

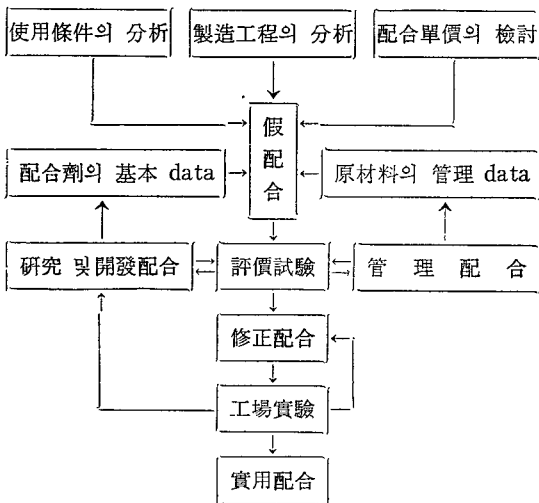
### 配合設計(Ⅲ)

## 配合의 設計方法

編輯部

#### 4. 配合의 設計方法

고무製品에 있어서의 配合設計의 要點은 製品性能과 加工性能의 平衡에 있다고 序頭에 記述하였지만, 所謂 實用配合에서는 그 밖에 製品의 品質에 相應하는 價格或은 價格에 相應하는 品質의 設定이란 것을 考慮하지 않으면 안된다. 이와같은 觀點에서 實用配合의 設計, 檢討方法을 圖式으로 表示하면 아래와 같다.



#### 4.1 製品性能, 製品의 使用條件의 分析

加黃고무의 一般의 性能으로서는 引張強度, 引張應力, 伸張率, 硬度, 引裂強度, 耐摩耗性, 耐屈曲龜裂性, 耐壓縮永久收縮率, 反撥彈性, 耐熱性, 耐寒性, 耐候性, 耐老蝕性, 耐油性, 耐藥品性, 電氣絕緣性, 接着性等의

많은 性質이 있다. 이들 모든 性質을 滿足시키는 優秀한 고무製品을 만든다는 것은 不可能한 것이므로 그 製品이 使用되는 場所, 條件 使用에 견디는 壽命 등에서 必要한 性質을 選擇抽出하여 이에 適合한 原料고무, 配合劑를 選定한다. 그러기 위하여는 使用者, 販賣擔當者 및 配合設計者의 三者가 充分한 討議와 條件의 檢討가 不可缺이다.

#### 4.2 加工性能, 製造工程의 分析

配合의 加工性能을 알기 爲하여는 製造工程의 分析이 必須의이다. 고무製品의 加工은 大體로 그림 1처럼 行하여진다. 製造工程의 分析은 各其의 工程에서 行하여지지 않으면 안되지만, 그러기 위하여는 單純히 使用하는 設備를 알 뿐만아니라 實際로 이것을 使用하여 그 習性을 깊이 알고 있는 作業者의 協力을 얻지 않으면 안된다.

製造工程으로 보아 配合設計를 考慮할 點은 大體로 다음과 같다.

- 1) 混練의 難易性, 混練時間, 分散不良, 色相의 不調和等의 與否
- 2) 作業者의 獨特한 習慣等에 따른 品質變動의 有無
- 3) 스크오치性, 貯藏安定性, 再使用의 사이클,
- 4) 폴리머블렌드의 狀態
- 5) 成形性(押出特性, 칼렌더性, 溶解性, 糊引性, 粘着性, 블르음等)
- 6) 加黃性能, 스라브레스트와 製品과의 關聯性, 工場의 加黃사이클에의 適合 與否
- 7) 特別한 加工機械, 器具의 必要有無, 從來의 設備로 加工이 되는지의 與否
- 8) 實驗에 使用한 材料는 工場生産에 들어간 경우에

