反應의 開始를 뜻한다.

이에 앞서 混練, 壓延, 押出 등의 工程, 或은 貯藏中에 위와 같은 初期加黃의 狀態가 되고 流動性이 없어지는 경우가 있는데 이것을 스코오치(scorch)라고 한다. 스코오치 함으로서 고무材料끼리의 粘着性이나 金屬等과의 接着性이 低下되어 實質的으로 所望의 製

品을 만들 수 없게 되는데 가벼운 스코오치(初期段階)의 狀態에서는 外觀上 判別이 困難하며 생각지도 않는 加黃不良事故가 생길 때가 있다. 따라서 配合고무가 스코오치現象을 일으키지 않도록 管理에 萬全을 期하여야 하는데 이 傾向을 알기 위하여 무오니 粘度計로서 測定한 무오니스코오치(mooney scorch)時間을 체크하여야 한다.

初期加黃에서 最適加黃사이의 加黃狀態를 加黃不足이라 하며 under cure(未加黃)라고 表現할 때가 많다. 이 경우에 黃, 其他 藥品의 불르음(bloom)이 일어나고 製品의 表面에 白色으로 粉末이 噴出되는 경우가 많다. 또 最適加黃에서 지나치게 加黃된 狀態를 過加黃, over cure라고 부른다.

一般的으로 加黃不足보다 過加黃 경우가 實際의 使用目的에 適合하는 경우가 많지만 天然고무의 경우에 있어서는 지나친 過加黃으로 因하여 材質의 分解가 일어나고 軟化하여 甚할 때에는 粘着性을 잃게 된다. 이 現象을 逆加黃(reversion)이라 부른다. 合成고무의 경우에는 一般的으로 이런 現象은 일어나기 어렵지만 物性이 뛰어난 狀態를 保全하기 위하여는 恒常 最適加黃狀態가 얻어 지도록 充分히 注意할 必要가 있다.

2.4 加黃의 溫度係數

加黃도 普通의 化學反應처럼 溫度를 높이면 加黃의 速度가 빨라지고 最適加黃時間도 短縮된다. 이 加黃溫度의 變化에 따른 加黃速度의 變化의 比를 加黃의 溫度係數라 하고, 實用的으로는 溫度 10°C 上昇에 따른 速度變化의 比로 表示한다. 嚴密하게는 個個의 配合

(加黃系)에 따라 變化하지만 黃加黃系에서는 約 2이고 溫度가 10°C 높아짐으로써 大體로 2倍로 빨라지고 最適加黃時間이 約 1/2이 되는 것으로 알려져 있다. 表 2는 타이어配合에 사용되는 合成고무加黃系의 溫度

表 2. 타이어配合의 加黃溫度係數⁵⁾

폴 리 머	加黃促進劑	加黃溫度係數
NR	MBTS(DM)	1.83
SBR	OBS	1.74
SBR(OE)	OBS	1.60
BR	DPG-MBTS	1.86
BR/NR	MBTS-OBS	1.67
BR/SBR(OE)	DPG-MBTS	1.67

係數의 一例이다.⁵⁾

또한 많은 어휘로 加黃係數란 것이 있는데 이것은 100重量部の 고무와 化學的으로 結合한 黃의 重量部를

나타내는 값으로 普通的 軟質고무에서는 1~2 程度이다. 溫度係數와는 全혀 關係가 없으며 혼돈하지 않기를 바란다.

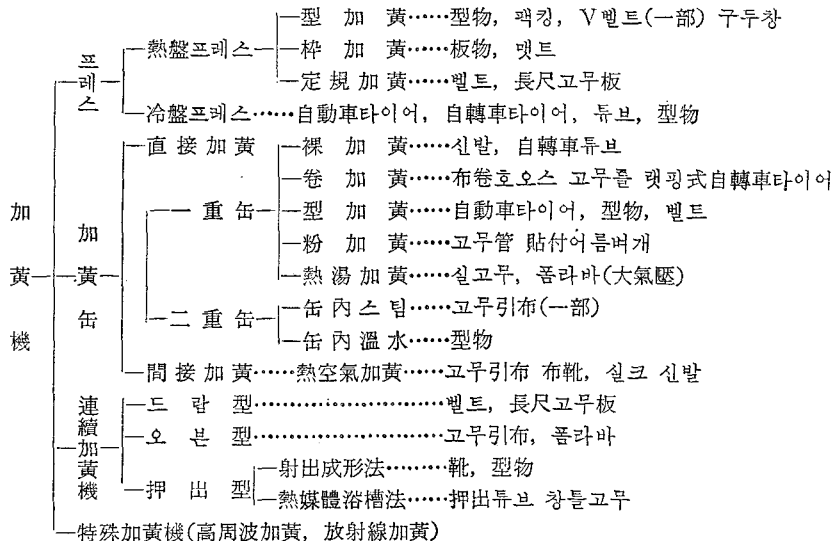
2.5 等價加黃

加黃溫度가 달라진 경우에 그에 對應하여 加黃時間을 變更하여 얻어진 加黃고무의 性質이 類似할 때, 두 개의 加黃狀態를 等價加黃이라고 한다. 미리 여러가지 溫度로 試驗加黃을 行하고 引張試驗이는 膨潤試驗等을 하여 加黃의 速度를 求하고 加黃의 溫度係數를 測定하여 두면 여러 溫度에서의 等價加黃時間이 簡單한 計算式으로 算出되⁶⁾ 또한 이를 爲한 便利한 加黃計算尺에 關한 考察도 있다.⁷⁾

2.6 加黃機의 分類

加黃의 方法은 오랜 고무工業의 歷史를 말하는 것으로 大端히 많은 種類가 있다. 이를 分類한 것을 表3⁸⁾에 나타낸다.

表 3. 加黃機의 分類⁸⁾



2.7 加黃方法和 製品치수 精度

製品の 치수精度는 그 用途에 따라 決定되지만 그 要求精度와 加黃方法에 依한 一般의인 精度(公差)와의 關聯을 알고 있으면 經濟的인 加黃方法을 包含한 加工(製造)工程을 選擇하는데 參考가 된다.

우리나라 規格(KS)에서는 이에 關한 一般의인 規定은 없으나 獨逸의 規格(VDI 2005)에서는 表 4와 같이 規定되고 있다.⁹⁾ 또 軟質加黃고무의 線膨脹係數가 20×10^{-5} 정도이므로 例컨대 冬季와 夏季의 溫度差가 20°C 였다고 할 때 0.4% 정도 치수에 變化가 일어나는 것으로 된다. 또 使用溫度가 常溫이 아닌 경우에도 이點을 考慮하여 두는 것이 要緊하다.

表中(表 4) 1級公差에는 다음의 것이 包含된다.

1) 틀(型)加黃品 가운데 特別히 精密한 치수를 要求하는 物品, 加壓方向에 對한 公差는 치수가 0~30mm까지는 0.2mm, 30~180mm까지는 0.5mm, 180~500mm까지는 1mm씩 增加한다.

2) 두께 3mm, 面積 100cm²까지의 틀(型)製品

3) D>0.21mm 길이 250mm까지의 研摩물

2級公差에는

1) 틀(型)加黃品, 一定斷面의 끈 또는 호스 등의 押出品

2) 고무板, 加黃한 板에서의 도려낸 것(打板品)

3) 押出끈을 손으로 동글게 裝置하여 加黃한 것

4) 250~500mm의 길이로 D>0.2L의 研摩물

表 4. 工業用 고무製品 치수公差⁹⁾ (VDI 2005)

製品치수(mm)	1 級	2 級	3 級
0~3	±0.2mm	±0.3mm	±0.4mm
3~6	±0.2mm	±0.4mm	±0.5mm
6~10	±0.3mm	±0.5mm	±0.6mm
10~18	±0.3mm	±0.6mm	±0.8mm
18~30	±0.4mm	±0.8mm	±1.0mm
30~50	±0.5mm	±1.0mm	±1.5mm
50~80	±0.6mm	±1.2mm	±2.0mm
80~120	±0.7mm	±1.4mm	±2.5mm
120~180	±0.8mm	±1.6mm	±3.0mm
180~250	±1.0mm	±2.0mm	±4.0mm
250~315	±1.2mm	±2.5mm	±5.0mm
315~400	±1.5mm	±3.0mm	±6.0mm
410~500	±1.8mm	±3.5mm	±7.0mm
500以上	±0.4%	±0.8%	±1.5%

5) 브레이드 호오스의 內經, 精度가 높은 호오스

6) 浸漬製品

3級公差에는

- 1) 브레이드 호오스의 두께, 精度가 낮은 호오스
- 2) 未加黃고무의 시트에서 도려내어 治具없이 加黃한 펙킹
- 3) 手仕上品
- 4) 나중에 機械로서 만든 구멍
- 5) 表面에 무늬가 있는 고무板
- 6) 두께 5mm까지의 被覆, 라이닝
- 7) 길이 500mm 以上이고 D>0.2L의 研摩輪 등이 包含된다.

3. 프레스 틀加黃(壓縮成型)

가장 代表的인 加黃方法이고, 極히 一般的인 프레스에 의한 틀加黃에 對하여 問題點을 살펴보기로 한다.

