

고무 密閉混合機의 充塡率

協 會 技 術 部

1. 序 言

Banbury mixer 를 비롯한 各種 密閉型 混合機가 普及됨으로써 고무 混合作業에서 主役을 맡아왔던 Open Roll 이 完全히 없게 되고 말았다. 이렇게 된데에는 여러가지의 理由가 있겠으나 主要한 몇가지만 들어보면 ① 生産性의 飛躍的인 向上, ② 環境 및 安全性의 改善, ③ 熟練工이 不必要하게 된 것 등을 생각할 수 있다. 특히 ③의 경우에 있어서는, 過去부터 “素練 3個月, 混合 3年”이라는 말이 있듯이 混合作業을 完全하게 習得하자면 적어도 3年 이란 歲月과 重勞動에 감내할 수 있는 強健한 體力을 要했던 Open roll 에 비해 훨씬 적은 熟練도와 가벼운 作業으로 混合고무를 얻을 수 있다는 것은 무엇보다도 큰 메리트라 아니할 수 없다. 그러나 이것은 어디까지나 일단 混合고무이고, 어떠한 고무나 配合에 대해서도 能率的이고 또한 分散도가 높은 고무로 만들어낸다는 것은 決코 容易한 일은 아니다.

또한 “素練 3個月, 混合 3年後에 Banbury mixer 5年”이라는 말도 있는데, 이처럼 mixing 作業이 重要하다는 것도 알 수 있다. mixing 作業에서 가장 留意해야 할 要因으로서는 다음 4 가지를 들 수 있다.

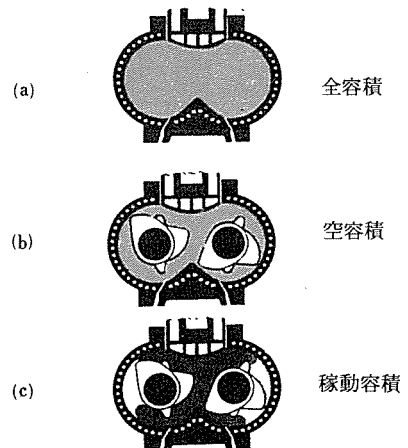
- ① Batch 重量(容量)
- ② 原料고무 및 配合劑의 投入順序
- ③ 各原料를 投入한 후의 實際 混合時間

④ 混合 Batch 의 放出溫度(時間)

이들 要因은 原料 및 配合劑의 投入設備, mixer 의 모터馬力, 로터의 回轉數와 形狀, 冷却效率, 램壓력과 混合機械의 設備諸元 및 配合處方에 따라 각각 다르게 詳細한 內容이 決定되는 것이다.

아무튼 이들이 重要한 因子에는 틀림 없으므로, 本稿에서는 첫째의 Batch 重量(容量)에 대해서 考察해 보고자 한다. Batch 重量은 實際的인 用語로서 現場에서는 專用되고 있으나, 多少 理論的인 것은 아니므로 여러가지 경우를 比較할 때에는 보통 充塡率(Fill Factor)을 採用하게 된다.

Wiedmann 은 그림 1(a)에 表示된 바와 같이



[그림 1] Wiedmann 의 容積分類

機種에 따라 内部空間이 確定되고 여기에 로터를 넣게 되면 로터를 除外한 나머지 空間이 空容積 (Empty Volume; 그림 1(b)의 灰色部分) 이 된다고 하였다. 이에 대해서 投入하는 材料의 容積, 즉 Batch 容積을 稼動容積 (Working Volume; 그림 1(c)의 淡黑色部分)이라 하였고, 이 두 容積의 比, 즉 稼動容積 (Batch 容積) / 空容積의 比를 充填率이라고 解析하였다. 약간 여담이긴 하나, 이 空容積은 물론 로터의 크기를 計算하면 나오게 되나, 現場에서 實測할 때에는 内部를 傷하지 않게 하기 위하여 나무부스러기를 사용하는 것이 가장 좋다고 한다.

2. 適正 充填率

카본을 비롯하여 各種 充填劑의 凝集體에는 반드시 空隙이 있다는 것은 잘 알고 있는 事實이다. 따라서 Mixing 作業이 시작되면 고무는 當然히 그 間隙으로 浸入하며 空氣를 逐出시키게 된다. 이것을 充填劑의 立場에서 본다면 고무속으로 混入되어 간다고 볼 수 있다. 물론 이때에 投入材料의 容積은 당연히 줄어들게 될 것이다. Palmegren은 典型的인 配合例에서 混入前後의 容積變化的 상태를 表 1에 表示하였다. 단, 이것은 11號型 Banbury mixer의 空容積 237ℓ에 대해 Batch 重量 188kg의 경우이다.

