

고무의 射出成形

崔 在 煥

1. 機械的인 調整의 效果 및 設計

1-1. 序言

고무 射出機가 어떻게 有用하게 使用될 수 있는가를 알기 위하여 天然고무 配合에 基礎를 두고 射出機의 變數를 調査했다.

運轉者에 의해서 變數로 나타날 수 있는 機械 調整은 가장 중요한 變數를 나타내므로 우선적으로 調査되어야 한다. 그리고, 射出機 自体 및 金型設計에서 變化될 수 있는 여러가지 特性들이 있지만 運轉者가 調整 하는데 따라 다소 일정하게 유지될 수 있다.

射出機를 구입하여 金型을 設計하고 試製品 혹은 生産line에 설치 할 때 機械特性이 중요하기 때문에 간단히 요약 해본다. 射出成形 시스템은 (1)射出單位(unit), (2)金型, (3)고무 配合 등의 독특한 복합체로 構成되어 있고 이 셋중의 어느 한가지를 調査할때는 한가지가 다른 두가지에 影響을 미치고 있다는 것을 考慮해야 한다.

機械의 變數를 調査 함에 있어서는 다른 모든 變數들을 일정하게 維持시키고 한 變數만을 体系的으로 變化시켜 가면서 그 變數의 效果를 觀察하는 것이 바람직하다.

流路중의 重要한 段階는 射出하기 위하여 고무가 貯藏되는 스크류 앞의 chamber이다.

다른 하나는 단순金型일 경우에는 노즐, cavity가 다수인 금형일 경우에는 한개의 cavity에 이르는 gate인 流路에서의 庄縮이다.

射出成形機의 變數를 變化시키는 가장 重要한 原因은 射出成形의 성공이 判定 될 수도 있는 가장 根本的이고 가장 正確해야하는 加黃時間을 測定하기 위한 것이다. 불행히도 일반적인 間接 物理試驗測定에 의한 加黃時間의 測定은 效果가 없고 射出溫度가 直接的으로 加黃時間에 關聯 되기 때문에 좀 더 빠른 加黃時間을 얻기 위한 신속한 手段으로 射出溫度를 利用하면 좋다.

1-2. 往復스크류 射出成形과 調整

往復스크류 射出成形 工程은 유럽에서 가장 널리 使用되는 工程이며 ram射出과 screw+ram射出에 應用되어 왔다.

射出工程은¹⁻³ 머모양 혹은 미립자形態의 고무가 射出機의 스크류에 自動的으로 유입되면 스크류가 回轉됨으로서 스크류 周圍에 있는 warm screw와 실린더(barrel)에 의해서 가열되고 可塑化되는 스크류의 flight속으로 고무가 들어간다.

스크류의 回轉은 熱을 發生시키고 고무가 스크류와 실린더 사이에서 剪斷力을 받기 때문에 부드럽러워 진다.

여기서 熱과 剪斷力, 混合, 可塑化 工程은 스

스크류 射出成形의 重要한 一部分이다.

고무가 스크류 앞의 chamber에 到達 하기까지는 스크류의 flight를 따라서 전진 되어 지는데 더 많은 고무가 밀림으로서 앞쪽에는 庄力이 發生하여 스크류 自体는 뒤로 밀린다.

스크류의 후진운동은 눈금이 있는 지시계에 의해서 測定될 수 있고 스크류의 앞 chamber의 고무 부피와 금형 cavity, runner, sprue을 합한 부피와 같은 pre-set point에서 trip 스위치로 聯結된다.

그러므로 transfer 실린더에서 加黃 될수 있는 잉여 고무의 낭비가 없으므로 transfer 工程보다 좋은 利點을 가진다. trip스위치는 自動적으로 스크류 回轉을 停止시킬 수 있으며 金型이 完全하게 닫히면 timer에서 調整된 다음 段階는 screw-ram 앞의 고무를 自動적으로 射出시킨다.

스크류 自体가 回轉하지 않을 때도 ram으로서 作用하며 스크류 後部에서 流体庄力에 의해서 前方으로 힘이 가해 진다. 그림 1-1에 射出工程을 나타냈다. 또한 그림 1-1(a)에서 처럼 充分한 射出庄力은 庄力계이기에 나타난다.