3.1 프레스 틀加黃의 特徵

틀(金型)을 使用하여 加黃成形하기 때문에 製品의 表面仕上이 希望대로 되고 또 치수의 安定性이 좋다. 同時에 設備面에서 自動化, 省力化의 設計導入이 可能하고 多量生産品에 對하여는 相當히 效率이 높은 生産이 이룩되고 經濟的으로도 有利한 方式이다. 다만 設備, 틀 등에 多額의 初期費用이 投入됨으로 少量生産品에 對하여는 그點도 考慮한 均衡된 設備計劃을 하는 것이 바람직하다.

3.2 프레스熱板

3.2.1 熱 源

加黃프레스의 種類는 大端히 많지만, 거기에 使用되는 熱板은 所要되는 溫度가 正確하게 調節되는 것이 重要하다. 普通 熱源으로서의 水蒸氣를 使用하는 것이 많지만, 이것은 水蒸氣의 蒸發의 潛熱이 큰 것을 利用하고 있는 調壓辨의 使用으로 安定된 溫度가 얻어지기 쉽다. 此外에 電熱을 利用하는 것이 많지만 熱容量等의 關係로 溫度精度가 蒸氣에 比하여 떨어진다. 그러나 보일러를 使用할 必要가 없고 또 蒸氣로서는 效率이 나쁘고 ロス가 많은 180°C 以上の 高溫이 손쉽게 얻어지는 利點이 있다. 또한 기름 등의 液狀의 熱媒體를 加熱循環하는 方法도 있으나 우리나라에서는 別로 實用化되고 있지 않다.

3.2.2 溫度測定

蒸氣를 使用한 경우, 調壓辨을 使用하여 所定の 蒸氣壓이 얻어지더라도 드레인의 影響에 對하여 끊임없이 注意할 必要가 있다. 即 같은 蒸氣壓일지라도 드레인을 包含한 濕氣찬 蒸氣에서는 熱容量이 低下하기 때문에 한장의 熱板의 上下面이나 또는 入口와 出口에서도 溫度의 差가 생긴다.

最近의 熱板에는 드레인이 溜止하지 않도록 研究되어 있으나 配管의 方法 등으로 問題가 惹起되는 수가 있고 或은 스팀트랩이 作動不良이 되어 熱板溫度가 내려가는 例가 종종 있다. 特히 多段프레스로 作業할 때에는 各段에 對한 溫度체크가 必要하다.

어떻게 하던 正確한 加黃作業을 하기 위하여는 單純히 蒸氣壓뿐 아니라 各熱板의 溫度를 測定할 수 있도록

設備하여 둘 것과 스팀트랩의 作動不良을 알 수 있도록 講究하여 두는 것이 바람직하다.

3.2.3 平面度

熱板은 高溫度에서 高壓을 받기 때문에 特別 熱板에 比하여 小形의 틀을 長期間 使用하면 局部的인 變形때문에 平面性이 나쁘게 된다. 이런 경우에 加黃品の 偏肉等의 不良事故가 일어나기 쉽다. 이에 對하여는 布, 錫鍍金板 等を 熱板과 틀과의 사이에 끼어 넣으므로써 가벼운 경우는 補正이 되지만 本格的으로 表面研磨하여 修正하여야 한다.

3.3 成形壓力

틀중에 넣게 될 配合고무가 캐비티內에 充分히 흘러 들어가서 所定の 形狀으로 成形되게 하기 위하여는 틀에 壓力을 加한다. 이것을 成形壓(力)이라 하지만, 普通 $30\sim 200\text{kgf/cm}^2$ (約 $3\sim 20\text{MPa}$) 적어도 15kgf/cm^2 (約 1.5MPa)의 壓力이 必要하다. 一般的으로 成形壓은 높을수록 좋은 製品이 얻어지지만, 프레스, 틀等의 機械設備가 그만큼의 高壓에 견딜 것이 必要하므로 經濟性과의 바란스를 考慮하지 않을 수 없다.

프레스의 成形壓은 現在 거의 油壓에 依하여 얻어지지만, 普通 最大 200kgf/cm^2 (約 20MPa)程度의 油壓을 使用한다. 이 壓力은 프레스의 榻을 經由하여 熱板에 作用하고 틀에의 成形壓으로 되는데 榻徑의 크기가 成形壓을 決定한다. 決코 熱板의 크기로서 成形壓이 決定되지 않는다는 것, 油壓 그 自體의 크기가 成形壓이 아니라는 것을 念頭에 두어야 한다.

또 큰 成形壓이 얻어진다고 하여 너무 큰 熱板을 갖는 프레스에 작은 틀을 넣어서 加黃하면 熱板에 局部的인 큰 壓力이 걸리기 때문에 前述한 바와 같이 熱板의 平面度에 損傷을 입히게 되고 極端의 경우 熱板을 破損하는 경우가 있어 熱板의 強度에 對한 注意도 소홀히 하여서는 안된다.

成形壓의 效用은 以外에 加黃中の 고무의 發泡을 抑制하는 點에 있다. 캐비티中の 고무는 加熱로 因하여 膨脹하지만 同時에 고무中에 녹아 들어간 空氣, 水分等의 揮發分 或은 加黃反應에서 생긴 黃化水素等이 가스化하여 氣泡가 된다. 그것을 防止하기 위하여 必要한 外壓으로서 成形壓이 作用하게 된다.

3.4 生地成形

生地成形은 틀加黃의 良否에 相當히 影響을 미치는 工程으로 充分한 吟味가 必要하다. 미리 시트狀 或은 리본狀, 棒狀으로 準備된 配合고무에서 所要의 形狀과 치수로 칼等을 使用하여 裁斷하고 貼合하며 積層等의 成形을 한다.

3.4.1 放置時間

캐번더틀이나 押出機等으로 準備된 配合고무는 普通 적어도 하룻밤 放置하였다가 使用하는 것이 좋다. 이것을 熟成이라고 하는데 이 過程에서 塑性加工中の 고무의 變形이 緩和되고 可塑性가 安定됨과 同時에 고무 内部에 쌓여 들어간 水分이나 空氣가 빠져 氣泡不良의 防止에 效果가 있다.

熟成時間이 70時間 以上이 되면 黃, 其他의 配合劑가 配合고무의 表面에 블르음하여 外觀上 나쁘고 고무끼리의 接着이 나빠져 不良의 原因이 된다. 特別 大型製品을 成形하는 경우에는 캐번더列理等 고무中の 變形을 除去하기 爲하여 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 로 豫熱하는 것, 시트狀의 경우는 서로 캐번더의 列理가 直交하도록 積層하는 것도 方向性에서 오는 收縮의 輕減에 效果가 있다.

3.4.2 重量(容積)

틀에 넣게 되는 配合고무의 量이 적으면 空氣가 남아있던가 하는 成形不良이 된다. 또한 反對로 많으면 틀귀(flash, 이바리)의 두께가 增加하든가 極端의인 경우에는 틀이 조여지지 않든가 하며 材料의 로스 뿐 아니라 製品에 따라서는 치수(加壓方向)不良이 되든가 가이드핀이 破壞되어 틀損傷의 原因이 된다. 따라서 重量管理는 大端히 重要하지만 配合고무의 比重을 調査하든가 하여 材料가 다른 境遇에도 仕込重量을 簡單하게 決定할 수 있다.

3.4.3 形 狀

生地成形作業은 반드시 製品과 同一하게 할 必要가 없으며 製品에 가까운 形으로 하는 것이 바람직하지만 加黃工程에서의 고무의 流動性과 成形壓에 依하여 캐비티內로 配合고무가 흐르기 때문에 成形壓이 걸리는 方向은 比較的 두텁게 直角方向을 작게 하는 것이 空氣等이 잘 빠져 깨끗한 成形品이 얻어진다. 시트를 積層하는 경우에는 시트사이의 空氣가 남지 않도록 注意한다. 複雜한 形狀의 경우에는 數回の 試作으로 加黃不良이 되지 않는 形狀으로 定한다. 量産하는 경우에는 打抜型으로 하여 單位브록을 만들고 效率이 좋고 또 경우에 따라서는 펠렛狀의 配合고무를 사용하여 좋은 결과를 얻을 때도 있다.

3.4.4 打粉(dusting)

配合고무의 取扱中の 粘着을 防止하기 爲하여 탈크, 炭酸칼슘, 炭酸칼슘, 含水硅酸 或은 金屬비누等を 表面에 바를 때가 있다. 이 打粉이 많으면 加黃時의 고무끼리의 融着을 妨害하여 不良을 일으킬 수 있으므로 注意를 要한다. 이를 避하기 爲하여는 融點이 낮은 金屬비누가 많이 使用된다. 그러나 少量의 無機質을 打粉하는 것이 틀表面에서의 空氣의 흐름을 좋게 하고 空氣溜止 等の 不良防止에 效果가 있으므로 그 使用方法을 잘 檢討하는 것이 좋다.

3.5 金型(틀, 쇠틀)

틀은 使用하는 프레스機, 配合고무, 所要製品의 치수, 形狀, 用途 및 生産數量等에 應한 構造, 材質 및 精度의 것을 使用한다. 材質로서는 普通 SC鋼이 使用되지만 精度가 높거나 生産量이 많을 때에는 硬한 材料를 選擇하는 것이 좋고 한편 複雑한 形狀일 때에는 알루미늄등도 使用된다.