表 1에서 알 수 있는 바와 같이 投入時와 混入後의 充填率이 크게 다르다. 일반적으로 排出 고무의 容積으로부터 充填率을 算出하게 되나, 이것을 미리 어떻게 設定하느냐가 問題인데 이것은 現場技術者들의 技能에 달려 있다고 볼 수 있다. 주어진 고무나 配合表를 한번 본 다음 곧 適正 充填率을 決定하지 못한다면 專門인 技術者라고는 말할 수 없다고까지 하고 있다. 그러나 이것은 아무도 할 수 없는 것이기 때문에 正統적인 方法 (Orthodox)을 쓰지 않을 수 없다.

실제로 Batch 量이나 또는 適正 充填率을 定하자면 고무 配合에 따라 다르므로 結局 試行錯誤 方法 (trial and error method)이 가장 確實하다. 예컨대, 3號 Banbury mixer 라면 일단

目標가 50ℓ 이므로 먼저 이것을 混合해 본다. 만일 그것으로서는 結果가 좋지 않다면, 또는 分散이 不良하든가 하면 다시 重量을 測定하고 그것을 混合고무의 比重으로 나누어서 容積을 求한 다음, 거기에 따라서 適正한 充填率을 推定하면 된다는 것이다.

그렇다면 適正 充填率은 어느 정도일까. 表 1에서 推定할 수 있는 바와 같이 Palmegren은 70%로 보고 있으며, 이것은 “混合時의 torque, 溫度, 分散狀況 등으로 決定하나, 일반적으로는 混合時의 剪斷力과 發熱量이 큰 고무의 配合에서는 減少되고, 反對의 경우에는 增加한다”고 말하였다. 이것은 沖氏が 指適한 空容積의 거의 3분의 2 (66.7%)에 가까운 것이다. 대체로 이 정도가 標準이며 Bebris는 62%, 高次博氏は 75%, Perberg는 inter-mix 이긴 하나 80%를 指適하고 있다.

지금 단순히 生産能率面에서만 생각한다면, 1회의 混合時間이 같다고 하면 充填率이 클수록 混合된 고무량이 많아진다. 그러나 Palmegren에 의하면, 100%로 하지 않고 空間領域을 약간 남겨두는 것은 고무의 反動과 混合때문에 必要不可缺한 處置이다. Craver는 “適正量보다 많은 量을 投入하면, 그 일부는 mixer의 入口部分까지 擴 차서 分散이 잘 되지 않아 均一한 混合고무를 얻기 어려우며, 反對로 適正量보다 적으면 1회의 混合량이 적어지므로 效率이 低

Mixing 作業에서의 고무 및 配合劑의

容積變化

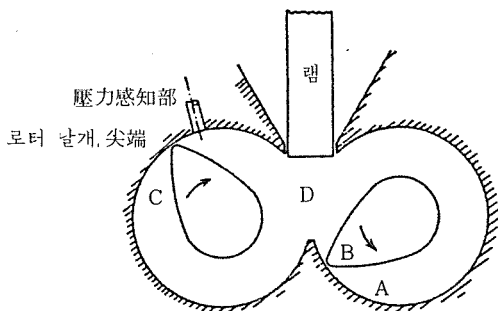
(表 1)

配合劑	容 積 ℓ		
	配合量	投入時	混入後
SBR	100	103.2	103.2
HAF	60	153	32
프로세스油	25	26.4	26.4
酸化亞鉛	5	12	0.9
스테아린酸	1.5	4	1.6
老化防止劑	2	5	1.6
總 容 積		303.6	165.7
充 填 率		128%	70%

下되고 混合 코스트가 上昇된다”고 말하였다. 結局 Perberg 의 主張과 같이 “適正 充塡率이란 混合 사이클이 가장 짧고, 또한 Batch 間의 品質이 均一할 때의 充塡率”이라고 할 수 있다.