Screw-ram이 前進하여 고무가 金型에 채워진 후 trip스위치 혹은 time스위치는 射出庄力이 flashing을 막기에 充分히 낮은 holding庄力으로 늦추어지게 自動적으로 作用되고 그때 그림 1-1(b)에서 보여진 것처럼 스크류가 앞으로 전진 된 상태에서 加黃이 시작된다.

몇 초 혹은 計算된 "delay"⁴⁻⁵時間 後 加黃이 시작되고 있는동안 스크류는 自動적으로 回轉 하게끔 裝置되어 있어 스크류 앞의 chamber에 다음 射出을 위한 새로운 고무를 채운다. 加黃은 自動적으로 時間이 check되고 加黃時間이 끝나면 金型이 열리고 成形物이 自動적으로 배출(ejection) 되거나 혹은 手動으로 배출된다. 그림 1-1(c)에서 처럼 ram의 앞 chamber에 充分히 고무가 充當 狀態에서 배출이 일어난다.

金型을 닫는 것이 自動으로 될 수 있지만 金型을 손으로 벗기다면 벗기는 時間은 運轉者에 달려 있다. 이런 경우에 運轉者에 의해 安全裝置가 닫힘으로써 다음의 自動射出을 위해 金型이 自動적으로 닫힌다. 즉 自動적으로 다음 cy-

cle인 射出을 시작할 수 있음이 그림 1-2에 나타냈다.

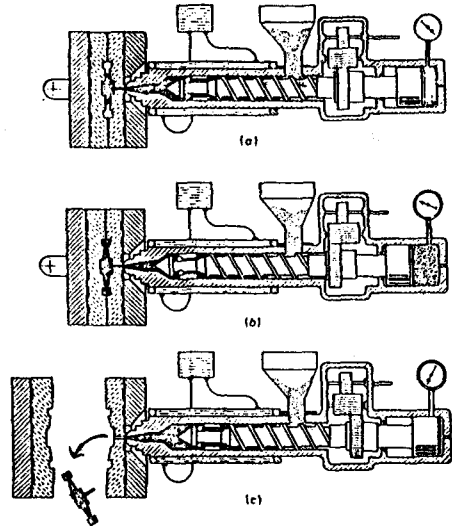


그림 1-1 Screw-ram 射出成形사이클

- (a) 射出. 충분한 射出庄力
- (b) 加黃. hold庄力
- (c) 탈거

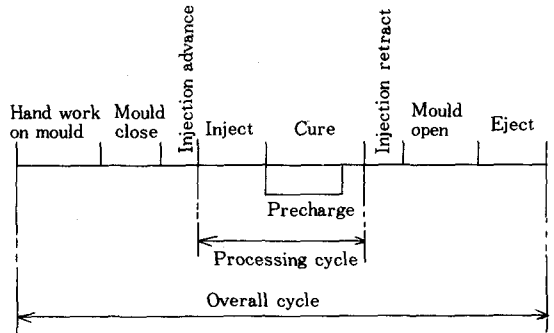


그림 1-2 射出成形사이클

모든 사이클은 前進해서 射出 後 후진하는 射出unit의 모든 운동이 포함 된다. 이것은 carousel 金型을 使用 하는데는 필수적이고 또한 정상적으로 金型을 열고닫는 동안 노즐의 損傷을 막는데도 필수적이다. 여기서 노즐을 식혀 줌으로써 노즐에서 스크치의 危險을 減少시킬 수 있다.

Harrison⁶은 射出成形機 調整을 다음과 같이 분류하고 있다.

