

〈技術資料〉

白
奉
基
〈本會技術部長〉

Nitrile 및 Polyacrylate 고무

- 1. 序 論
- 2. Nitrile 고무

- a. 歷 史
- b. Nitrile 고무란 ?
- c. Nitrile 고무의 製法
- d. 種類 및 用途
- e. Nitrile 고무의 耐油性
- f. 原料고무의 固有因子
- g. 配 合
- h. 最近의 開發

- 3. Polyacrylate 고무

- a. 序 論
- b. 歷 史
- c. 種類 및 製法
- d. 原料고무의 性質
- e. 加黃體의 性質
- f. 用 途
- g. 配 合 劑
- h. 加 黃
- i. Tempering
- j. 加 工
- k. 特殊用途에 대한 配合

- 4. 將來展望

3. Polyacrylate

a. 序 論

不飽和고무를 加黃할 때 不飽和二重結合 30 中에 約 1이 硫黃과 結合해서 軟質의 加黃고무를 生成시킨다. 萬一 大部分의 二重結合에 反應되었다면 生成된 고무

는 硬質로 될 것이다. 硫黃과 고무의 反應은 促進劑를 通하여 300 乃至 320°F에서 5 乃至 15 分內에서 일어난다.

現在 走行하고 있는 自動車들은 이 溫度에 近接하고 있는 實情이므로 不飽和고무를 劣化시키는 두가지 문제 가 일어난다. 卽,

1) 이 溫度는 一般的으로 기름의 安定溫度를 넘어 선 것이기 때문에 기름의 劣化를 防止하기 爲해서 기름의 添加劑가 必要하게 된다. 이들 기름은 高溫에서 기름과 接觸하고 있는 고무表面에 加黃作用을 일으켜서 硬質고무를 生成시키게 하는 活性硫黃을 含有하고 있는 수가 많다.

2) 硫黃과 마찬가지로 不飽和고무를 過氧化物로 架橋 또는 加黃시킬 수 있으므로 기름 및 고무와 接觸하고 있는 空氣는 類似한 고무表面의 劣化를 일으켜서 硫化現象이 나타난다. 酸素가 存在하는 限 350°F 以上の 溫度에서는 使用中 이들 고무의 劣化는 거의 不可避한 現象이다.

이와 같은 아주 深刻한 難點을 解決하기 爲해서 Polyacrylate 고무가 開發된 것이다. 이 고무의 加黃機構는 餘他 모든 고무와 아주 相異하며 明白히 判明되지 않고 있다.

그러나 고무의 殘留不飽和結合이 없는 限 硫黃이나 酸素에 依해서 劣化되지 아니 한다. 一般的으로 Polyacrylate 고무는 Nitrile고무보다 50 乃至 100°F 가 더 높은 溫度에서는 大端히 有用하다. 그러나 Polyacrylate 고무의 가장 獨特한 性質은 350°F 以上の 溫度에서 含有된 硫黃기름에 견디는 能力이다.

b. 歷 史

純粹한 Polyacrylate고무는 1940年 初盤에 美國의 B. F. Goodrich社에 依해서 最初로 開發되었다.

美國政府의 農務省東部地域研究室 및 Akron 大學校의 政府研究室에서 變性 Polyacrylate고무의 開發에 着手하였으며 이것이 이른바 "Lactoprene EV" 및 "Lactoprene BN"으로 呼稱되고 있는 것이다. 變性 Polyacrylate 고무 및 純粹 Polyacrylate 고무는 1948年 B. F. Goodrich社에 依해서 製造販賣되었다. 이 製品의 商品名은 "Hycar PA" 및 "Hycar PA-21"이다.

c. 種類 및 製法

Lactoprene EV 型인 Hycar 4021 (舊呼稱 PA-21)은 純粹 Polyacrylate 고무에 對하여 몇가지 利點을 賦與하고 있는 것으로 알려져 있으며 高溫油에 對하여 抵抗性을 必要로하는 目的으로 오늘날 產業界에서 使用되고 있는 型이다. Lactoprene BN 型의 經驗의인

Butyle acrylate 고무도 亦是 B. F. Goodrich 社에 依해서 生産되고 있다.

Hycar 4021 은 乳濁重合을 거쳐 라텍스狀으로 만든 것으로 이것을 凝固, 水洗, 乾燥시켜 板狀으로 만든다.

d. 原料고무의 性質

Hycar 4021 은 白色板狀으로서 比重은 約 1.1 이다. 相當히 長期間 貯藏해도 劣化를 일으키지 아니 한다.