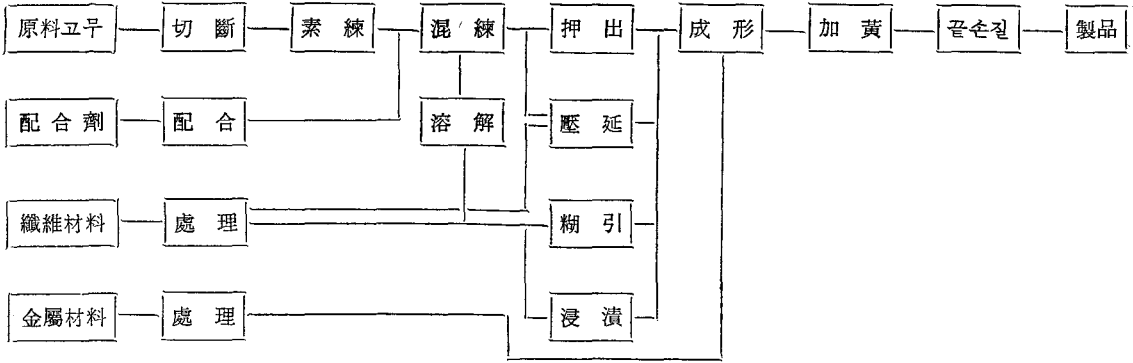


그림 1. 고무제품의 加工工程

도 均質한 材料를 必要量 購入할 수 있는지의 與否  
9) 使用하는 材料의 安定性等

이 밖에도 加工性能上 注意하지 않으면 안될 點이 많이 있을지 要는 配合設計者, 製造技術者, 現場作業者에 依한 三位一體의 協力體制가 必須條件이다. 試驗의 結果로 뛰어난 配合이 이루어져도 一旦 生産을 하기 始作하면 問題가 續出하는 경우가 흔히 있는데 이것은 거의가 現場에서의 加工性能을 充分히 檢討하지 않았다 하여도 過言은 아니다.

### 4.3 配合單價의 檢討

製品의 品質에 알맞는 價格을 設定한 境遇, 그 價格에 對한 配合코스트는 어떻게 생각할 것인가 이 問題는 極히 重要한 點을 갖고 있다. 即 製品코스트에 미치는 配合의 影響은 單純히 處方上의 材料費만으로 決定되는 것이 아니고 材料의 管理, 製造工程에 미치는 影響(加工性能) 로스의 多少等 綜合的으로 判斷하지 않으면 안된다. 單純히 製品性能이 基準以上이면 配合單價는 廉價일수록 바람직하다는 것만으로는 解決되지 않는다. 資材, 原價計算, 配合, 製造, 販賣의 各擔當者의 協力이 必要하다.

### 4.4 基本配合

軟質加黃고무를 만드는 경우에 特定의 고무에 對한 特定의 配合劑, 或은 고무의 基本的인 性能을 滿足시키기 爲하여 必要한 配合劑를 넣은 配合을 그 고무의 基本配合, 或은 基礎配合이라고 부르는 것은 既述한 바와 같다. 이 基本配合이 모든 配合設計의 出發點이고 基本配合을 基礎로 하여 많은 實用配合, 即 工場에서 生産되는 配合이 誘導된다.

天然고무의 경우에는 補強劑를 加하지 않는 純고무 配合을 指稱하지만 一般의 合成고무의 경우에는 純고무 配合으로는 力學的強度가 작고 實用性이 없으므로 카아본補強配合 或은 白色充填劑補強配合을 基本配合으로 하고 있다. 基本配合에 關하여는 ASTM의 規格

配合, 폴리머製造業者의 카달로그配合이 있으나 이에 拘碍받을 必要는 없다. 오히려 고무製品 製造業者 스스로가 自社의 製品, 製造工程에 알맞는 基本配合을 採用하는 것이 바람직하다. 새로운 種類의 合成고무이면 別個問題이나 從來 價用되고 있는 合成고무의 配合設計는 自社의 蓄積된 技術에서 이루어진 基本配合을 바탕으로 配合設計하는 것이 無理하지 않고 또한 能率的이다.

### 4.5 配合設計의 要點

配合方法에 對하여 本稿의 最初에 記述한 바와같이 使用條件, 製造工程의 分析, 配合單價의 檢討를 거쳐 假配合을 設定하지만, 이 境遇 一般的으로 原料고무의 選擇→加黃系의 選擇→充填劑, 軟化劑, 可塑劑의 選擇→老化防止劑의 選擇의 順序로 設定을 進行하는 것이 가장 正統的인 方法이다.