- (1). movement selector
- (2). 기계적인 조정 (mechanical adjustment)
- (3). cycle 形態 control
- (4). 공정變數 (processing variables)

movement selector는 金型을 열고, 닫고, 射出하고, 스크류가 회전하고 射出 unit가 前進하고, 射出 unit의 收縮操作을 위한 것이다. 이런 操作은 機械를 setting하는 동안 手動으로 運轉된다. 이것은 lever에 의해서 直接的으로 作動하는 油庄 원통밸브를 作動시키는 push button이 포함 된다. 모타 시동과 정지 button은 金型을 닫는 button이 作動된 後 全体 cycle이 일어나는 操作의 段階까지 발전할 수 있다. 完全自動 혹은 連續 cycling이 可能하고, 金型을 닫기 위한 充分한 庄力이 供給되기 이전에 金型面이 障礙없이 깨끗하게 맞닿는 어떤 지점까지 金型을 닫을 수 있는 낮은 庄力도 可能한 機械도 있다.

機械적인 調整 (mechanical adjustment)은 여러가지의 金型을 수용하기 위해 金型을 여는것을 규제하고 압력전달장치 (toggle machine) 위에서는 金型을 固定시키며 stroke의 끝에서 金型的 움직임을 緩和시키는 速度調節裝置와 關聯되며 射出容量은 제한 스위치에 의해서 調節되고 노즐의 접촉을 調節하는 裝置가 必要하다.

사이클 패턴 (cycle pattern) 調整은 加黃時間의 初期와 末期에 後進되지 않도록 射出노즐의 움직임을 固定시킨다. 스크류 回轉은 加黃時間내에 作動되게 하거나 金型 作動段階와 동시에 일어나게 할수도 있다. 단지 加黃時間의 마지막 期間에 効果의 이 되도록 하기 위하여 스크류 回轉 개시가 遲延될 수도 있다.

工程變數는 成形條件에 直接的으로 影響을 미치며 전형적인 射出機는 射出庄力, 射出庄力上昇, 射出庄力 維持, 스크류 遲延, 加黃과 循環에 必要한 timer을 裝置하고 있다. 스크류速度, back庄力, 射出庄力, 射出速度와 같은 射出unit는 vane펌프로부터 油庄에 의해서 制御된다. 手動的으로 調節되는 밸브는 기름의 흐름을 制限

하고 流管庄을 調節하는데 使用된다. 그래서 스크류速度와 射出庄力의 變化등이 運轉者에 달려 있다.

金型的 溫度調節은 내부의 cartridge heaters와 외부의 띠모양 전기抵抗 heaters에 의해서 調節되고 金型은 뜨거운 기름의 循環으로 加熱되며 feed나 runner system이 加黃溫度 以下로 고무를 維持시킬 필요가 있을때 溫度調節은 두개의 system이 使用된다.

1-3 實驗 項目

本章에서는 고무配合, 機械類 및 金型裝備를 다루는 것으로 細分하여 操作을 實施 했다.

1-3-1 고무 配合

Engine mounting, bushing, shock absorber 등 自動車 部品과 工業 部品으로서 使用되는 基本 配合를 選定 했다.

Table 1-1. 配合表

Recipe	phr
천 연 고무 (SMR 5)	100
프 로 세 스 오 일	5
스 테 아 르 산	2
아 연 화	5
SRF(N-761-2)	50
Antioxidant (Antioxidant 4010 1+FlietolH1)	2
CBS	0.5
S	2.5
무우니 점도 ML3. 100℃	53
무우니 점도 ML3. 120℃	48
무우니 스크오치 Ts 120℃	31

混合은 天然고무 上等級에 基礎를 두었고 카아본 블랙은 IRHD 경도 55-60이 되도록 混合했다. 黃 2.5phr와 CBS 0.5 phr을 넣는 加黃方法은 在來적이긴 하지만 새로운 機械의 스크오치의 어떤 危險에도 安全하고 넓은 應用分野에 適當하다.

1-3-2 機械 및 金型裝備

加黃時間이 짧고 生産率이 높다는 면에서 往復스크류와 screw-ram 形態의 射出機가 NAP RA研究팀에 의해서 使用되었다. 特別한 境遇

에 사용되는 실제적인 機械의 選定은 機械의 有用性和 機械 製造業者와 고무 및 플라스틱 研究 진의 도움이 必要하다.

機械變數를 調査하기 위해서 Peco 21Ts 機械 (Table 1-2)와 그림 1-3과 같은 짧은 원통형 成形製品이 사용되었다.