3.5.1 構造

壓縮成形用 틀의 構造는 그림 2¹⁰⁾에 나타난 것이 基本이 된다. 平板狀의 薄肉의 製品에서는 別로 큰 問題는 없으나 大型의 것, 複雑한 形狀의 것, 두꺼운 것 鐵片等 插入物이 들어가는 것에서는 後述하는 여러 問題를 考慮하여 構造를 定한다.

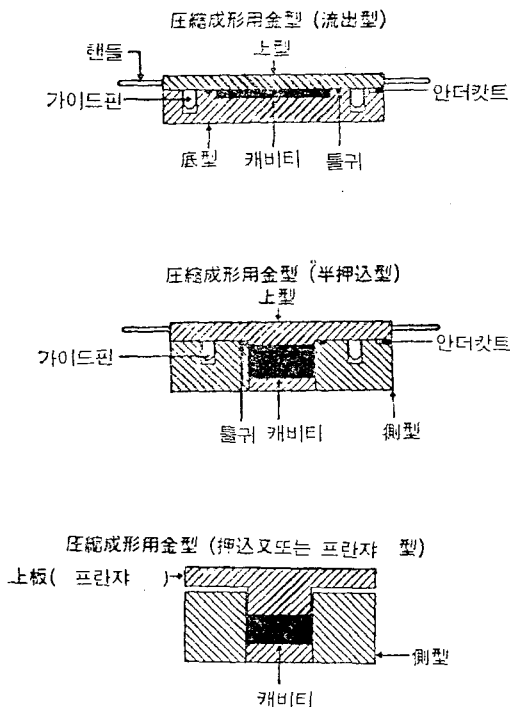


그림 2. 壓縮成形用 金型の 構造(모델)¹⁰⁾

即 配合고무 仕込, 加黃後의 離型作業이 쉬울 것, 캐비티內部에 空氣가 잘 모이지 않도록 하는 것, 틀귀(flash, 이바리)의 位置가 끝손질한 때에 쉬울 것, 또 用途上 치수構造에 支障이 없을 것等を 考慮하지 않으면 加黃 및 그 뒤의 끝손질(仕上)作業을 困難하게 하고 生産效率를 떨어뜨리는 結果가 된다.

3.5.2 收縮率

틀치수를 決定할 때 잊어서는 안되는 것이 收縮率이다. 틀加黃한 製品은 틀보다 작게 成形된다. 이것은 加黃에 依한 고무의 容積變化, 成形壓에 依한 容積變化等の 要因도 없다고 할 수 없지만, 大部分이 加黃溫

度와 常溫(使用溫度)과의 溫度差로 因한 틀과 고무와의 熱收縮의 差에 依한 것으로 그 比率을 收縮率이라 부른다.

普通 틀에 使用되는 鋼이나 알루미늄等の 金屬材料의 線膨張率은 $(1\sim2)\times 10^{-5}$ 程度인데 比하여 加黃고무의 그것은 $(15\sim20)\times 10^{-5}$ 이므로 普通의 加黃溫度($130\sim 150^{\circ}\text{C}$)의 경우 室溫을 20°C 로 할때의 收縮率은 2% 前後가 된다.

고무配合와 收縮率과의 關係에 對하여 公表된 것은 Bayer社의 發表¹¹⁾가 唯一한 것같고 이것이 日本語로 紹介되어 있으며¹²⁾ 이에 그 要點을 記述한다.

- 1) 加黃溫도와 收縮率과는 直線關係이다(表 5)
- 2) 原料고무의 素練時間, 加黃時間은 거의 影響을 미치지 않는다.
- 3) 充填劑의 配合量, 即 逆으로 表示하면 고무의 容積比率과 收縮率과는 直線關係에 있다. (그림 3) 고무분이 많을수록 收縮率이 크다.
- 4) 고무의에 促進劑, 老化防止劑, 可塑劑, 왁스, 사부, 黃等は 고무와 같은 影響을 준다.
- 5) 揮發性的 配合劑를 包含한 것은 加黃時間의 延長에 依하여 收縮率이 增加하는 수가 있다.
- 6) 充填劑配合에서는 그 方向性이 表示되고, 配合量이 많을 때에는 가로 세로의 收縮率의 差가 確實히 나타나는 수가 있다. 單純히 고무의 容積比만으로는 計算할 수 없다.
- 7) 카렌더, 押出等の 列理에 依하여도 收縮率에 方向性이 表示된다.
- 8) 金屬과 고무와의 接着의 경우, 接着面에서는 고무는 收縮하지 않으므로 그것과 直角의 方向에 異常한 收縮을 일으키고, 極端的인 때에는 一般的인 收縮率의 3倍도 된다.

이와 같이 收縮率은 틀加黃에서는 避할 수 없는 問題로 그 크기 2% 前後이므로 特別 大型製品의 경우 無視할 수 없다. 따라서 使用하는 配合고무에 對하여 實際의 加黃條件으로 試驗加黃을 行하고 方向性을 包含하여 收縮率을 測定하여 두는 것이 치수 精度를 높이는 데 重要하다.

이렇게 하여 얻은 收縮率에 相當하는 部分만큼 틀의 치수를 크게 한다.

3.5.3 刻印

特別 量產品의 경우 加黃後의 製品管理나 틀自體의 事故를 調査하기 爲하여 使用上 支障이 없는 곳에 틀番號 및 製造時期(로트)를 나타내는 記號等を 刻印하여 두면 便利할 때가 많다.

3.6 加熱前의 틀의 準備

所定溫度로 加熱된 熱板에 틀을 넣어 充分히 豫熱한

表 5. 純고무配合물의 加黃溫度와 收縮率의 關係¹²⁾

加 黃 條 件	收 縮 率(%)		
	세로	가로	平均
119.5°C×120分	2.02	2.02	2.02
133°C×60分	2.29	2.29	2.29
143°C×30分	2.49	2.49	2.49
151°C×15分	2.65	2.65	2.65

NR 100, 酸化亞鉛 5, 黃 2.5, 加黃促進劑 F1, 스테아르산 1.5, 老化防止劑 PBN1.5

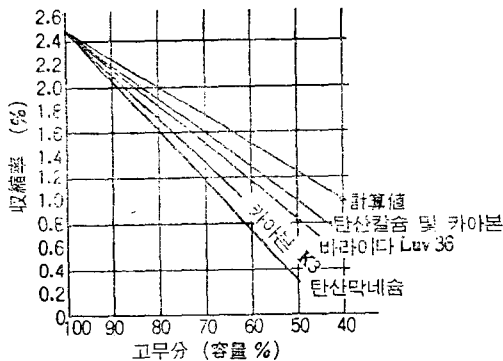


그림 3. 充填劑의 配合量(고무분率)과 收縮率의 關係¹²⁾

다. 이때 캐비티內에 異物等이 없도록 잘 掃除한다. 또 長期間 使用하지 않았던 틀에서는 녹슬지 않도록 칠한 기름을 完全히 닦아 내어야 한다. 殘留物이나 가스가 附着되어 있을 때에는 酸, 알칼리 등의 化學藥品 處理나 超音波, 와이야부랴시 등의 物理的方法을 利用하여 除去한다. 어떤 경우에도 틀의 取扱을 慎重히 하여 캐비티를 損傷하지 않도록 注意한다. 틀表面, 특히 캐비티部에 硬質코를 鍍金를 하여두면 防鏽이나 金型 洗滌에 便利할 뿐 아니라 加黃品의 離型性도 向上하고 또 캐비티內의 配合고무의 흐름도 改善되는 등 여러가지 利點이 있다.

3.7 離型劑

加黃品을 틀에서 쉽게 빼낼 수 있도록 普通 離型劑가 使用된다. 離型劑로서는 실리콘樹脂系 에탈론을 主成分으로 한 것, 또는 비누, 表面活性劑를 主成分으로 한 것이 널리 利用된다.

離型劑는 묽은 水溶液으로 하여 刷毛 또는 스프레이 등 方法으로 可及的 少量 使用하는 것이 重要하고 過剩의 離型劑는 配合고무가 캐비티內로 흐름 때 그 사이에 묻혀 融合不良, 接着不良의 原因이 되든가 逆으로 離型困難이 되는 수가 있다.

3.8 캐비티內의 仕込

所定溫度로 豫熱된 틀을 프레스에서 꺼내어 離型劑를 칠한 다음 生地成形한 配合고무를 캐비티에 넣는다. 이때 配合고무가 所定の 性能을 갖고 있지 않으면 공들여 加黃하여도 못쓰게 되므로 미리 試驗片에 의한 加黃試驗을 하여 硬度等 所定の 性能이 發揮될 것, 所定加黃時間에 加黃되는 것, 등을 체크할 必要가 있다. 또 加工工程中에 스크오치를 일으키고 있는지 與否도 調査하여 둔다.