이 고무는 冷流(Cold flow)를 일으키는 傾向이 있으나 熱에 對해서 아주 安定성이 좋고 300°F 에서 두 時間 또는 3 個月間 放置해도 變色 또는 硬化現象이 일어나지 아니 한다. 天然고무와는 달리 加熱 및 冷却期間中 Nerve 의 性質이 없어 지지는 아니 한다.

e. 加黃體의 性質

Polyacrylate 고무의 加黃體는 다음과 같은 性質을 가지고 있다.

- 1) -10 乃至 +400°F 의 溫度範圍에서 耐熱性を 갖고 있다.
- 2) 普通溫度 및 若干 높은 溫度에서 酸化에 對하여 強한 抵抗性を 가지고 있다.
- 3) 耐屈曲성이 優秀하다.
- 4) 日光褪色에 對하여 抵抗성이 優秀하다.
- 5) 優秀한 오존抵抗性.
- 6) 기름에서의 膨潤 및 劣化에 對한 抵抗성이 優秀한데 特別히 高溫에서의 硫黃이 生成되는 기름에서 그 機能이 強하다.
- 7) 여러가지 氣體의 透過性에 對한 抵抗성을 가지고 있다.
- 8) 白色 또는 빛이 옅고 아름다운 파스텔(Pastel) 風의 빛을 恒久的으로 保存하는 性質을 가지고 있다.
- 9) 物理的 性質은 다음과 같다.

引張強度	500~2400 psi
伸張率	100~400%
硬度(Durometer A)	40~90

Hycar 4021 은 Methanol 또는 Ethylene glycol 과 같이 水溶性 物質이나 물, 水蒸氣와 接觸되는 곳에서는 使用하지 못한다.

Polyacrylate 고무는 알카리 媒體에서 分解되고 酸溶液에 依하여 膨潤된다.

Polyacrylate 고무의 特性은 高溫에서 潤滑油에 對하여 抵抗力을 가지고 있는 것이다.

Butyle acrylate 고무에서와 같이 Ester 基의 型態를 變形시키므로 耐水性 및 低溫屈曲성이 改良되지만 全般的인 耐熱性 및 耐油性이 相當히 희생된다.

f. 用 途

Polyacrylate 고무는 耐熱 및 耐油性이 優秀하기 때문에 기름호오스, 自動車가스켓, 서어치라이트가스켓 및 O-링에 널리 使用되고 있으며 特別히 含硫黃油, 高壓潤滑油에 접촉하는 벨트, 탱크라이닝, 白色 또는 파스텔색의 製品, 시멘트 및 천(布)의 라텍스被覆 目的에 利用된다.

Polyacrylate 고무는 傳動실(Transimssion)과 같은 自動車部分品에 一般的으로 많이 쓰인다.

이와 같은 用途에서는 보다 작고 가벼운 무게와 動率의인 傳動을 必要하기 때문에 相當히 높은 溫度에 부딪치게 된다. 높은 物理的 性質 및 優秀한 壓縮 Set 를 兼備한 Polyacrylate 고무의 優秀한 高溫抵抗性 때문에 이와 같은 目的에 當然히 쓰인다.

g. 配 合 劑

Polyacrylate 고무는 化學적으로 飽和되었기 때문에 架橋 또는 加黃이 化學적으로 不飽和된 普通고무와 같은 方法으로는 行하여 지지 아니 한다.

그러나 이와 같은 熱可塑性고무는 熱可塑性으로 부터 熱硬化性 또는 加黃體로 轉移시키는 어떤 工程에 敏感하다.

이와 같은 飽和性質때문에 普通고무와 一般的으로 잘 使用되는 老化防止劑는 Polyacrylate 고무에는 必要로 하지 않는다.

加黃劑: Polyacrylate 고무는 Amine 系 加黃劑에 依해서 加黃된다. 即,

Trimene 베이스로 된 Triethylenetetramine 및 Tetraethylenepentamine 이 가장 널리 쓰인다. 이들 중 後者は 가장 活性이 強하다. 硫黃 및 硫黃生成油은 加黃遲延劑로서, 그리고 老化防止劑로서의 作用을 한다. 이와 같은 物質이 存在하면 高溫油 및 熱老化에 對하여 引張強度 伸張率 및 硬도를 一定狀態로 維持시키는 데 큰 도움을 준다.