#### 4.5.1 原料고무의 選擇

고무製品의 性能은 使用하는 原料고무에 依하여 大體로 決定되는바, 配合에 있어서 原料고무의 比重은 大端히 크다. 原料고무의 種類는 極히 많고 또 같은

表 4. 天然고무의 基本配合

	純고무 配合	HAF 配合	無 黃 配合
RSS #3	100	100	100
酸化亞鉛	3	5	5
스테아르酸	2	3	3
HAF black	—	50	50
老化防止劑 PBNA	1	1	1
아르마틱油	—	3	3
黃	2.5	2.5	—
加黃促進劑 MBTS	0.7	0.7	—
加黃促進劑 TMTD	—	—	3
計	109.2	165.2	165.0
加黃條件	138°C× 60min	138°C× 60min	138°C× 60min

表 5. SBR의 基本配合(카아본 블랙 配合)

	SBR 1500	SBR 1712	다프렌 1000R	솔프렌 1204
SBR 1500	100	—	—	—
SBR 1712	—	137.5	—	—
다프렌 1000R	—	—	100	—
솔프렌 1204	—	—	—	100
酸化亞鉛	3	3	3	3
스테아르산	2	2	2	2
HAF 블랙	50	50	50	50
프로세스油	4	—	5	5
黃	2	2	1.8	1.8
加黃促進劑 CBS	1	1	1	1
計	162.0	195.5	162.8	162.8
加黃條件	145°C×60min	145°C×60min	140°C×60min	140°C×60min

種類的 原料고무일지라도 共重合組成비가 다르거나 粘度가 다른 것, 汚染성이나 非汚染성 등의 區別이 있고 더욱 嚴密히 따지면 카달로그에서도 同一하다는 原料고무도 製造會社에 따라, 또는 製造곳트에 따라 加工性能에 있어서 差異가 있으므로 原料고무의 選擇에 充分한 注意가 必要하다.

4.5.2 配合劑의 選擇

配合劑의 選擇에 있어서 注意할 것은 이 配合劑 即 配合藥品은 그 內容에 있어서 相當한 差異가 있다는 點이다. 加黃促進劑나 老化防止劑等 化學組成이 明確한 것은 且置하고, 다른 藥品 即 例를 들면 고무用 스테아르산은 混合脂肪酸이고, 決코 純粹한 스테아르산은 아니다. 팔미틴산이나 올레인산이 相當히 混合되어 있다. 또 酸化亞鉛이나 리타아지 등의 金屬酸化物도 製法에 따라 不純物의 混入도 많으며, 카아본블랙도 例外的 不是하다. 클레이種類도 產地에 따른 差, 製法의 差가 極히 크고 곳트에 따른 差異도 있어 使用에 있어서 細心한 注意를 要한다.

a. 加黃系의 選擇

配合設計上 가장 基本的인 것은 加黃系의 選擇이다. 加黃系는 그 配合의 生命이라고 하여도 過言은 아니다. 加黃고무의 彈性的인 性能, 各種의 耐性, 그리고 加工性能에 큰 影響을 미친다. 特別 極端的인 物性이 要求되는 用途에는 極端的인 加黃系의 選擇이 強要되고 加工性能과의 均衡이 問題가 된다. 두터운 製品(厚物)에서는 平坦加黃이 必須的이다.

b. 充填劑, 可塑劑, 軟化劑의 選擇

이들 配合劑에 對하여는 加黃고무의 初期物性 뿐 아니라 使用條件에 있어서의 耐성에 重點을 두어야 할 것이다. 耐알카리성이 要求될 때에는 실리카系의 充填劑, 耐酸性을 必要로 하는 것에는 炭酸鹽系의 充填劑

가 使用될 수 없고 耐熱用途에 耐寒可塑劑의 使用은 揮發性的 點에서 바람직하지 못하다. 고무製品이 기름이나 有機溶劑에 接觸하게 되는 경우가 있을 때에는 特別 可塑劑나 軟化劑의 抽出에 操心하여야 한다.