3. Mixing 作業에 미치는 空間領域의 影響

充塡率이 100%가 아닌 경우에는 當然히 密閉機 内部에는 投入材料로 充滿되지 않은 空間領域(그림 1(c)에 表示된 密閉機內的 白色部分)이 存在하게 되며, 이것이 適正 充塡率의 理由를 잘 說明해 주고 있는 것으로 생각된다. Freakley 는 그림 2 와 같은 透明 플라스틱製 브라벤더 플라스틱 그래프를 開發하였다. 그림에 表示된 바와 같이 서로 反對方向으로 回轉하는 두 개의 Roll 이 있고, 左肩部에는 内部壓力(엄밀하게 말하면 法線應力)을 測定하는 感知裝置가 設置되어 있다. 液狀 실리콘 고무를 넣고 Roll 回轉 中의 流動 상태를 高速攝影함으로써 過去不可能視되었던 密閉混合機의 内部狀況을 肉眼으로 볼 수 있도록 하여 興味를 끌었다. Freakley 에 의하면 回轉中에 로터 날개 後面領域(그림 2 의 C 領域)에는 空間이 생기고, 이 空間의 크기는 充塡率에 따라 의당히 다르다고 한다. 또 그는 充塡率이 100%인 경우에도 이 空間이 조금은 생기게 되나, 그 外의 領域에서는 확실한 層流가 나타나고 있어 亂流가 일어나기 어려우므로 充塡劑의 分散이 잘 되지 않을 것으로 推定하고 있다.

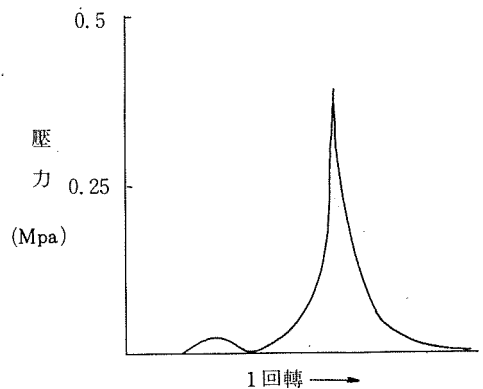


(그림 2) Freakley 의 試驗 Brabender 의 側面圖

따라서 充塡劑를 70%나 또는 50%로 낮추어 감에 따라 空間領域이 커지게 되어 롤링運動이 일어나는 것을 觀察할 수 있었다고 한다. 그는 이 運動에 의해 充塡劑의 分散이 促進될 것이라고 말하였다. 또 그는 高速度攝影으로 로터 날개 끝을 通過한 후 남은 고무는 内壁에 Sheet 狀으로 附着되어 있으나, 空間領域이 存在하면 内壁으로부터 떨어져 나가는 것을 알 수 있었다. 이 Sheet 狀 고무는 彈性에 의해 다시 접혀져서 流動하고 있는 고무 속으로 들어가는데, 이것도 또한 混合에 有效한 것으로 推定하고 있다.

Freakley 는 그림 2 에 表示된 D 領域에서 두 가지 作用이 일어난다는 것을 생각하고 있다. 그 중 하나는 投入된 配合劑가 여기서 고무 속으로 들어가게 될 것이며, 또 하나는 한쪽 체임버 內에 있는 材料의 一部가 反對側의 체임버 內로 밀리는 作用이다. 充塡率 100%인 경우에는 이와같은 움직임이 거의 觀察되지 않았다. 그러나 70%의 경우에는 램의 下部에 添加한 顏料가 곧 그림 2 의 A 領域으로 移行되어 로터 날개에 의해서 分散된다는 것을 알게 되었다고 한다.

앞에서 說明한 바와 같이 그는 左側 체임버의 肩部에 있는 게이지에 의해 로터의 回轉에 따른 壓力變化를 알게 되었다. 充塡劑 50%, 70%, 100%인 경우의 壓力變化를 보면 각각 그림 3, 4, 5 에 圖示된 것과 같다. 그림에 표시된 形狀



(그림 3) 充塡率 50%인 경우, 로터 回轉에 의한 壓力의 變化

은 많은 機械的 因子의 影響을 받으므로 正確하다고는 말할 수 없으나, 다음과 같은 推定을 할 수 있다.

① 로터 날개 尖端이 壓力感知部를 通過할 때 最高의 壓力值가 된다.

② 로터 날개 尖端이 壓力感知部를 통과하면 壓力이 低下됨을 알 수 있으나, 실제로 低下되는 것보다는 그 傾向이 훨씬 緩慢하다.

以上은 透明 Banbury mixer 를 製作하여 같은 實驗을 試圖한 研究所에서도 確認되었다고 한다.