必要로 하는 老化性質은 Amine 및 硫黃의 效果를 잘 利用하여 均衡을 取하므로써 얻어 질 수 있다.

硫黃의 效果란 熱老化에 對하여 硬도를 낮추는 것이고 Amine 의 效果란 硬도를 上昇시키는 것인 以上 그 比는 特殊用途에 맞도록 하기 위해서는 달라질 수 있다.

Benzothiazole disulfide mercaptbenzothiazole 및 Tetramethylthiuram disulfide 와 같은 硫黃生成物質은 이와 類似한 作用을 하지만 그 效果는 아주 相異하다.

正常的인 加黃系에서는 2 乃至 4 部の Trimene 베이스의 促進劑와 0 乃至 1 部の 硫黃이 必要하다. 이와

同一한 狀態의 加黃을 爲해서는 1 乃至 2 部の TETA 나 TEPA 가 必要하다. 一般의으로 1 乃至 2 部の 硫黃生成促進劑는 TETA 및 TEPA 가 使用된다.

Trimene 배이스 및 TETA 兩者中 어느 하나를 擇하는 問題는 問題中 用途의 必要한 壓縮 Set 에 따라 決定된다.

必要한 壓縮 Set 를 얻기 爲해서는 300°F 에서 12 乃至 24 時間 熱空氣老化해서 加黃된 것을 調節할 必要가 있다. 이렇게 하면 212°F 에서 壓縮 Set 를 80% 까지 切感할 수 있다. 調整工程을 지금은 널리 利用되고 있다. 後述하는 다른 性質을 희생시키지 않고서는 壓縮 Set 의 改善을 期待할 수 없다.

補強劑는 SBR 에서와 같이 카아본블랙 및 白色無機充填劑와 같은 補強劑는 適切한 物理的 性質을 賦與하는데 必要하다. 그러나 이들 配合劑의 選定問題보다 훨씬 더 重要한 것이다.

元來의 性質이 酸性을 나타내고 있는 補強劑는 鹽基性을 나타내고 있는 加黃系에 甚한 干涉을 나타내므로 반드시 避해야 한다. 그러므로 中性 또는 鹽基性配合劑를 使用해야 한다. 亞鉛華, 클레이(粘土) 및 Channel black 을 一般의으로 쓰지않는 것이 좋다. 萬一 酸性 補強劑를 使用하면 過量의 加黃劑를 使用해야 할 것이다.

가장 效果의인 補強性 카아본블랙은 SAF, FEF 및 HAF 이다. 이들 補強劑는 가장 優秀한 物理的 및 老化性質을 고무에 賦與한다.

Channel black 은 이의 遲延性 作用을 利用해야 할 特殊目的에 間或 쓰인다. 適正配合量은 고무 100 에 對하여 35 乃至 60 部 程度이다. 이와 같은 量을 配合하면 1500 乃至 2400 psi 의 引張強度를 100 乃至 300%의 伸張率, 그리고 40 乃至 75 의 Duro A 硬度를 얻을 수 있다.

이와 同量의 白色補強劑를 使用해도 아주 優秀한 物理的 性質을 얻을 수 있다. 使用possible한 여러가지 白色 充填劑 가운데 Silene EF 및 Hi-Sil 만이 效果가 있는 것이고 다른 것은 단지 不活性充填劑로서 作用하고 이中 몇가지는 實際의으로 加黃을 遲延시킨다. Hi-Sil 은 弱한 遲延劑作用을 하는데 調整工程을 거쳐야만 이의 正確한 性質을 알 수 있다. 標準配合量대로 配合하면 700 乃至 1900 psi 의 引張強度와 200 乃至 500%의 伸張率, 그리고 40 乃至 80 의 Duro A 硬度를 얻을 수 있다.

Polyacrylate 고무의 靨은 色의 配合고무는 變色에 對한 抵抗性이 아주 優秀하기 때문에 많은 用途를 가지고 있다. 一般的으로 白色配合고무는 黑色充填劑로 配合된 고무보다 引張強度 및 耐熱性은 낮지만 이 性

質은 普通配合고무의 有用한 性質보다 優秀하다. Polyacrylate 고무의 白色配合고무는 紫外線, 靨素 및 오존에 依해서 作用을 받지 아니한다. 靨은 色의 配合고무는 加黃時 可能한 變色을 防止하기 爲하여 Triethylenetetramine 및 스테아린酸으로 加黃하여야 한다.