單純한 形狀의 경우는 別로 問題가 없으나 複雜한 形狀의 경우에 生地成形을 마친 配合고무를 可及的 재빨리 틀內에 配置한다. 이 경우에 분칠(dusting)한 것을 잘 털도록 한다. 고무의 配置는 틀構造를 考慮하여 空氣等이 잘 빠지도록 캐비티의 中央部에서 번두리로 고무가 흐르도록 한다.

3.9 반핑(空氣빼는 作業)

틀內에 配合고무를 넣고, 틀을 프레스熱板 사이에 넣어 틀加黃을 始作하지만 이 加黃의 初期段階에서 고무가 初期加黃狀態에 到達하기 前에 加壓—減壓의 操作을 반복하는 것을 반핑이라 한다.

이것은 캐비티內에 남은 空氣나 고무中에 包含된 空氣, 水分 또는 揮發性的 物質을 캐비티 外部에 追出하기 爲한 것으로 이 操作이 不充分하면 가스類의 殘留 때문에 成形物에 혹이 생기거나 空氣溜止의 原因이 된다. 이 경우 加壓의 程度, 加壓除壓의 타이밍 등은 고무材料, 可塑性, 製品의 形狀, 틀의 構造, 加黃溫度, 加黃速度 등에 의하여 달라지므로 個個의 경우에 따라 決定되어야 한다. 그러나 어떠한 簡單한 경우일지라도 例컨데 얇은 시트의 경우에도 틀을 조인 直後에 3회以上的의 반핑을 하는 것이 普通이다. 製品에 따라서는 成型壓을 低壓에서 高壓으로 段階的으로 徐徐히 올리면서 數分間에 10數回 반복할 때도 있다.

3.10 空氣구멍(벤트홀)

妥當한 重量(容積)의 配合고무를 캐비티內의 適正한 位置에 넣고 數回の 반핑을 行하여도 空氣溜止나 베어(bare)가 남을 때가 있다. 특히 틀의 구성部分 등 틀構造上 空氣가 빠지기 어려운 곳이나 經驗的으로 空氣가溜止하기 쉬운 곳에 작은 貫通구멍을 뚫어 이를 防止할 수 있는데 이것을 空氣구멍(벤트홀)이라 한다.

공기구멍의 數는 많을수록 좋을 것 같지만 다음의 끝손질(仕上)의 경우 부담을 주는 수가 있고, 또 空氣溜止의 場所가 一定하지 않는 경우에는 그다지 效果가 없으므로 다른 作業條件, 工程을 아울러 考慮하여 장

소, 크기, 數等を 決定하여야 할 것이다.

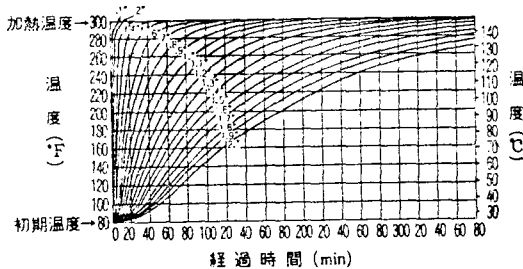
3.11 加黃條件의 決定

3.11.1 加黃溫度

加黃溫度가 높을수록 加黃速度가 빠르기 때문에 所要加黃時間은 短縮된다.

그러나 加黃溫度를 높게 할수록 經濟的으로 또는 效率的으로 加黃된다고 單純하게 생각하여서는 안된다. 그 理由는 고무는 元來 熱의 不良導體라는 것과 比熱이 크다는 點이다. 即 너무 高溫에서 加黃하면 틀에 接觸하는 表面部分은 over cure되고 內部는 아직도 加黃溫度에 이르지 않아 under cure되어 中心部分(全型面에서 가장 먼 部分)이 porous(多孔性)인 狀態로 되어 困難하다. 極端的인 경우에는 캐비티內部에 配合고무가 充分히 흐르지 않게 된다.

熱傳導率 미 比熱은 各其 配合에서 算出되지만¹³⁾ 고무가 많을수록 熱傳導率은 低下하고 比熱은 增加한다고 말할 수 있다. 그림 4는 一定溫度로 加熱하였을



그림중의 數字는 고무썬트의 두께(인치)를 나타냄

그림 4. 고무의 두께와 內部溫度 上昇時間과의 關係¹⁴⁾

때의 고무 두께와 中心部 溫度의 時間變化와의 關係를 나타내는 一例로 CR 카아본配合에 關한 것¹⁴⁾이다. 이

資料에 依하면 틀에서의 距離 約 6mm마다 加黃時間이 5分씩 追加되어야 한다고 한다.

두꺼운 製品(厚物)의 加黃溫度의 決定에 있어서 또 하나 無視할 수 없는 現象으로서 틀사이의 고무가 벌어지는(back rinding)수가 있다. 이것은 틀製品의 틀의 합치는 部分, 其他 틀귀(flash)가 發生하는 곳 또는 그 근처에서 생긴다. 引裂, 收縮等의 變形이 바로 그것이다. 이것은 캐비티內의 配合고무가 加黃溫度에 가까이 加熱되는 사이에 熱膨脹으로 因하여 생기는 內部膨脹壓力에 依하여 或은 外部에의 壓力이 突然 緩慢해짐으로서, 틀의 합치는 部分에서 고무가 押出될 때 加黃物의 一部分이 찢기어나감으로 생긴다.

이에 對한 防止策은 ① 配合할 때에 不活性充填劑를 增量하든지 熱膨脹率의 작은 充填劑를 使用할 것을 考慮하고 ② 加黃할 때에

- ㉠ 틀에 넣는 고무材料의 重量(容積)을 充分히 管理한다.
- ㉡ 配合고무의 스크오치時間을 길게 한다.
- ㉢ 配合고무를 可及의 높은 溫度로 豫熱하여 캐비티에 넣는다.
- ㉣ 프란자型的 틀을 使用한다.
- ㉤ 반핑回數를 많이 한다.
- ㉥ 低溫 長時間加黃한다.

等의 方法이 있다. 같은 配合고무에서는 加黃溫度가 가장 큰 要因으로 생각된다. 即 厚物加黃에 있어서는 너무 높은 溫度는 避하여야 한다.

加黃溫度를 낮추면 高溫에서 생기는 여러가지 問題는 解消되지만 加黃時間을 길게 하게 됨으로써 製品의 生産效率이 低下하는 經濟性의 問題가 派生한다. 結局 兩者가 均衡되는 加黃溫度를 擇하게 되지만 次項의 加黃時間의 決定과 關聯하여 經濟的으로도 重要한 問題이다.

表 6. 高溫加黃物과 低溫溫度加黃物의 物性比較¹⁵⁾

性	質	190°C 加黃	150°C 加黃
引 張 強 度 (kgf/cm ²)		2分 230 (-12)	20分 240 (-8)
		3" 248 (-21)	30" 256 (-10)
		4" 245 (-19)	40" 250 (-9)
		5" 240 (-18)	60" 253 (-8)
		2" 450 (-51)	20" 450 (-43)
伸 長 率 (%)		3" 400 (-50)	30" 390 (-37)
		4" 380 (-42)	40" 370 (-23)
		5" 380 (-30)	60" 350 (-23)
		3" 62.1	30" 34.5
		4" 45.2	40" 28.9
壓 縮 永 久 變 形 (%)		5" 36.8	60" 21.0

SBR 1502 100, 酸化亞鉛 5, 스테아르酸 1, HAF black 60, 나프텐系기름 15, 黃 2, D0.3, DM1.5,
() 內는 100°C×48h 熱老化後의 變化率 %, 壓縮永久變形은 100°C×48h

더욱 各 加黃溫度로 等價加黃이 얻어지는데 經驗的으로는 低溫長時間 加黃하는 것이 加黃物의 性能이 優秀하다고 認定되고있다. 하나의 例로서 加黃溫度의 差에 依한 SBR配合物의 物性比較를 表 6¹⁵⁾에 나타낸다.

3.11.2 加黃時間의 決定

加黃溫度가 決定되면 그 溫度에서의 試驗加黃의 data에서 最適加黃時間을 決定한다. 或은 다른 溫度에서의 data를 利用하여 式 (1)¹⁶⁾에 따라 그 溫度에서의 最適等價加黃時間을 計算한다.

$$\log t_0 - \log t_1 = 1/10 \log \alpha \times (\theta_1 - \theta_0) \quad (1)$$

다만 t_0, t_1, \dots 溫度 θ_0, θ_1 °C에서의 最適加黃時間

α, \dots 加黃의 溫度係數

이와 같이 記述하면 極히 簡單하지만, 前項에서 言及한 바와 같이 試驗加黃의 시트와 같은 程度의 두께의 경우는 關係없으나 두꺼운 製品의 경우에는 고무內部에의 熱傳導가 늦어짐에 따라 內部溫度와의 差를 考慮하여 加黃時間을 決定하지 않으면 안된다.