Table 1-2. Peco 21Ts 機械의 特性

射出重量(고무 1.2kg/m ³)	100g
射出容量	83cm ³
스크류 速度 범위	15-200 rev/min
스크류 추진력	5.966 Kw
스크류 直徑	44.5mm
最大 射出庄力	123MN/m ²
射出 stroke	54mm
射出速度	125cm ³ /S
成形구역	218cm ³
金型을 잠그는 힘	81.5Mg
모타容量	11.3kw

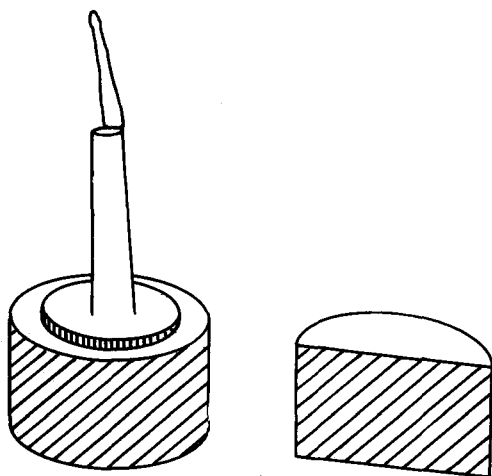


그림 1-3. Peco 成形物
직경 4cm 두께 2.1cm
무게 35g(配合比重 1.14)

模樣과 두께에 있어서 engine mounting와 같게 하기 위해서 원통형의 試片金型을 택했다. 射出成形에서 加黃時間은 見本 두께에 달려 있으므로 溫度差를 나타낼 수 있는 變數를 더 制限할 수 있음을 調査하기 위하여 Edgwick 45SR^{1,2)}

(Table 1-3, 그림 1-4)을 사용했다. 고무配合의 變化와 관련하여 調査된 대부분의 研究은 아주 精密한 비커 模樣 (그림 1-5)의 金型을 사용한 이 機械에 의해서 이루어 졌다.

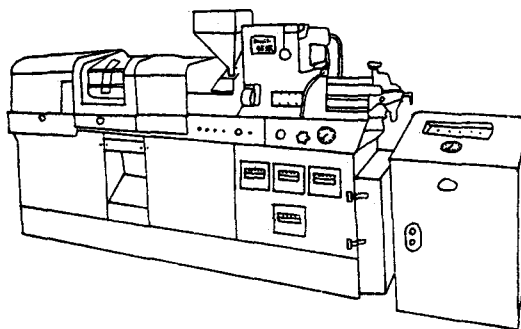


그림 1-4. Daniels Edgwick 45SR 機械

Table 1-3. Daniels Edgwick 45SR 機械의 特性

最大 射出 容量	82cm ³
可塑化 되는 量	13.6kg / h
스크류 直徑	41.2mm
射出 庄力	113 MN/m ²
스크류 速度 범위	28-188 rev/min
스크류 추진력	4.03 kw
金型을 잠그는 힘	45.6Mg
모 타 容量	7.46kw

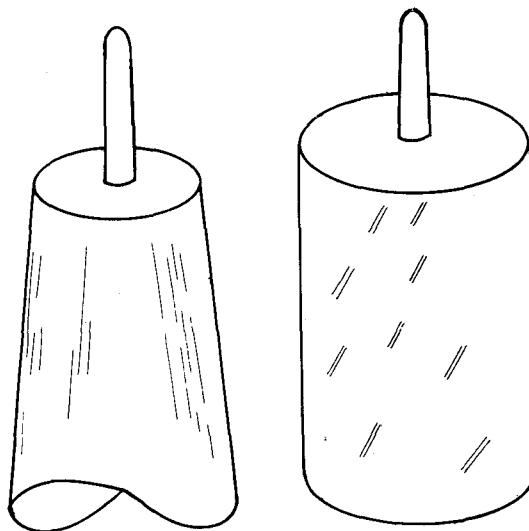


그림 1-5. RAPRA 비커형 成形品
最大直徑 7.5cm, 높이 12.3cm, sidewall 두께 0.16cm
base 두께 0.95cm, 무게 80g(비중 1.14)