有機充填劑를 使用하면 빛이 靨고 아름다운 파스텔 風의 빛갈(Pastelshades)의 고무製品을 얻을 수 있다. 卽, Benzidene Yellow, Lithol Red, Lima Blue, 및 Maroon Toner 는 耐熱性이 優秀하고 加黃에 干涉하는 性質이 없으므로 많이 使用된다. 無機金屬酸化物的 着色劑는 加黃速度 및 熱老化 決定的인 影響을 주기 때문에 使用해서는 안 된다.

粘着劑: 많은 遲延劑도 粘着劑 役割을 한다. Polyacrylate 配合고무는 그 固有의 粘着性質이 거의 없으므로 粘着劑를 必要한 量만큼 別途로 添加해야 한다. 쿠우마론인덴樹脂, Indonex 및 Koresin 은 아주 優秀한 粘着劑이다. 可塑劑 TP~90 B 亦是 上述한 配合劑를 가지고 있는 性質을 一部 나타내고 있는데 이 性質은 低溫可塑劑보다 더 顯著하다. 15 部 程度가 가장 效果의인 것 같다.

加工助劑: 스테아린酸 또는 中性 羊毛脂와 같은 物質은 로울混合 및 一般 加工工程에 大端히 도움을 준다. 스테아린酸이 酸性이라 할지라도 一部 程度를 使用하면 加黃에 하등의 影響을 주지 아니 한다. 보다 苛酷한 條件下에서는 2 部の 中性 羊毛脂를 使用하면 좋다. Acrawax C 는 몰드에서 加黃된 製品을 引出 容易하게 하고 5 部 程度 使用해도 加黃性質에 不利한 效果를 주지 않는다.

h. 加 黃

Polyacrylate 配合고무는 實質的으로 이른 바 “標準” 고무와 같은 方法으로 加黃된다. 加黃코자 하는 고무製品의 두께에 따라 다르겠지만 290~330°F 의 加黃溫度에서 10 乃至 45 分間 加黃하면 된다. 몰드에서 引出한 後 加熱된 加黃體를 물에서 冷却시켜서는 안 되며 可能한 限 大氣中에서 冷却시켜야 한다.

i. Tempering

많은 用途에서는 優秀한 壓縮 Set 性質이 必要로 하게 된다. 現在 몰드에서 고무製品이 나오면 이들 配合고무는 最大值의 Set 性質을 갖지 못한다.

이것을 補定할 加黃劑나 結合方法이 아직도 發見되지 못하고 있다. 300°F 에서 24 時間 Air oven 에서 加黃體를 加熱하면 아주 滿足한 水準까지 Set 를 내릴 수 있다. 이와 같은 時間과 溫度는 個個工場의 加工條件에 따라 달리 할 수 있고 350°F 에서 6 乃至 10 時間을 두

면 아주 좋은 결과를 얻을 수 있다. Tempering 을 하면 壓縮 Set 를 300°F 에서 50%까지 내릴 수 있고 이보다 낮은 溫度에서는 이 比가 더 커진다.

Tempering 을 하면 反撥彈性도 改善된다. 自然的으로 이 Tempering 은 다른 物理的 性質에도 效果를 준다. 引張強度는 一般的으로 그 效果를 받지 아니 하지만 伸張率은 낮아지고 硬度는 增加한다. 또 Tempering 은 屈曲性質에 決定的인 要素가 된다. 또 Tempering 때문에 配合고무에 混入되어 있는 低溫可塑劑의 一部를 揮發시킨다. 그러나 Set 自體가 가장 重要한 項目으로 看做되고 있는 以上 Tempering 은 標準實行法이라고 할 수 있다.

j. 加 工

로울 혼합 : Polyacrylate 配合고무는 標準 配合고무와 아주 相異한 混合技術이 必要하다. 이와 같은 精巧한 技術은 두 로울러에 붙어서 兩쪽 로울러가 미끄러지는 것을 防止하는데 必要하다.

그러나 配合劑를 正確한 順序로 添加한다면 別로 큰 問題는 없을 것이다. 이 順序는 다음과 같다.

1. 고무
2. 補強劑(카아본블랙 또는 炭酸칼슘)
3. 스테아린酸 및 硫黃 또는 이 外 類似한 配合劑(補強劑와 함께 添加해도 좋다).
4. 羊毛脂 또는 다른 軟化劑 및 粘着劑.
5. Trimene base 또는 Amine 系

充填劑 混入量에 따라 다르지만 다음 Batch size 가 使用된다.