Freakley 는 그림 3,4,5에 表示된 曲線의 모양이 모두 非對稱인 것은 주로 稼動中에 일어나는 로터軸 方向의 混合作用에 기인되는 것이라고 推定하고 있다. 그림 3의 充填率 50%인 경우의 壓力의 피크는 낮으며, 그 높이는 每回轉마다 일정하지 않으나, 이것은 로터 날개 前面領域(그림 2의 A 部分, 鎌狀領域)의 고무가 非連續로 充分하지 못하다는 것을 말해주는 것이다. 또 왼쪽 山이 극히 작은 것은 軸方向의 混合作用이 거의 일어나지 않고 있기 때문인 것으로 推定된다.

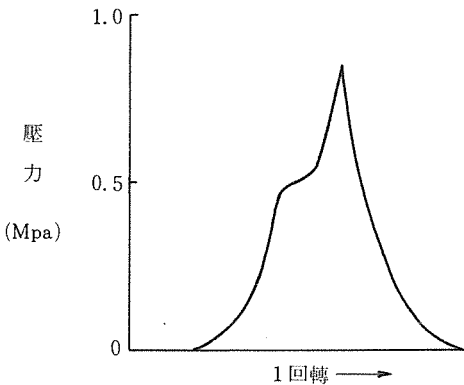
充填率 70%인 경우(그림 4)는 壓力이 상당히 높고 로터 날개 前面領域에 고무가 存在하며 混合作用이 일어나고 있음을 알 수 있다. 그러나 이 肩部의 높이 自體는 混合作用보다는 오히려 고무의 粘彈性 性質의 한 要素, 즉 와이젠베르

그 效果에 기인된 것으로 생각된다. 그리고 左側 肩部가 높고, 右側이 아주 낮은 것은 로터 날개 끝을 通過한 고무가 空間領域으로 移行하기 위한 壓力差가 크다는 것을 나타낸 것이라고 하였다.

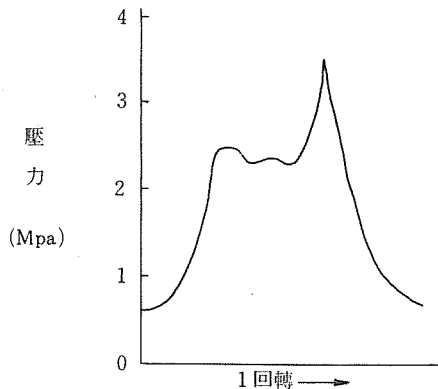
그림 5와 같이 充填率 100%인 경우는 内部 壓力이 점점 높아지나 空間領域이 잘 생기지 않으므로 70%인 경우와 같은 흐름은 일어나지 않을 것으로 推定된다고 하며, 左側 肩部의 높이는 주로 와이젠베르그 效果에 의한 것이고, 두 개의 突出部가 나타난 것은 로터의 디자인에 의한 것이라고 생각하고 있다.

以上과 같은 내용은 여러가지 面을 示唆하고 있으나, 어쨌든 液狀 실리콘 고무를 混合한데 지나지 않으며, Mixing 作業과는 直接的인 關係가 없다. Bebris 는 Mixing 作業에 미치는 램壓의 影響을 檢討한 結果, 作業初期에는 고무량이 充分히 存在하여 처음으로 램壓의 效果가 있다는 것을 알았다. 沖氏는 이에 대한 補充說明에서 “充填率이 낮으면 이러한 램壓의 效果가 없어지고 고무가 미끄러져(分散에 필요한 高剪斷力이 발생하지 않으므로) 混合分散에 要하는 時間이 길어진다”고 말하였다.

以上으로 密閉機內的 空間領域은 너무 크거나 또는 너무 작아도 안되며 結局 適正한 量이어야 되며 이것이 適正 充填率과 결부되는 것으로 생각된다.



[그림 4] 充填率 70%인 경우, 로터 回轉에 의한 壓力의 變化



[그림 5] 充填率 100%인 경우, 로터 回轉에 의한 壓力의 變化

4. 充填率의 決定

Mixing 作業에 있어서 適正한 充填率을 求하는 것이 얼마나 重要한가는 지금까지 說明한 바에 의해 充分히 알 수 있으리라고 본다. 그러나 그것을 決定하는데 있어서는 考慮해야 할 點이 적지 않다. 예컨대, 正木達雄氏는 現場作業者의 立場에서 다음과 같이 말하고 있다. “適正充填率인 경우에는 Mixing 사이클이 끝날 시점에서 Floating weight 가 스트로크의 終端 또는 終端에서 조금 위의 位置에서 上下運動을 한다 (Dancing Ram 이라고도 한다).