시트加黃에서 求한 最適加黃時間에서 두꺼운 製品의 加黃追加時間을 推定하는 方法에 對하여는 여러 方法이 提案되어 있으며 例컨대 타이어에 對하여는 두께의 2 乘에 比例하여 延長한다는 實驗式¹⁶⁾이 있고 또 벨트 등의 平板狀의 것은 두께 1mm마다 1分間씩 所要한다는 方法¹⁷⁾을 實用的으로 採用하고 있다. 또한 配合고무의 比重, 比熱, 比熱傳導率에서 求하여지는 熱擴散率(物體中을 溫度勾配가 흐르는 速度)이라는 것과 等價加黃에 關한 것을 綜合整理한 計算圖表¹⁸⁾를 提案하는 者도 있다. 即 두꺼운 製品을 加黃하면 그 內部溫度는 加黃時間의 進行과 더불어 上昇하고 同時に 그 溫度에 相當한 速度로 加黃反應이 進行한다. 그리하여 各 溫度에서의 加黃反應의 緩和가 全加黃狀態가 된다고 생각하는 것이다. 實際的으로는 100°C 以下の 溫度에서의 加黃은 無視하고 計算할 수 있다는 것이다. 五百藏¹⁸⁾의 計算例로서는 140°C 15分の 適正加黃時間의 SBR 카아본配合物(熱擴散率 0.0014cm²/sec)의 30mm 두께의 平板의 加黃은 34.5분이 된다.

熱擴散率은 配合고무의 充填劑配合處方에 主로 依存하고 또 加黃速度는 마찬가지로 加黃系의 處方에 依存하므로 實際로는 個個의 配合에 따라 最適加黃時間의 計算이 달라지게 된다. 其他 金屬 등의 插入物이 있는 경우에는 그것의 傳熱效果도 當然히 考慮하여야 한다.

두꺼운 製品의 加黃時間 短縮對策으로는

- 1) 加黃速度가 빠르고, 最適加黃狀態와 過加黃인 때에 物性的 差가 적은 平坦加黃系配合으로 한다.
 - 2) 中心部에 더욱 加黃이 빠른 고무를 넣는다.
 - 3) 스코오치않을 程度의 溫度로 豫熱한 配合고무를 넣는다.
- 등의 方法을 들 수 있다.

어떤 方法을 擇하던 最終的으로는 加黃製品의 各部分에서 試片을 採取하여 所定の 加黃狀態로 되어 있는 지를 確認하는 分解試驗을 行하여 加黃時間을 決定할 必要가 있다.

3.11.3 成形壓의 決定

前述한 바와같이 成形壓은 높을수록 좋다. 逆으로 成形壓이 不足한 경우에는 空氣溜止, 베어(bare) 등의 缺點外에 極端的인 경우에는 캐비티에 充分히 配合고무가 흐르지 않는 形態가 된다. 또 平板狀인 것일수록 그 形狀率關係로 같은 配合고무라도 높은 成形壓을 必要로 한다. 이러한 點을 감안하여 最低必要한 成形壓이 經驗的으로 決定된다.

또한 加黃中에는 반핑 등의 特別한 경우외에는 成形壓을 一定하게 維持하여야 한다.

3.12 離型

所定の 加黃時間을 經過하면 틀을 프레스에서 꺼내어 成形成品을 캐비티에서 離型한다. 이때 充填劑量이 많은 配合이나 合成고무系의 配合物에서는 高溫에서의 引裂強度가 大部分 작기 때문에 操心하여 다루지 않으면 加黃品을 損傷하여 不良이 되게 한다. 또한 插入物이 있는 경우에는 金型面을 상하지 않도록 注意하여야 한다.

특히 작은 製品으로 틀기가 적은 경우에는 離型이 困難할 때가 있다. 이때에는 逆으로 틀기를 利用하여 取出하기 쉽도록 하는 것도 하나의 方法이다.

離型한 加黃品은 普通 空氣中에서 放置하여 徐徐히 冷却하지만 特別한 경우에는 水中이나 冷空氣로 急冷却 때가 있다. 두꺼운 製品은 內部까지의 冷却에 時間이 걸리기 때문에 加黃後의 放冷中에도 殘留熱에 依한 後加黃이 進行하므로 放置條件도 서서히 할 수는 없다.

3.13 加黃品の 트라블과 그 原因

實際로 製品을 加黃하여 보면 여러 不適正한 現象에 부딪치게 되는데 個個의 경우에 이에 따른 여러 原因을 생각할 수 있는데 實際面에서는 그 現象과 原因의 結付를 잘 調査하여 이를 整理하여 두면 다음의 對策을 세울때에 많이 參考가 된다. 表 7은 NBR成形成品에 關한 不良現象과 그 主된 原因에 對한 對比表이다.¹⁹⁾

4. 其他의 프레스加黃

4.1 移送加黃

長尺의 벨트나 고무板 或은 複雑한 形狀의 押出成形成 配合고무 등 길이가 긴 製品을 加黃하는 경우, 한 臺의 프레스를 使用하여 一定한 單位길이(프레스의 熱板 또는 틀길이에 따라 決定된다)씩 順次的으로 押

表 7. 加黃造品の 不良現象과 原因¹⁹⁾

不良現象	原 因
flow mark	1. 生地成形成의 크기, 形狀의 不適正 2. 離型劑의 過多 3. 可塑劑의 不適正 4. 生地成形成品의 놓는 方法 不適正
融合不良	1. 配合고무의 스크오치 2. 配合고무가 더럽혀지거나 앞서 作業에서 남은 고무屑 3. 配合고무의 불르음 4. 生地成形成의 치수와 形狀의 不適正 5. 틀設計의 不適正 6. 離型劑의 過多 7. 生地成形成品의 놓는 方法 不適正
물집(blister)	1. 配合고무의 調製不良 2. 配合고무中の 水分 3. 配合고무의 分散不良 4. 成形成壓의 不足 5. 加黃不足
기 포	1. 틀設計의 不適正 2. 配合고무의 調製不良 3. 配合고무의 熟成不良 4. 可塑度의 不適正 5. 물딩사이클(반핑, 成形成 包含)의 不適正
불르음	1. 配合의 不適正 2. 加黃不足 3. 프레스溫도의 不均一 4. 틀의 過度한 冷却 5. 空氣에 依한 部分的冷却
形不足	1. 仕込重量不足 2. 生地成形成品의 놓는 方法 不適正
收縮과 變形	1. 配合고무의 스크오치 2. 加黃不足 3. 成形成壓不足 4. 生地成形成의 크기, 形狀의 不適正 5. 生地成形成品의 놓는 方法 不適正
porosity	1. 加黃不足 2. 配合고무中の 水分 3. 配合고무의 熟成不足 4. 配合고무의 分散不良 5. 仕込重量不足 6. 成形成壓不足
flashback (back rinding)	1. 틀設計의 不適正 2. 仕込重量의 過多 3. 加黃後의 틀開放壓力 不同

지나친 收縮

引 裂

4. 可塑度의 지나치게 낮은것
5. 配合고무의 스크오치
6. 加黃溫도가 너무 높은것
1. 原料고무의 素練不足
2. 配合고무의 裂成不足
3. 조금의 加黃不足
4. 生地成形成의 크기, 形狀의 不適正
5. 配合고무內의 壓力不足
6. 加黃溫도가 너무 높은것
1. 틀設計의 不適正
2. 過加黃
3. 離型劑 없는 것
4. 配合고무의 分散不良
5. 配合의 不適正
6. 離型時의 取扱不注意

기면서(送) 加黃하는 方法이다. 이 方法에서 特別 重要的 것은 먼저 加黃한 部分과 다음에 加黃하는 部分과의 境界이다. 이 境界가 過加黃이 되면 全體로서의 不均一한 性能을 나타낼 뿐아니라 製品의 品質低下의 原因이 된다.

配合으로서는 平担加黃性의 것을 擇할 必要가 있으나 設備로서도 熱板의 前後節에 水冷式의 冷却존(cooling end)을 設置한 프레스를 使用하고, 過加黃을 防止한다.

4.2 壓送成形成(트란스파成形成)

4.2.1 原 理

틀上部에 프란자를 갖는 注入室을 設置하고 여기에 配合고무를 넣어 프란자를 加壓하여 下部에 設置한 스프루, 注入口를 통하여 틀의 캐비티에 配合고무를 充填하여 成形成加黃하는 方法이다. 따라서 從來의 틀을 一部 改造하므로서 普通의 프레스로 이 方法을 利用할 수 있다. 또 特別히 프란자注入室만을 分離하여 다른 프레스에 固定하여 여러 틀에 注入하도록 한 專用機械(트란스파 프레스)도 利用된다. 그림 5는 포트(注入室을 갖는)式 틀의, 그림 6은 트란스파프레스와 組合하여 使用하는 틀의 一例이다.²⁰⁾

4.2.2 特 徵

이 方法은 壓縮成形成에 比하여 다음과 같은 特徵이 있다.

- 1) 生地成形成의 부담을 없앤다.
- 2) 注入室에 넣는 配合고무의 豫熱이 될 수 있을 뿐아니라, 注入時에 注入口, 스프루一部를 通過할 때 摩擦에 依한 發熱로 고무가 加熱되므로 特別히 두꺼운 製品의 경우에 實質의인 加黃時間을 短縮할 수 있다.
- 3) 複雑한 形狀의 것이라도 고무의 仕込時間이 짧다.