- 60" 로울러.....45 乃至 60 lbs
- 84" 로울러200 乃至 120 lbs

너무 적은 Batch 를 使用하면 로울러에 감기는 고무가 너무 얇게되어 그 結果 前後 로울러에 나누어 붙는 現象이 일어난다.

고무가 로울러에 감기도록 充分히 열려져 있는 冷로울러에 고무를 添加하여야 한다. 고무가 로울러에 감기는 即時 充填劑를 添加하면 좋다.

(素練이 完全히 되지 않아도 좋고 또 必要하지 않다.) 充填劑가 混入될 때 까지 Batch 를 切斷 또는 손될 必要가 없다. 이 性質에 있어서 Polyacrylate 고무는 Butyl 고무와 비슷하다.

乾性 補強劑를 신속히 投入해도 좋으나 無理하게 무더기로 添加해서는 안 된다.

이것은 唯一한 標準고무에 行하여지는 方法이다. 硫黃, 스테아린酸, 또는 다른 乾性 充填劑를 主要補強劑와 같이 添加해도 좋다. 로울러에 감겨진 고무를 로울러 위에서 遊離되어 있는 配合劑와 같이 刮(切斷)을 使

用해서는 안 된다.

고무와 配合劑 덩어리가 굴러도록 로울러를 조금 열어서 두는 것이 必要하다. 配合劑가 모두 고무속으로 混入되면 그 Batch 를 剝離해서 容易하게 操作할 수 있다.

칼질을 몇번 피롤이한 後 軟化劑 및 樹脂類의 配合劑를 添加해야 하는데 이렇게 하면 이 Batch 가 찢어져 떨어져 나가는 것을 防止할 수 있다. 可塑劑가 全量混入된 다음도 亦是 剝離를 해서 混合作業을 繼續한다.

最終段階에 가서 Amine 類를 漸漸히 添加한다. 너무 갑자기 投入하면 로울러에 감긴 고무가 떨어져 나간다.

Amine 을 添加할 때 混合로울러의 溫度는 若干 더워야 한다. 너무 로울러가 加溫되면 Batch 가 더 잘 찢어질 可能性이 있으며 Amine 이 얼마간의 分離 揮發해서 配合量의 損失이 일어난다.

萬一 Batch 가 너무 차면 混合고무가 거칠어져서 切斷作業이 困難해 진다.

萬一 Batch 가 찢어지면 로울러 간격을 조금더 넓혀서 한쪽 로울러로 고무를 모운다.

Polyacrylate 고무를 混合할 때 지켜야 할 두가지가 重要한 規則은 다음과 같다.

- 1) 配合劑가 混入되기 前에는 한 操作을 하려고 하지 말것.
- 2) Amine 은 最終에 投入하되 漸漸히 添加한다.

로울러에서의 混合時間은 25分 乃至 40分인데 特殊 Batch 에 따라 다르고 또 混合作業을 하는 사람에 따라 다르다.

Banbury 混合 : Hycar 4021 을 Banbury 混合에는 아주 理想的이다. 이 混合方法을 쓰면 고무가 로울러에 달라 붙는 問題를 避할 수 있고 亦是 고무를 미리 素練할 必要가 없게 된다. 代表的인 混合順序는 다음과 같다.

#9 Banbury (低速, 冷却水는 折半流通)

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| (1) 고무 | 0分 |
| (2) ½ 카아본블랙 | 1½~2½ 分 |
| (3) ½ 카아본블랙, 스테아린酸
硫黃, ½ 樹脂, 또는 기름 | 3½~4½ 分 |
| (4) 殘存기름 | 6~7½ 分 |
| (5) 내림 | 9~10 分 |
| 내림때 溫度 | 250~300°F |

Amine 은 로울러 위에서 添加한다.

k. 特殊用途에 對한 配合

押出 : 押出機의 丹筒部(Barrel)는 100~130°F 그리

고全體(Die)의 溫度는 170°F가 標準이다. 아주 美鹿하고 平滑한 押出表面을 얻기 위해서는 고무의 固有한 Nerve 때문에 成型製品에 必要한 것 보다 더 많은 充填劑와 潤滑劑를 添加해야 한다.

60~120部の FEF 또는 HAF Silene EF 또는 Hi-Sil에 不活性 充填劑를 添加하려고 하는데는 2~3部の 羊毛脂 또는 Acrawax C와 一部の 스테아린酸을 併用하면 좋다. 35部の FEF 또는 Silene EF에 多量의 不活性 充填劑를 混用하면 Set問題가 그다지 重要치 아닌 製品의 用途에 適合하게 된다. 20部の Styrene-acrylonitrile 樹脂를 添加하면 押出性質이 좋은 配合고무를 얻을 수 있다.