앞에서 說明한 바와 같이 充填率은 排出고무의 容積을 基準으로 하여 算出하는 것이나, Mixing 初期의 作業에 대해서는 적당하지 않은 경우가 많다. 예컨대, 카본블랙의 配合量이 적은 경우, 排出時의 充填率 70%인 材料를 投入하게 되면 고무의 比率이 많아져, Mixing 作業 初期에 Ram 을 밀어올릴 念慮가 있다. 이와같은 경우는 부득이 고무를 후에 分割投入하지 않으면 안된다. 그러므로 結局 分散時間이 길어지게 되므로 처음부터 그보다 조금 낮은 充填率을 택하는 것이 훨씬 더 有利하다.

Wiedmann 은 램壓이 同一한 경우, 高彈性 고무일수록 로터 날개 後面領域(그림 2의 C 部分)에 고무를 밀어넣기가 困難하므로 充填率을 낮추지 않으면 안된다고 말하고 있다. 『Banbury mixer 作業의 電力 프로파일』(本誌 82. 11~12月號 掲載)에서 “IIR 뿐만 아니라 일반적으로 끈기가 적은 고무에 있어서는 보통의 고무에 비해 充填率(Fill Factor)을 약간 높이지 않으면 Mixing 作業이 잘 이루어지지 않는다는 것은 經驗上 잘 알려져 있다”고 하였으나, 별도로 그 理由에 대해서는 말하지 않았다. 그런데, Wiedmann 에 의하면 끈기가 없는 고무는 高充填率 이 가능하기 때문이라고 한다. 그렇다면 위에서 說明한 Craver 가 示唆한 것과 같은 램 바로 밀에, 즉 Dead spot 에 滯留된 고무는 쉽게 流動되지 않고 全體로서의 均一分散이 늦어지는 것은 否定할 수 없다.

『Banbury mixer 作業의 電力 프로파일』에서는 密閉混合機에서의 Mixing 作業 狀況을 그 所要電力과 時間과의 關係曲線, 즉 電力 차트를 통하여 알 수 있는 方法을 說明하였다. 그리고 充填劑 投入時부터 圖表에 나타난 제 2 피크까지의 時間을 BIT (Black Incorporation Time) 라 하며, Mixing 作業의 難易度를 알 수 있는 指標로서 널리 쓰이고 있다는 것을 紹介하였다. Dizon 은 Banbury 試驗機를 써서 SBR/BR 블렌드 고무에 各種 카본을 混合하여 제 2 피크 時點에서 排出한 고무 속에 未分散 카본이 어느 정도 남아 있는가를 살펴 보았다. 그 結果는 表 2 와 같다.

이 表에 의해서 Batch 의 充填率이 카본의 分散效率에 미치는 影響이 얼마나 큰가를 알 수가 있다. 그 중에서도 表面積이 큰, 즉 分散되기 어려운 카본은 그 影響이 특히 크다는 것을 알 수 있다. 한편 表面積이 작은 카본은 充填率 70%이든, 75%이든 크게 變하지 않는 것 같다. 充填率이 分散에 크게 影響을 미치는 것은 오직 카본블랙뿐 아니라 Grove 에 의하면 프로피온酸 處理 및 그것을 또 패렛트化한 酸化亞鉛에서도 나타난다고 한다. Wiedmann 은 充填率 이 너무 낮으면 充填劑는 混入하였으나 分散이 不充分한 狀態로 고무를 破碎되어 램壓의 影響으로 달아나 버릴 念慮가 많다고 한다.

分散效率에 미치는 充填率의 影響

(表 2)

카본 블랙	窒素 吸着量 (hm^3/kg)	沃素 吸着量 (g/kg)	루스카본量(%)	
			充填率 (70%)	充填率 (75%)
HV-2894	6.3	67	0.0	8.2
N-351	7.3	68	0.0	3.3
N-330	7.6	84	1.6	4.1
N-347	9.5	93	1.7	10.9
N-339	9.8	92	0.7	7.8
N-375	10.2	92	1.1	8.2
N-220	12.0	119	1.75	9.9
HV-2049	12.4	118	2.8	11.1
N-234	12.4	118	2.9	19.1
N-121	12.8	121	3.3	17.0