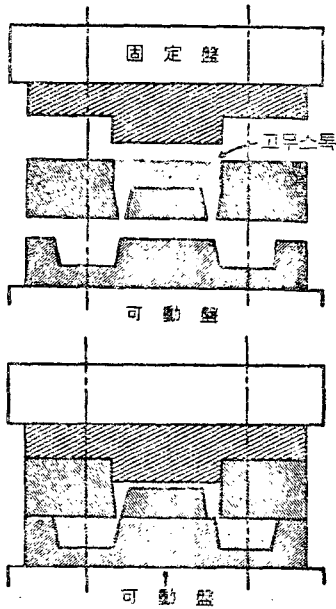


그림 5. 上部에 注入室을 갖는 틀에 의한 壓送成形²⁰⁾ (下段은 틀은 조인 狀態)

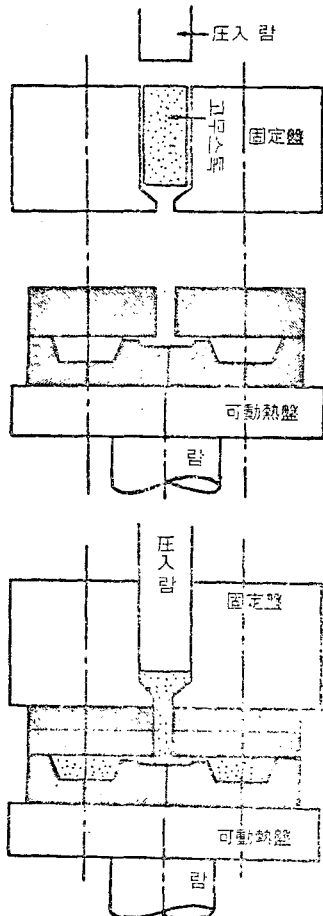


그림 6. 트랜스프레스에 의한 壓送成形²⁰⁾

4) 粘着性이 나쁜 고무等 生地成形에 問題가 있는 材料도 利用可能하다.

5) 閉鎖된 캐비티에 注入하므로 틀거가 적고 다듬의 끝손질도 簡便하다.

4.2.3 注意點

1) 스크오치하기 쉬운 配合고무, 加黃이 빠른 고무를 使用하면 注入中에 스크오치하고 加黃後에 融着不良의 原因이 되는 수가 있다.

2) 注入口의 位置, 數는 製品의 形狀, 用途 및 틀의 構造에 따라 定한다. 注入口가 하나이면 스크오치와 의 關係도 있고 效率의인 作業이 안되는 수가 있다.

3) 스프류의 크기는 配合고무의 發熱性, 注入速度와 關係가 있고 또 그 部分이 로스가 되므로 配合고무의 特性에 따라 合理的인 設計를 하여야 한다.

4) 挿入物이 있는 製品이던가 極端의으로 고무의 흐름이 나쁘게 되는 形狀이나 그런 곳이 있는 틀, 或은 異質의 配合고무와 組合하여 加黃하는 경우 等에는 미리 캐비티의 必要한 部分에 所要材料를 仕込한 다음에 主材料를 注入하도록 한다.

5) 密閉性이 좋은 틀은 注入完了되었는지 不明한 때가 있다. 트랜스프레스를 使用하여 多數의 틀에 注入하는 등 고무材料의 注入量을 미리 調整할 수 없을 때에는 틀의 充填이 가장 늦어지는 곳에 구멍을 만들어 놓으면 캐비티內의 空氣의 追出이 順調롭고 同時에 고무의 充填完了를 確認할 수 있어서 便利하다.

4.3 射出成型(인젝션成型)²¹⁾

4.3.1 原理

熱可塑性樹脂의 效率의인 成形方法을 고무의 成型加黃에 應用한 方法이다. 機械構造의 本質은 樹脂用의 것과 全然 다르지 않다. 그림 7²⁰⁾은 射出成形의 原理를 나타낸 것이다.

이 方法은 後述하는 바와같이 加黃時間이 短縮되고 省力化되어 極히 效率的인 作業이 되는 것이 特徵이다.

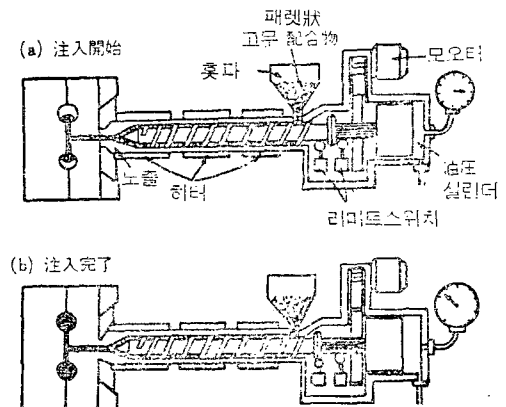


그림 7. 射出成形法의 原理圖²⁰⁾

그러나 成形機自體 및 틀製作費가 다른 加黃方法에 比하여 대단히 高價이고 따라서 初期費用이 엄청나서 多量生産型의 製品이 아니면 利用하기 困難하다.

한편 틀設計, 機械의 保守에는 다른 加黃方法에 比하여 相當히 高度의 機械的, 電氣的 知識이 要求될 뿐 아니라 配合設計와 고무의 加黃性 或은 고무의 프레스 加黃의 基本的 知識에 對하여도 幅넓은 充分한 經驗이 없으면 實際의 加工上의 問題點의 解決은 꽤 어렵다.

4.3.2 特徵

- 1) 使用하는 配合고무의 形狀은 리본狀 또는 페렛트狀으로서 좋으며 複雜한 生地成形이나 計量하는 번거로움이 省略된다.
- 2) 캐비티에의 配合고무의 仕込時間이 極히 짧고 또 簡單하다.
- 3) 豫熱, 可塑化, 射出注入의 段階에서의 加熱 및 스프류(sprue), 란너(runner), 노즐(nozzle), 게이트(gate) 등에서 일어나는 摩擦熱때문에 配合고무溫度가 높은 狀態로서 캐비티에 注入되므로 加熱時間이 짧고 두꺼운 製品도 内部까지 比較的 均一하게 加黃된다.
- 4) 다른 加黃方法보다 높은 加黃溫度를 擇할 수 있으므로 加黃時間이 더욱 短縮된다.
- 5) 密閉된 캐비티에 注入하므로 틀귀가 생기기 어렵고 끝손질도 쉽고 材料의 로스도 적다.
- 6) 豫備加塑化의 段階에서 脫氣되어 射出時에는 高壓이 걸리므로 製品内部에 空氣가 들어가는 일이 드물다.
- 7) 作業이 거의 自動的으로 進行하므로 製品이 고르게 나오고, 또 틀을 直接 손으로 取扱하는 일이 더물어서 作業員의 肉體勞動이 輕減된다.

8) 틀의 損傷이 적다.

4.3.3 問題點과 對策

- 1) 精度가 높은 硬質의 材料를 使用한 틀이 要求되므로 틀의 製作費가 많이 所要된다.
- 2) 射出過程에서 發熱이 따르게 되므로 加黃溫度, 스프류 란너 등의 構造와 配合自體의 스코오치성과의 關係를 注意하지 않으면 射出途中에 스코오치 때문에 成形이 힘들게 된다. 使用材料의 溫度, 加黃特性, 加黃溫度, 틀構造, 形狀等 各要素의 平衡이 이루어지지 않으면 이런 高價의 設備도 별 불일 없게 된다.
- 3) 簡單한 形狀의 경우는 別途로 하고, 複雜한 形狀의 경우 或은 小型製品의 多數個를 따는 캐비티가 있는 경우 등은 複數의 게이트를 갖도록 한다. 이때 스프류, 란너 或은 게이트構造에 對하여 充分히 檢討를 하여 注入되는 고무의 熱履歴, 發熱 등이 같은 條件이 되도록 設計한다. 틀의 設計에 따라 成形의 成否가 決定된다 하여도 過言은 아니다.
- 4) 한편 高溫 高速加黃이 主體가 되므로 캐비티内部에서의 高溫, 殘留空氣에 따라 스코오치를 일으켜 融

合不良現象 등이 생기기 쉽다. 따라서 캐비티의 適當한 部分에 미리 작은 공기구멍이나 融着不良部分의 모이는 곳을 만들어 두어서 加黃後에 그 部分을 除去하도록 하면 좋은 結果를 얻기 쉽다.

- 5) 極히 얇은 製品의 경우에는 스코오치를 일으켜 成形되지 않는 경우가 있다. 이 경우에는 틀을 조금 開放한 狀態로 所定量의 材料를 射出한 後 틀을 조여서 加黃하는 射出壓縮成形方法을 쓰면 成功하는 수가 있다.

5. 罐加黃

프레스에 依한 加黃에 對하여 오토그래이프와 같은 加黃罐의 内部에 生地成形한 配合고무를 넣어 蒸氣 또는 熱空氣, 溫水等을 使用하여 加黃하는 方法이다. 프레스加黃을 할 수 없는 大型製品(호오스, 롤, 라이닝), 고무管 등의 長尺物, 或은 신발類等 內型을 使用하여 加黃하는 製品等에 利用된다.