c. 老化防止劑의 選擇

單獨으로 使用되기 보다는 各種이 組合되어 使用되는 경우가 많은데 그 相乘效果에 對하여는 반드시 明確하지는 않다. 公開資料의 大部分은 靜的인 實驗結果에 비롯한 데이터이고 動的의 疲勞에 關한 것은 적으므로 이 點 注意하기 바란다. 液體에 接觸하는 用途에 있어서는 溶出에 注意할 것이고 또 다른 配合藥品과의 加黃中의 反應에도 留意할 必要가 있다. 汚染性은 그 製品 自體에 그치지 않고 接觸한 것의 移行 汚染을 일으킨다.

d. 폴리머블렌드

共加黃시키거나 또는 單純히 配合劑로서 混合하느냐에 따라 그 取扱은 相當히 달라진다. 폴리머 끼리의 相溶性, 配合劑, 特別 加黃系와 充填劑의 分配는 共加黃고무를 만들 때의 重要課題이고, 動的用途에 使用될 때에는 미리 實用試驗을 하는 것이 必須的이다.

4.5.3 特定性能을 갖게하는 材料의 選擇

基本配合를 發展시켜 實用配合에 이르는 過程에서 特別 性能別로 原料고무와 配合劑와의 關係에 對하여 檢討하여 보기로 한다.

a. 硬度

JIS A 硬度로 40~90의 範圍에서 잘 쓰이는 硬度의 豫想法를 紹介한다.

1) 原料고무 100phr의 基本硬度

極高 NBR	46
NBR, CR, CSM	44
NR, cold SBR, BR, CIIR	40
hot SBR	37
IIR	35
油展(25phr) SBR	31
油展(37.5phr) SBR	26

2) 充填劑, 軟化劑의 添加部數(phr)에 依한 硬度變化

FEF, HAF, 찬넬블랙	+1/2
ISAF	+1/2에 2를 加한다.
SAF	+1/2에 2를 加한다.
SRF	+1/3
含水실리카	+1/2.5
MT, FT, 하이드 클레이	+1/4
炭酸칼슘	+1/6
表面處理된 炭酸칼슘	+1/7
미네랄 라바	-1/5
에스테르系 可塑劑	-1/1.5

파라핀, 나프텐油 -1/2  
아르마틱油 -1/1.7

3) 基本硬度+配合劑添加部×硬度變化=豫想硬度

上記의 豫想法은 大體의인 基準이고 加黃系나 活性劑의 添加에 따라 若干의 差異가 생긴다.

加黃物의 硬도를 높이는에는 上記의 +의 配合劑外에 하이스티렌레진, 페놀樹脂等이 있고 黃加黃配合의 경우에는 가장 基本的인 方法으로는 黃의 增量이 있다. 硬도를 낮추는에는 大量의 可塑劑나 軟化劑를 使用하지 않을 때에는 팩티스와의 併用을 推奨한다.

b. 引張強度를 높인다.

NR, CSM, 우레탄고무가 좋다. 粒子徑의 작은 카아본블랙, 微粉실리카, 하이스티렌樹脂를 加한다.

c. 伸張率을 크게 한다.

CR, NR, IIR等을 使用하여, 表面處理炭酸칼슘, 樹脂等을 加한다. 카아본 配合에서는 粒子徑이 큰 카아본을 加하고 고무 含有量을 많도록 한다.

d. 引張應力을 높인다.

NR, NBR, 우레탄고무를 使用하고, 炭酸마그네슘, 消石灰를 加한다. 카아본配合의 경우에는 粒子徑이 작은, 스트럭처의 높은 것을 多量으로 加하고 促進劑는 MBT, MBTB와 DPG 또는 아민系 促進劑와의 併用이나 CBS, OBS等이 좋고 黃量 또는 促進劑量을 많도록 한다.

e. 發熱을 작게 하고 耐疲勞性을 增加시킨다.