5. WP Internal Mixer 의 充填率

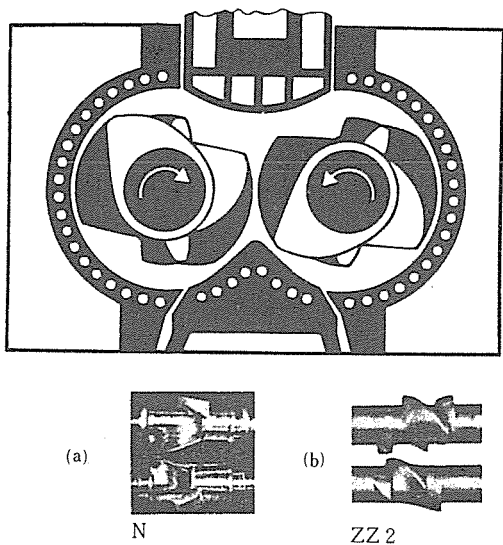
最近 生産能率至上主義의 美國式 고무技術에 대해, 能率面보다는 質을 重視하는 유럽型 고무技術을 再評價하는 傾向이 많다. 이러한 傾向은 美國市場에 Michelin 타이어가 많이 進出하면서부터 한층 뚜렷히 나타났다. 이것을 混合技術面에서 보면, 英國 Shaw 社의 인터믹서 및 西獨 Werner & Pfleiderer 社의 WP 型 인터널 믹서에 대한 再評價라고 볼 수 있다. 그 중에서도 前者는 이미 많이 紹介된 것이므로, 本稿에

서는 주로 後者에 대해 說明하고자 한다.

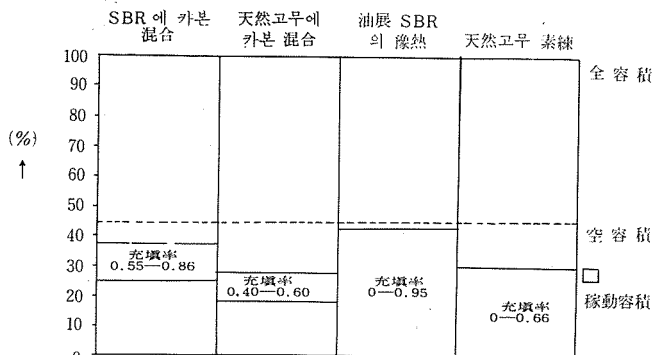
同社의 Wiedmann 은 모양이 다른 30種의 로터 중 6種을 擇하여 檢討하였으나, 여기서는 그림 6(a)의 標準型 N 과 (b)의 ZZ 2 型을 살펴보기로 한다. 前者는 로터 中央部에 평평하고 짧은 날개를 가진 로터로서 이것이 回轉하면 고무가 兩側面에서 中心方向으로 移動하게 된다. 이와 反對로 ZZ 2 型에서는 고무가 中心部에서 兩側面으로 흘러가는 機構로 되어 있다.

그림 1에 表示된 바와 같이 그는 機種에 따라 確定되는 内部空間容積 a , 여기에 로터를 넣었을 경우 殘餘空間의 空容積 b , 投入材料가 차지하는 容積인 稼動容積 c 로 나누고, c/b 를 充填率이라고 定義하였다. 다른 경우에 있어서 稼動容積이란 材料가 그 容積範圍 內에서만 適正한 Mixing 作業이 이루어질 수 있다는 것이다. 그리고 ZZ 2 型을 써서 고무 및 Mixing 作業의 種類에 따른 稼動容積, 즉 適正 充填率의 範圍를 求해보면 그림 7과 같다. 이 그림에서 Mixing 作業에 있어서의 適正 充填率의 幅은 상당히 좁다는 것을 알 수 있다.

그는 ZZ 2 型으로 SBR 1509 에 카본블랙 N 220을 混合할 경우 充填率이 미치는 影響을 調査하였다. 먼저 作業의 指標로 分散度, (input) 에너지比 및 生産量을 擇하였다. 이 分散度는 그림 8에 表示된 試料의 電氣抵抗度에 관한 測定值으로써 알 수 있다. 그림의 橫軸은 抵抗度の 逆數의 對數이고, 縱軸은 分散도를 나타내고 있다. 橫軸의 數字가 작을수록 카본 分散이 잘 되



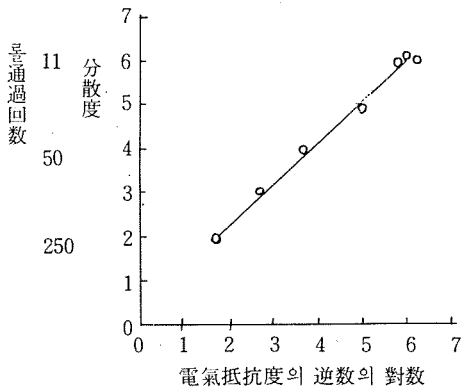
[그림 6] WP 型 Internal Mixer 의 側面圖 및 로터 形狀