Izod와 Morris¹³에 의해서 設計된 이 金型은 흐름의 어려움을 強調하고, 동시에 두께가 다른 金型的 加黃된 狀態의 差異點을 보여주기 위해 設計되었다. NRPR 研究陣의 配合으로 研究 및 發展을 위하여 매우 成功적으로 使用되어 왔던 다른 往復스크류機械는 four-station Desma 905¹⁴, Stübbe S150/235¹⁵, SKM75/80¹⁶, Ankerwerk V17-65¹⁷, Turner CTA-2-80S¹⁸, Peco 36VTS¹⁹, MAS 802²⁰ 및 Lymington 100 S.H.A 등이 있고 Foster, Yates와 Thom 60/32/150/1²¹, MAS 811²², REP B52K²³ 射出機는 固定된 스크류 形態로 만들어 졌다.

1-3 實驗 節次 및 測定

射出溫度 操作에 關한 研究는 金型에 射出하기 전에 研究 할 수 있다. 經驗에 의하면 金型內에서 加黃이 되는 동안 barrel안에 있는 고무가 安全할 것인가를 測定한다. 스크류가 押出機로서 作動 할 때 barrel이나 노즐에서 나타나는 射出物의 溫度를 押出溫度라고 하며 그때의 溫度는 thermocouple로 測定될 수 있으며 ram앞에 있는 chamber에 들어가는 고무의 溫度를 나타낸다. 열전대 바늘을 노즐을 통하여 뒤로 들어가게 하거나 chamber로 들어가게 할 수 있는 機械도 있다. 때에 따라서 노즐을 除去할 수도 있고 chamber에 있는 고무 속에 thermocouple를 밀어 넣을 수도 있다. 스크류가 回轉한 후 즉시 chamber 속에 있는 thermocouple를 觀察하고 고무가 冷却하는 速度를 보는 것도 바람직하다.

射出 度는 30내지 60초 間隔으로 庄力이 加해진 狀態에서 노즐을 통하여 단열된 chamber에 射出한 고무덩어리속에 插入된 thermocouple로 測定되며 正常的인 加黃사이클과 비슷한 時間 間隔이 주어져야 한다. barral속에서 循環하는 流體의 冷却效果 때문에 일정한 data를 얻기 위해서는 時間 間隔이 制限될 必要가 있다. 射出溫度 혹은 成形溫度는 射出後 可能한 한 재빨리 탈거된 成形物속에 thermocouple를 넣음으로써 測定 할 수 있으며 完全히 加黃된 成形物 表面에서 成形溫度를 測定 할 수 있다.

Barral속에서 循環하는 流體의 溫度는 流體가 barrel속으로 들어가는 地點에서 수은溫度計에 의해서 測定된다. 射出時間 혹은 고무를 金型에 채우는 時間은 ram의 全身運動을 觀察함으로써 測定되고 射出庄力은 펌프에서 ram으로 가는 線上의 庄力計로 測定된다. 좀 더 根本적인 物質庄力(matural pressure)에 의한 射出庄力이 關係되는 곳은 ram後部の 庄力보다는 오히려 表面의 庄力이다. 射出庄力의 差異는 ram 後部の 直徑과 스크류의 直徑에 달려있다 예를들면 Daniels 45SR機械의 8.3MN/m²(1,200 lbf/in²)의 line庄力은 113MN/m²(16,400lbf/in²)의 物質庄力과 같고 Peco機械의 7.6MN/m²(1,100lbf/in²)의 line庄力은 123MN/m²(17,780lbf/in²)의 物質庄力과 같다.

몇 번 連續적으로 thermocouple의 눈금을 읽음으로써 一定한 條件이 確立 될때까지는 成形物의 見本이 미리 調節된 成形條件에서 만들어져야한다. 漸次的으로 增加된 加黃時間에서 成形된 몇 개의 見本들이 上部, 下部와 中央表面의 硬度 혹은 microhardness를 測定한다. 그리고, 이 結果로 加黃時間에 따른 硬度變化를 chart化 한다. 引張試片을 비이커형 成形物의 바닥에 垂直인 side wall로 부터 따내고 바지 引張試片도 역시 side wall로 부터 바닥에 平衡하게 採取한다.