5.1 種類와 特徵

5.1.1 直接蒸氣加黃

加黃罐안에 生地成形한 配合고무를 넣고 直接水蒸氣를 吹込하여 그 熱과 壓力으로 加黃하는 方法이다. 도레인의 接着에 依하여 製品表面이 變色하는 수가 있으므로 製品의 外觀이 問題가 되는 경우는 利用할 수 없다. 다른 罐加黃에 比하여 溫度分布가 比較的 良好하므로 加黃時間이 短縮되고 設備費도 比較的 低廉하므로 널리 利用된다.

罐의 形狀으로는 縱型和 橫型이 있다. 罐内部에 넣는 配合고무의 生地成形品의 狀態에 따라 다음과 같이 分類된다.

- a. 裸加黃: 蒸氣加黃方法의 가장 標準인 것으로 라이닝 등의 製品에 適用된다. 生地成形된 고무와 水蒸氣가 直接 接觸하여 加黃된다.
- b. 卷加黃: 호오스, 롤等 圓形을 重視하는 경우에 利用되는 方法이고 生地成形한 다음 고무表面의 加黃時에 고무의 sag 등 變形을 防止하기 위하여 外部를 布 또는 로프등으로 감아서 加黃한다.
- c. 型加黃: 프레스에 들어가지 않는 大型製品, 에보나이트(ebonite)와 같이 加黃時間이 긴 것, 프레스加黃으로는 能率的이 아닌 틀製品에 利用된다. 틀內에 配合고무를 넣은 다음 틀을 볼트로서 조이고 罐안에 넣어서 加黃한다. 프레스機能과 罐加黃을 組合한 倍增機는 이 方法에서 發展한 것이라 할 수 있다. 또 호오스의 被鉛式加黃도 이에 屬한다.
- d. 粉加黃: 押出製品에 主로 利用된다. 押出成形된 고무를 加黃中の 變形을 防止하기 위하여 탈크, 炭酸칼슘 등의 粉體속에 묻어서 加黃한다. 普通 드레인에

依한 粉體의 濕氣를 防止하기 위하여 얇은 金屬製의 접시에 넣어 뚜껑을 덮는 빵 加黃方法이 많다. 이 方法으로는 加黃後에 加黃品의 表面에 附着한 粉體를 除去하기 위하여 水洗 또는 藥品處理를 하여야 한다.

- e. 熱湯加黃 : 물을 콕차게 넣은 容器안에 生地成形成品을 잠기게 하여 罐안에 넣어 加黃하는 方法 或은 蒸氣代身에 加壓加熱水를 使用하여 加黃하는 方法이다. 이 方法으로는 型틀림이 防止되고 壓力에 依하여 (porosity : 氣孔)의 發生이 抑制된다. 또 드레인, 粉體等으로 因하여 表面이 더럽혀지는 것이 防止되는 效果가 있다.

5.1.2 熱空氣加黃(間接加黃)²²⁾

加熱加壓한 空氣를 加黃罐속에 보내어, 或은 파이프, 자켓等を 配置하여 罐內를 加熱하여 加黃하는 方法이다. 主로 신발類의 加黃에 利用된다. 製品의 色彩에 鮮명한 것이 要求될 때에는 가장 알맞은 方法이지만 反面 空氣中の 酸素에 依하여 表面이 酸化하고 天然고무인 경우 表面이 粘着하는 수가 있다. 이를 防止하기 위하여는 窒素나 炭酸가스를 使用하는 方法이 있지만 高價이므로 實用性이 거의 없다. 또 直接蒸氣加黃에 比하여 熱效率이 나쁘고 罐內의 溫度分布가 벌어지는 缺點이 있다. 表 8은 CR카본配合으로 틀을 써서 一次 加黃을 한 다음 세가지의 方法으로 셋트加黃한 경우의 等價加黃時間의 比較例²³⁾이다.

5.5 問題點과 對策

- 1) 罐加黃의 경우는 틀加黃을 除하고는 프레스 틀加黃처럼 加黃과 同時에 成形成을 하는 것이 아니고 미리 所要의 製品形狀으로 生地成形成한 配合고무를 加黃한다. 따라서 加黃條件의 適否는 別途로 하더라도 製品의 外觀, 치수, 形狀等은 모두 生地成形成의 段階에서 決定된다. 특히 고무끼리 或은 고무—섬유, 금

表 8. 加黃方法에 依한 等價加黃時間의 比較²³⁾

[141°C×10min 셋트加黃後의 141°C에서의 追加加黃時間(min)]

프레스	直接蒸氣	熱空氣
20	23	48
30	34	69
40	45	78
50	58	81
60	72	—
70	85	—
80	100	—

네오프렌 GN 100, MT카본 100, 酸化막네슘 4, 酸化亞鉛 5, 軟化劑 7, 老化防止劑 2

속 등의 積層品에 있어서 積層間의 空氣의 殘留 挿入物의 溶接部分의 porosity나 殘留空氣等은 加黃中 부풀음의 原因이 되므로 事前에 充分히 체크하여 排除하도록 하여야 한다.

- 2) 加黃罐內부의 溫度分布가 고르도록 注意한다. 蒸氣, 空氣 등의 吹込口의 位置, 方向, 數도 溫度分布에 影響을 미친다. 또 製品에 直接 이들 氣體의 흐름이 부딪치지 않도록 칸막이 등에 對하여도 考慮할 必要가 있다.
- 3) 蒸氣加黃의 경우, 蒸氣壓만의 管理로서는 不充分하고 반드시 溫度管理를 할 것. 吹込하는 蒸氣의 濕度를 包含하여 罐內部에서 發生하는 드레인으로 內部 溫度는 飽和蒸氣壓이 나타내는 溫度와는 相當히 差가 있을 때가 많다.
- 4) 製品에는 可及的 드레인이 걸리지 않도록 또 드레인이 모이지 않도록 配置한다.
- 5) 生地成形成品은 原則으로 常溫의 것을 加黃罐속에 收容하여 熱罐媒體로 加熱해 간다. 罐內부의 溫度가 上昇하여 所定溫度에 到達하기 까지는 프레스加黃에 比해 相當히 長時間을 要한다. 恒常 같은 熱容量(比熱×重量)의 것을 加黃하는 경우는 關係없지만 大型의 工業用品처럼 個個마다 크기가 다른 것을 組立하여 加黃하는 경우에는 加黃마다 溫度上昇이 바뀌므로 段階加黃(rise vulcanization)을 하든가 製品 그 自體의 溫度가 測定될 수 있도록 研究할 必要가 있다.
- 6) 熱空氣加黃의 경우 急速히 高溫의 空氣를 送込하면 配合고무가 軟化되어 變形하기 쉽다. 또 急한 加黃進行關係로 發泡하여 內部에 porosity(氣孔)가 생기는 수가 많다. 따라서 製品의 두께에 따라 몇 段階로 나누어 一定 時間마다 溫度를 높혀가는 段階加黃이 바람직하다.
- 7) 熱空氣加黃에 쓰이는 空氣中の 먼지, 汚濁物, 特別 油分은 充分히 除去하지 않으면 製品表面에 附着하여 트라블의 原因이 된다.
- 8) 熱空氣加黃에서는 空氣中の 酸素에 依한 고무表面의 酸化가 일어난다. 加黃溫度가 높아질수록 이 傾向이 增加하고 또 壓力이 높아도 같은 現象이 된다. 그러므로 普通 150°C, 3kgf/cm² (約 0.3MPa) 이하와 같이 使用溫度, 壓力에 限度가 있다. 極端의 인 경우에는 火災의 原因이 된다.
- 9) 熱空氣加黃에서는 配合고무의 色調에 따라 特別 幅射熱에 對한 舉動이 바뀐다. 白色配合物과 黑色配合物과는 프레스加黃의 加黃特性이 같다고 할지라도 實際의 罐加黃에서의 加黃에 差異가 있다.
- 10) 加黃完了後에 罐內를 常壓으로 되돌릴 때 너무 急速히 減壓하면 特別 두꺼운製品인 경우 發泡하든가

부풀음 其他의 變形을 일으킬 수가 있다. 그러므로 自然放冷하던가 冷空氣를 바뀌어 넣어 溫度를 내려서 壓力을 낮추는 方法을 쓸 때가 많다.

- 11) 加黃罐의 뚜껑을 열 때 特히 蒸氣加黃의 경우 内部壓力의 殘溜에 充分히 注意한다. 壓力計만을 믿고 있으면 水分이 조금 殘溜하여도 생각지도 않던 事故가 생길 수도 있다.
- 12) 프레스加黃 以上으로 熱容量이 큰 製品을 取扱할 때가 많으므로 後加黃에 對한 考慮도 重要하다.
- 13) 加黃中에 發生하는 黃化素 때문에 加黃罐内の 腐蝕이 일어나므로 使用빈도에 따라 定期的으로 性能 構造等 自主點檢을 하여야 한다. 特히 에보나이트系의 製品의 加黃에 쓰이는 加黃罐은 이 點을 特히 留意하여야 한다.