[그림 7] 고무 및 混合作業의 種類와 充填率의 關係

는 것이므로, 縱軸의 數字는 작을수록 分散性이 좋다는 것을 의미한다. 이 曲線下의 面積은 Mixing 作業에 要하는 에너지라고 볼 수 있다. 그는 이것을 排出 고무의 Batch 重量으로 나눈 값을 (input) 비에너지라고 하였다. 生産量이란 排出된 Batch 고무량을, 混合에 所要된 時間으로 나눈 값이다. 그는 縱軸을 分散度, 左橫軸을 비에너지, 右橫軸을 充塡率로 각각 정하여 그림 9 와 같이 表示하였다.

그림에 나타난 3 曲線은 램의 上昇·下降 및 材料의 投入時間 등을 1 分으로 하고, 또 混合時間을 充塡率에 따라 設定했을 때의 理論的 生産量을 表示한다. 그리고 各 排出溫度를 記入하

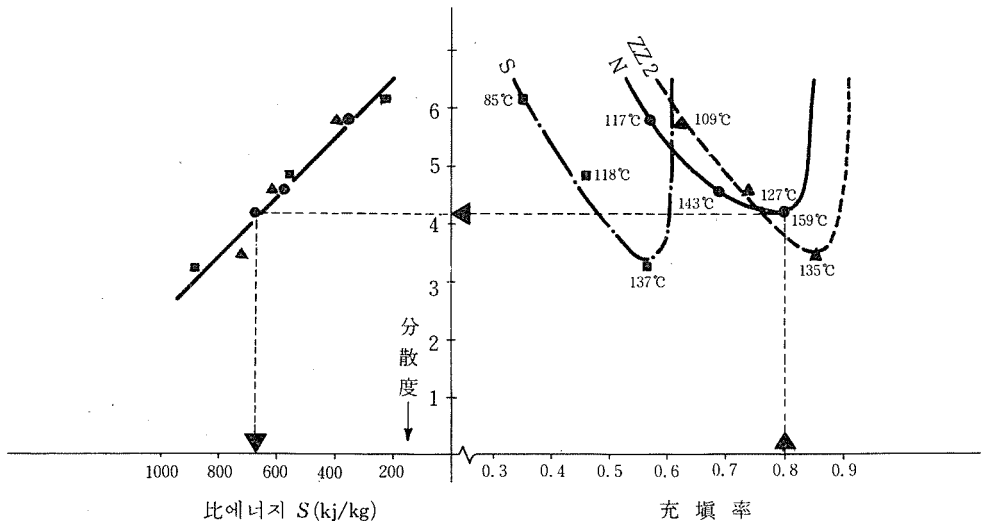


[그림 8] 分散度(SBR에 Corax 6, 카본 48phr 混合) (西獨 Degussa 製品의 ISAF)

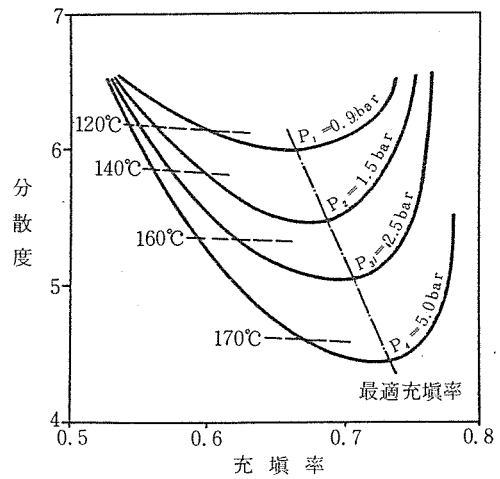
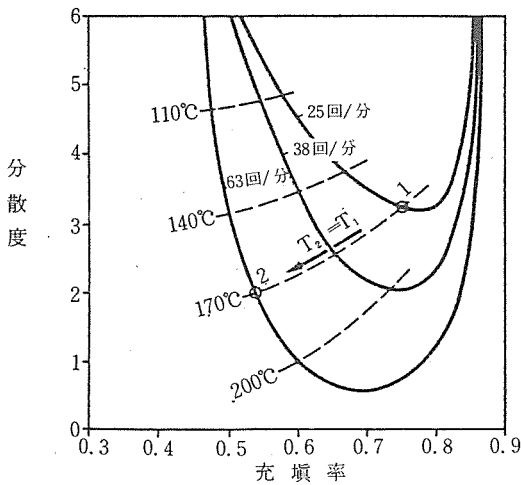
고 또 그것을 連結하였다. 이 그림에서 等排出溫度의 경우, 充塡率이 增加됨에 따라 生産量은 상당히 增加되나, 分散度는 別로 低下되지 않음을 알 수 있다. 그는 모든 파라미터 중 비에너지가 分散도와 제일 密接한 關係에 있다고 하였다.