1-4 射出 成形機의 工程 變化에 따른 效果

機械變數 및 고무配合 變化는 加黃速度, 스크오치速度등, 일반적으로 射出成形遂行에 현저한 影響을 미친다. 典型的인 射出 成形機로 天然고무 配合을 加工하는 方法을 알기 위해서는 機械變數에 따른 效果가 우선적으로 調査되어야 하며 다른 모든 條件이 確立되었을 때 고무配合에서의 變化가 體系의 調查 될 수 있다.

成形射出機의 變數는 두 가지로 分類된다.

(1) ram의 앞에 있는 chamber에 成形 할 수 있는 만큼의 고무容量이 채워지는 즉 射出의 첫

段階가 일어나는 동안 고무의熱과可塑性를調節하는일.

예를 들면 스크류速度, barrel溫度, screw back 庄力등.

(2) 金型에 고무를 채우는 일에 影響을 미치는 것. 예를 들면 노즐의 直徑, 射出庄力, 射出ram速度, 特히 (2)에서의 變數들은 相互依存的의이어서 이것들의 變化에 따른 結果를 그림 1-6에 模型으로 나타냈다.

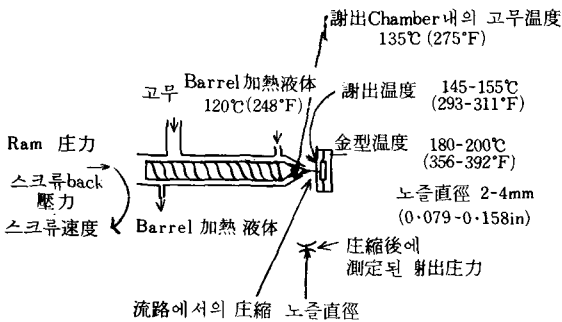


그림 1-6. 射出成形 變數의 模型 및 전형적인 條件

射出溫度에 影響을 미치는 가장 重要한 要因은 barrel溫度이며 스크류遲延 timer는 다음 射出이 始作되기 前에 screw back 作動을 1~2 초 정지 시킨다.

이 結果로서 스크류回轉에 의해서 發生되는 어떠한 熱도 낭비되지 않아 이런 遲延工程을 利用함으로서 다른 機械變數 調節이 效果의이다.

1-4-1. 스크류速度의 效果

스크류의 技能은 고무를 可塑性하여 射出되는 곳으로 고무를 전달하는 것이다. 大部分의 射出成形機는 繼續的인 기어 變速에 의해 段階的으로 혹은 速續的으로 變化시킬 수 있으며 스크류速度가 增加함에 따라 barrel속의 고무溫度가 上昇하므로 높은 射出溫도와 짧은 加黃時間을 가능케 한다. (그림 1-7)

成形物의 上部, 中部, 下部의 硬度에 의해서 計算된 加黃時間은 射出溫도와 密接한 關係를 가진다. 一般的으로 스크류back 庄力과 barrel溫

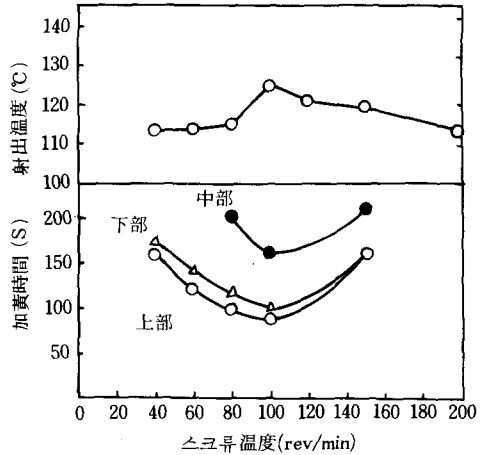


그림 1-7. 스크류速度 變化에 따른 射出溫度와 厚께 2.1cm인 成形物의 中央과 表面의 加黃時間의 變化

射出溫度 175°C, barrel溫度 105°C, 射出庄力 6.9MN/m², screw drive庄力 6.6MN/m²

스크류back庄力 1.03MN/m², 노즐直徑 3.2mm, 配合 Table 1-1

度에서 screw速度가 100rew/min되는 것이 適切하고 100rev/min보다 큰 速度는 若干의 空氣포집으로 인한 凝固의 原因이 된다.