NR, BR을 使用하고, 充填劑, 軟化劑를 적게 하고 고무含有量을 높인다. 充填劑는 FT, SRF等 粒子徑이 크고 스트럭처의 낮은 것, 促進劑는 티아졸酸 티우람類가 좋다.

f. 耐屈曲龜裂性

NR, CR, CSM, IIR을 使用하고, 屈曲龜裂防止劑, 파라핀을 加한다. 充填劑는 可及的 적게 加하고, 黃은 조금 많을程度로 하며, 適正加黃이 되도록 留意한다. 促進劑는 MBT, MBTS가 좋다.

g. 耐摩耗性

NR, SBR, BR, 우레탄고무를 使用하며 粒子徑이 작고 스트럭처가 높은 카아본 블랙을 使用한다. 淡色配合에서는 실리카系, 하이스티렌樹脂가 좋다.

h. 彈性, 壓縮永久變形

NR, BR, 우레탄고무를 使用하고 고무分을 많도록 한다. 카아본블랙은 粒子徑이 크고 스트럭처의 낮은 것을 加한다.

i. 耐熱性

CSM, IIR, EPM, EPDM 아크릴고무, 실리콘고무, 弗素고무를 使用한다. CR, NBR 等の 디엔系고무를 耐熱化함에 있어서는 一般的으로 低黃 또는 無黃配合를 하고 酸化亞鉛을 多量으로 配合한다. 耐熱老化防止

劑는 必須的이다. 軟化劑는 高分子量이고 高精度의 것이 좋다.

j. 耐寒性

NR, BR, IIR 실리콘고무等 二次轉移點이 낮고 結晶化速度가 늦는 것이 좋다. 耐寒可塑劑로 二次轉移點을 낮추는 것도 有效하다.

k. 耐오존性, 日光龜裂性

CR, EPM, EPDM, CSM, IIR, 실리콘고무, 弗素고무를 使用한다. 오존龜裂防止劑, 마이크로 크리스탈 린왁스가 좋다.

l. 耐油性

CR, NBR, 실리콘고무, 폴리술퍼이드고무를 使用한다. 特殊配合劑로서 실리카와, 팩티스가 使用된다.

m. 耐水性

NR, SBR(#1503), IIR, BR, EPM, EPDM이 좋다. 리타아지, 리트론, 파라핀을 加한다. 含水실리카는 좋지 않다.

n. 耐藥品性

IIR, CSM, 실리콘고무, 弗素고무를 使用하고 藥品에 侵蝕되지 않는 配合劑를 使用한다. IIR의 耐性은 폴리머 그 自體의 耐性보다 藥品의 浸透速度가 늦기 때문이다.

o. 電氣絕緣性

NR, SBR, IIR, EPM, EPDM을 使用하고 極性고무, 極性配合劑의 使用은 極力 避한다. 充填劑는 미스트론페이퍼 등의 微粉탈크가 좋다.

p. 導電性

CR, NBR을 使用하고 아세틸렌 블랙 등의 導電性카아본블랙을 加한다. 無機充填劑는 粒子가 작은 것이 좋다. 高導電性 카아본블랙을 使用하면 非極性고무로 體積固有抵抗 10~10<sup>2</sup>ohm·cm程度의 것도 얻을 수 있다.

q. 觸感을 좋게 한다.

NR을 使用하고 팩티스, 表面處理炭酸칼슘 왁스 미네랄 라버를 加한다.

r. 透明度를 좋게 한다.

NR을 使用하고 炭酸마그네슘을 加한다. 黃, 促進劑의 量을 적게 하고 加黃促進劑로는 透明酸化亞鉛(亞鉛華)을 使用한다.

s. 鮮明色

酸化亞鉛, 리트론, 티탄等を 配合하고, 着色劑를 加한다. 充填劑는 鉛分과 같이 加黃함으로써 暗色(PBS)을 나타내는 不純物이 없는 것을 使用하고, 促進劑나 老化防止劑等도 非汚染性的의 것을 選擇하여야 하고 原料고무의 汚染性에도 注意를 要한다.

t. 블르음防止

黃이나 老化防止劑等を 고무의 溶解度 以上 加하자

않는다. 黃 代身에 발카, Sulfasan R 등의 多黃化物이 불르음이 적다.

u. 서리끼(frosting) 防止

加黃고무를 溫氣가 있는 곳에 두면 오존의 作用에 의하여 고무表面이 光澤이 없어져 마치 서릿발이 내린 것처럼 뿌옇게 되는 수가 있다. 이것은 配合劑中の 無機物質이 오존과 水分의 作用으로 고무表面에 酸化生成物을 만들기 때문이라고 한다. 加黃不足이 되지 않게 適正加黃系의 選擇과 파라핀을 加하면 좋다.

v. 接着性

NR, CR을 使用하고 쿠마론인덴樹脂, 페놀樹脂等을 加한다.