다음에 N 型으로 SBR 1551 에 역시 똑같은 카본 N 220 을 混合했을 경우, 分散度 및 排出溫度에 미치는 充塡率과 로터 回轉速度와의 關係를 보면 그림 10 과 같다. 同一한 回轉速度에 있어서는 分散도에 대한 最適充塡率이 存在하고 그것을 超過하게 되면 急激히 低下된다는 것을 알 수 있다. 그는 아마도 材料의 일부가 램의 neck 部로 들어가기 때문이라고 推定하고 있다. 또 排出溫度는 充塡率과 함께 上昇하게 되나, 이것은 充塡率이 增加하게 되면 材料가 체임버 内壁에 粘着되기 쉽기 때문이라고 생각된다. 排出溫度를 일정하게 유지할 경우에는, 回轉速度를 높이든가 또는 充塡率을 내리든가 하면 分散도는 向上된다. 또 充塡率을 너무 낮추게 되면 混合고무가 内壁에 붙기 쉽고, 또 投入이나 排出에 要하는 소위 'Idle time' (不必要한 時間)이 全混合時間에서 차지하는 比率이 크게 되어 生産성이 低下된다.

그림 11은 똑같이 N 型을 使用하여 램壓의 影

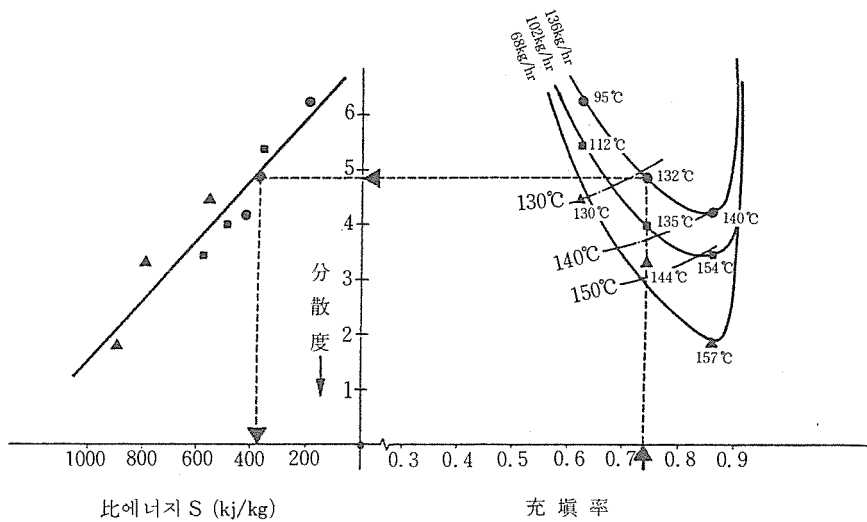


[그림 9] 分散度, 排出溫度, 비에너지에 미치는 充塡率 및 混合時間의 影響



(그림 10) 分散도와 排出溫度에 미치는 充填率과 로터 回轉速度의 影響

(그림 11) 分散도와 排出溫度에 미치는 充填率과 램 壓의 影響



(그림 12) 充填率, 分散度 및 比에너지에 미치는 로터 形狀의 影響

響을 알아본 것이다. 이 그림에서 램 壓이 높아질수록 最適充填率이 上昇됨을 알 수 있다. 한편, 溫度의 影響은 별로 없는 것 같다.

끝으로 그는 이 두 가지 型과 인터믹스 S 型에 대해서 各 파라미터를 比較해 보았다(그림 12). 어느 것이나 SBR 1509/N 220의 組合으로 生産

量 68kg/時間, 回轉數 26회/分이다. 이 그림에서 인터믹스 S 型의 適正充填率은 N 型이나 ZZ 2 型에 비해 매우 작다는 것을 알 수 있다. 또 S 型의 경우는 排出溫度가 N 型에 비해 낮다. 이와 같은 것은 그 構造上으로도 잘 알 수 있을 것이라고 한다.