壓延: 一般的으로 押出이 잘 되는 配合고무는 壓延도 잘 된다. Nerve를 죽이기 爲해서는 充填劑를 많이 配合하고 또 軟化劑도 多量 配合해야 한다. 約 100~130°F의 溫度가 가장 좋다. 로울러 混合에서와 같이 너무 高溫이면 로울러에 고무가 달라붙어 찢어진다. 로울러의 溫度를 豫熱하는 것이 必要하고 고무의 두께는 15 Mil이 좋다.

Friction 및 로울러用 配合고무: 이 두가지 配合에는 粘着劑가 大端히 重要하다.

Koresin은 아주 優秀한 配合劑이다. 쿠우마론인덴樹脂도 좋은데 15部를 使用하면 TP-90B와 같은 効果を 갖을 수 있다.

代表的인 Friction 配合

Hycar 4021	100.0
硫黃	1.0
Koresin	15.0
HMF	20.0
EPC	10.0
스테아린酸	1.0
Trimene base	2.5
TETA	2.0
Chlorowax 40	7.5

物理的 性質 (45分 × 310°F 加黃)

引張強度	1400 psi
伸張率	650%
Duro "A"	40

溶劑溶液: Hycar 4021은 塗料工業이다. 接着劑의 溶劑溶液用으로 使用될 수 있다. 이 Hycar 4021 알코올, 케톤, 芳香性 炭化水素 및 에스텔에 잘 녹는다. 다음과 같은 特殊한 溶劑가 잘 쓰인다.

- 아세톤
- 에칠아세테이트
- 톨루엔
- 부틸아세테이트
- 메틸알코올
- 벤젠

- 카아본테트라클로라이드
- 메틸에칠케톤
- Perchloroethylene

4. 將來의 展望

現在 여러가지 고무種類와 더불어 配合를 통한 將次의 改良이란 過去의 改良 過程보다 훨씬 進展이 적을 것 같다. 보다 좋은 改良은 現在 고무를 調整하거나 또는 전혀 새로운 고무를 開發함으로써 이룩될 수 있을 것이다.

Carboxylic nitrile 고무는 고무修正의 좋은 예이다.

기름에 使用되는 Nitrile 고무의 有用한 溫度範圍은 -60에서 +300°F이다.

Polyacrylic 고무 -20°F에서 飽化되지만 이의 高溫性質은 約 350~400°F에까지 견딜 수 있다는 것이다. 그러므로 溫度 눈금(Temperature scale)의 有用한 範圍을 變更시킬 수 있다.

그러나 現在도 明白히 必要한 程度까지 有用한 範圍을 擴大시킬 수 없다는 것이 至今까지의 實情이다. 高溫에 露出시켰을 때 揮發하지 아니하는 優秀한 低溫可塑劑가 必要하다는 것은 明白한 事實이다.

이와 같은 問題를 短時間內 解決할 方法은 없다. 廣範圍하고 專門化된 配合의 研究로 特殊用途의 優秀한 고무製品이 開發될 지도 모른다.

머지않은 將來에 現在製品이 -100°F에서 400°F의 溫度範圍에서 適當한 性能을 나타 낼 것이다. 이것은 配合技術을 改善하고 現在 고무를 若干 修正하므로써 可能할 것이다. 이와 같은 展望을 試驗室 Data에서 보다 實際的 性質에 基礎를 둔 것이다. 試驗室 Data에 依하면 Polyacrylate 고무는 -10~-20°F의 溫度에서 使用이 不可能하다. 그러나 實際使用時 어떤 種類의 실(Seal)은 -40°F에 기름에서 斷續 또는 繼續的으로 使用해도 滿足한 結果를 나타낸다.

機械設計者, 고무部分品 製造業者 및 原料고무 製造業者는 自身의 製品의 改良에 같이 힘쓰지 않으면 안 된다.

使用變色解說

商品名	成分	供給社
TETA	Triethylenetetramine	
TEPA	Tetraethylenepentamine	
Silene EF	沈降性 硅酸칼슘	Harwick Standard Co. (美)
Hi-Sil	沈降性 硅素水和物	Pittsbungh Plate Glass Co. (美)
Acrawax C	合成왁스	Glyco Chemicals (美)