4.6 實用配合

前述의 基本配合을 基礎로 하여 製品의 用途와 目的에 應하여 物性を 改善하든가 加工性能을 改良하든가 原價節減等の 目的으로 基本配合과는 다른 處方을 한 것. 即 基本配合에 適當한 配合劑를 加하여 工場生産에 適合하도록 措處한 것을 實用配合이라고 부르는데 이 實用配合으로써 具備하여야 할 要件을 揭記하면 다

음과 같다.

- 1) 經濟的인 配合單價이어야 한다.
- 2) 加工性에 있어서 安定되고 安全性이 있을 것
- 3) 製品이 되었을 때 均質의 配合일 것
- 4) 物性が 規格値를 完全히 滿足시키는 保證이 있을 것
- 5) 外觀 觸感 流行性等の 商品價値가 있을 것
- 6) 다른製品에의 轉用等 融通性있는 配合일 것 등이다.

4.7 配合單價를 求하는 方法

配合單價에는 重量單價(weight cost)와 容積單價(volume cost)가 있으나 고무製品은 一般的으로 重量보다도 容積單位로 去來되는 경우가 많으므로 容積單價가 오히려 重要하다. 따라서 原料고무의 比重, 配合劑의 比重이 單價에 크게 影響을 미치게 된다. 重量單價가 廉價이더라도 比重이 크면 容積單價가 오히려 높아진다.

配合單價 및 比重을 求하는 方法을 表 6에 나타낸다 (表 4의 天然고무의 HAF基本配合)

表 6. 配合單價, 比重의 計算例

	配合重量 (w)	比 重 (d)	kg當單價 (a)	容積(v=w/d)	價格(c=w×a)
RSS #3	100	0.93	850원	107.53	85,000원
酸化亞鉛	5	5.60	520	0.89	2,600
스테아르酸	3	0.84	480	3.57	1,440
HAF 블랙	50	1.82	310	27.47	1,550
老化防止劑 PBNA	1	1.18	3,000	0.85	3,000
아르마틱油	3	1.01	200	2.92	600
黃	2.5	2.03	100	1.23	250
加黃促進劑 MBTS	0.2	1.50	2,500	0.47	500
計	165.2			144.98	94,940

$$\text{比 重} = \frac{W\text{의 合計}}{V\text{의 合計}} = 1.14$$

$$\text{重量單價} = \frac{C\text{의 合計}}{W\text{의 合計}} = 574.7\text{원/kg}$$

$$\text{容積單價} = \frac{C\text{의 合計}}{V\text{의 合計}} = 654.9\text{원/l}$$

5. 結 論

Vanderbilt Handbook의 舊版에 配合의 不可思議에 對하여 다음과 같이 쓰여 있다.

- 1) 研究室에서 滿足되는 結果가 얻어진 配合이 반드시 現場에서 滿足할 結果가 얻어지는 것이 아니다.
- 2) 어떤 group의 作業員이 하면 滿足되는 結果가 다른 group의 作業員에 시키면 좋은 結果를 얻을 수 없을 때도 있다.

3) 어떤 工場에서 滿足되는 結果가 얻어진 配合은 다른 工場에서 하면 반드시 같은 結果가 나타난다고 斷定할 수 없다.

4) 오랫동안 使用되어 온 配合이 갑자기 トラブル을 일으키기도 하고 또한 갑자기 사라지는 경우도 있다.

이와같이 配合이란 神秘한 것이라 하여도 過言은 아니다.

實際로 使用되고 있는 配合에는 그 會社의 傳統이라 할까 歷史란 것이 있어서 A社에는 A社 獨自의 配合이 있고, B社에는 B社의 獨特한 配合이 있다는 것을 無視할 수는 없을 것이다.

이것이 實用配合의 참된 모습이라 할 수 있겠다.

(끝)