6. 連續加黃

고무引布, 電線等の 長尺物製品의 效率의인 製造에 일찍부터 利用되어 온 方法이다. 連續加黃이란 未加黃 고무成形成品을 各其의 製品에 適合한 加黃裝置의 한쪽에서 넣어서 連續的으로 移動시켜 다른 쪽에서 順次로 加黃製品을 얻는 方法이라고 說明되고 있다.²⁴⁾ 現在로서는 창틀고무等 複雑한 形狀의 押出製品의 加黃에도 利用되는 여러가지 加黃裝置가 開發되어 있다. 어느것이나 押出機와 直結한 加黃裝置로써 設計된 것이 많고 분칠, 冷却工程等の 中間工程이 없으므로 에너지의으로도 有利하고 加黃所要時間이 짧고 加黃에 所要되는 勞力을 最低限으로 하는 特徵이 있다. 그러나 어느 裝置라도 比較의 넓은 場所가 要求되는 경우가 많다. 表 9는 代表的加黃方法의 比較例이다.²⁵⁾

6.1 種 類

6.1.1 連續熱空氣加黃

고무引布의 加黃으로 代表되는 方式으로서 最近에는 선발類에도 利用되고 있다. 熱空氣로 溫度를 一定하게 維持한 터널속을 成形成品(布)을 連續的으로 보내면서 加黃한다.

6.1.2 連續加黃프레스

로토크아라고도 불리는 方式으로 벨트板物의 連續加黃에 利用된다. 加熱된 加黃用드람과 스틸벨트 또는 金網의 사이에 板狀으로 生地成形成된 配合고무를 供給하여 加黃한다. 다른 加黃方法에 比하여 라인 速度가 느리고 生産성이 떨어지는 點에 問題가 있다고 한다.

6.1.3 連續蒸氣管加黃

主로 電線의 加黃에 쓰이는 方法으로 긴 加黃罐의 兩端을 特殊한 方法으로 쉘하고 한쪽에서 押出고무(電線)를 送込하고 다른 한쪽에서 取出하는 사이에 高壓

蒸氣에 依하여 加黃한다.

6.1.4 常壓連續加黃

眞空押出機와 各種의 加熱源의 開發과는 結付하여 設計된 裝置이다.

- a. LCM法 溶融金屬鹽이나 有機化合物을 高溫으로 保持한 槽中에 押出成形成品을 通過시키면서 加黃하는 것.

表 9. 連續加黃方法의 溫度, 速度, 熱效率對比表²⁵⁾
(標 準 作 業)

方 法	加黃裝置 의 길이 (m)	溫 度 (°C)	速 度 (m/min)	熱效率 (%)
LCM	10	230	10	70
流 動 床	10	180	5	15
高 周 波	5	250	16	3
熱 空 氣	100	130	10	12
高 壓 蒸 氣	50	200	200	—
헤리큐아	500	150	23	
로 토크 아 (rotocure)	2.3	180	3	

- b. 헤리큐아 LCM法의 一種이지만, 나선狀의 管中에 押出品을 熱媒體와 함께 加壓下에 흐르게 하면서 加黃하는 것.
- c. 流動床法 작은 徑의 글라스等の 球를 히터로 加熱하면서 空氣 窒素等の 氣體로 불이 올려 流動狀態로 하여 加黃하는 것.
- d. 高周波法 高周波電場內에서 고무가 發熱하는 現象을 利用한 方法으로 一般的으로 熱空氣法과 併用한다.

6.2 問題點

- 1) 加黃原則만을 생각하면 各其 프레스加黃 罐加黃과 같은 범주에 屬하는 것으로 前述의 여러 問題點에 關한 基本的注意가 要求된다.
- 2) 材料의 供給도 連續的으로 또한 均一하지 않으면 作業效率도 無意味하다.
- 3) 押出機에 依하여 고무材料를 供給하는 경우, 押出機에 裝填하는 素材의 可塑性加黃성이 不均質하게 된다면 問題點이 있으므로 고무材料의 混練, 熟成工程부터의 管理가 重要하다.
- 4) 機械的으로는 眞空押出機를 使用하지만, 配合面에서도 揮發性配合劑를 避하든가 가스吸收성의 것(例컨데 酸化칼슘)을 添加하는 등의 考慮도 重要하다.
- 5) 加黃中에 高溫高速으로 空氣와 接觸하므로 表面은 酸化하기 쉽다. 따라서 加黃後 高溫度에 長時間 曝露하는 것을 極力避하여야 한다. 또 加黃中의 變形

- 을防止하기 위하여 平坦加黃系의 配合를 選擇하는 것이 좋다.
- 6) 熱傳導도 重要한 要素이므로 같은 配合고무를 使用하여도 斷面의 尺寸形狀이 다른 경우에는 溫度, 速度等의 加黃條件을 바꿀 必要가 있다.
- 7) 加黃方法에 따라 表 9에 나타내는 바와같이 熱效率이 다르므로 이 點도 아울러 注意할 必要가 있다.

7. 結 言

以上 고무의 加工技術에 있어서 加工技術에 있어서 加黃에 對하여 叙述하였으나 프레스加黃에 偏重한 느낌이 있으며, 內容面에서도 不充分한 點도 있으리라 생각된다. 最近에 加黃設備에 있어서 效率의 提高, 進歩된 自動, 省力設備가 研究, 生産되고 있다. 그러나 이런 設備도 加黃 그 自體의 本質을 充分히 理解하지 않으면 使用에 支障이 있을 것이다.

마지막으로 고무의 加黃에 關한 興味 있는 意見¹⁹⁾을 紹介하면서 本稿를 맺겠다.

오늘날에도 問題가 일어나면 原料고무 탓으로 하든가 또는 配合處方을 바꾸는 傾向이 있다. 모든 添加黃의 問題를 配合를 바꿈으로서 是正하려는 處置는 經驗에 비추어 危險한 일이라 하겠다. 配合處方의 變更은 例컨데 獨特한 製品의 耐久度에 關하여 經驗이 貧弱하다든가 經驗이 없는 고무에 對하여 自己의 信望을 無理하게 連結하려는 것을 意味한다. 熟練된 技術者는 그 危險을 알고 있기 때문에 언제나 方法을 바꾸는 것과 設備를 考慮하고, 特殊한 生地로 加黃하는 어려움을 輕減시키고 있다. 이러한 考慮는 上述한 여러 要素에 對한 깊은 理解에 基한다 할 것이다.

〈本稿는 日本고무協會誌 第52卷(1979) 6,7月號 “加硫”를 翻譯한 것임을 附記한다.〉

引 用 文 獻

- 1) 日本ゴム協會編：ゴム用語辭典, 日本고무協會 p.52

- (1978)
- 2) 大北忠男：日ゴム協誌, 39, 323, (1966)
- 3) 樋口櫻五：日ゴム協誌, 39, 340, (1966)
- 4) 大北忠男外：日ゴム協誌, 39, 322~384, (1966)
- 5) 松工信孝：日ゴム協誌, 39, 337, (1966)
- 6) 久保田威夫等：日ゴム協誌, 29, 786, (1956)
- 7) 金子秀男：應用ゴム加工技術12講(中), 大成社(1959) p.152
- 8) 金子秀男：同上 p.48
- 9) 杉田清等：日ゴム協誌, 34, 40, (1961)
- 10) D.C. Thompson: 機械의 成型製品, E.I. Du Pont (日本語版社), (1955) p.8
- 11) Bayer, : Technical Notes for the Rubber Industry, No. 25, (1958) p.19
- 12) 金子東助：ゴム檢月報, No. 22, 10, (1959.6~7月號)
- 13) 金子秀男：應用고무物性論 16講, 日本ゴム協會(1965) p.159~161
- 14) D.C. Thompson: 機械의 成型製品, E.I. Du Pont (日本語版), (1955) p.56
- 15) 出下晋三：日ゴム協誌, 43, 684, (1970)
- 16) 日本ゴム協會編：新ゴム技術入門, (1975) p.300
- 17) 樋口櫻五：日ゴム協誌, 39, 342 (1966)
- 18) 五百蔵弘典：合成ゴム, 6, (No. 5) 51, (1964)
- 19) 森鐵之助：ゴム檢月報, No. 59, 5 (1963)
- 20) 旭化成合成ゴム技報, No. 5, (1967) p.6~8
- 21) 旭化成合成ゴム技報, No. 5, (1967). 佐武邦夫外：日ゴム協誌, 43, 730, (1970)
- 22) 河島順次：合成ゴム, 11, 16 (No.2), 45 (No. 3), (1969)
- 23) D.C. Thompson: 機械의 成型製品, E.I. Du Pont (日本語版), (1955) p.58
- 24) JIS K6200 ゴム用語
- 25) 金子秀男：日本ゴム協誌, 43, 701, 706 (1970)

<토막소식>

廢타이어의 再資源化

日本の Bridgestone Tire Co.와 Nihon Cement Co. 兩社는 廢타이어를 利用하여 燃料油와 시멘트의 原資材로 再活用化할 수 있는 새로운 技術을 開發하였다 함.

再活用化 技術開發의 內容을 보면, 廢타이어를 一定

크기로 切斷하고 이를 155°C의 溫度下에서 시멘트用 로우터리 킬른으로 燃燒시키면 Steel belted 타이어에서는 鐵分이 熔融되어 흘러나오며 나머지는 시멘트製造用原料로 使用한다고 함.

Nihon Cement社에 의하면, 同社는 現在 每月 시멘트生産用으로 45,000~50,000本(約 300톤)의 廢타이어가 消費되고 있음.

Elastomerics 111 #4 (1979)