높은 back압력은 고무를 유입시키는 동안 空氣의 섞임을 못하게 하거나 스크류速度와 射出溫度를 增加 시키게 된다.

그리고 射出溫도와 加黃時間과의 關係를 아는 것이 重要하다 왜냐하면 약 10°C의 射出溫度 增加는 加黃時間을 현저하게 短縮시키며 스크류速度는 機械와 配合物에 따라 다르다. Rienzner²⁵는 Desma 900의 最適 스크류速度는 50~125 rev/min라고 밝혀 극히 높은 점도의 混合物은 낮은 速度가 適當하다. 그림 1-8에서 直徑이 서로 다른 스크류의 速度增加에 따른 可塑性의 向上을 보여주고 있다.

可塑性는 一般的으로 스크류速度와 스크류back 庄力에 따라 다르다. Daniels Edgwick 45SR 機械로 barrel溫度 76.5°C, 93.5°C, 110°C에서 스크류速度에 따른 可塑性率을 그림 1-9에 나타냈다.

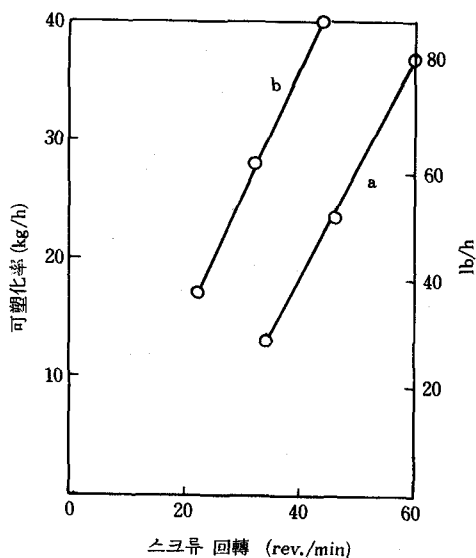


그림 1 - 8. 스크류back庄力이 11.8 MN/m^2 에서 스크류速度变化에 따른 可塑化速度变化 (A- nkerwek 機械)
a: 스크류直徑 52mm, b: 스크류直徑 65mm

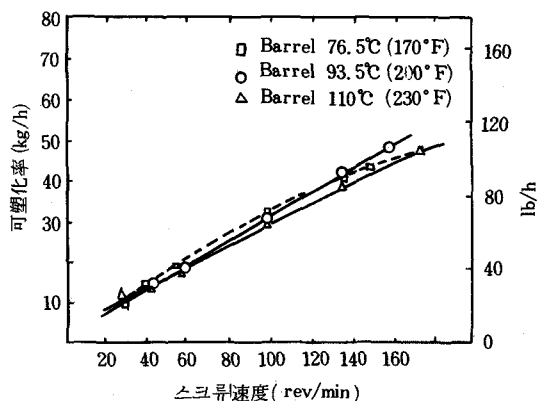


그림 1 - 9. 각각다른 barrel溫度에서 스크류速度变化에 따른 可塑化速度의 效果 Daniels Edgwick 45SR 機械
경도 56(shore A)인 부틸配合, 射出容量 52 cm^3 , 스크류Back庄力 0.47 MN/m^2

1 - 4 - 2. Barrel 溫度의 效果

Barrel 혹은 실린더溫度는 射出成形機에서 매우 重要하다. 물, 물+glycol, 기름과 같이 열

용량이 크고 溫度裝置에 의한 溫度調節이 가능한 物質이 barrel 속에서 循環함으로써 barrel 溫度가 調節된다. barrel을 2~3개의 地域으로 각각 달리 溫度調節이 되도록 可能하게 한 機械도 있다. (Desma 900) 때때로 전기 heating band가 사용되지만 溫度를 급격히 变化 시키기는 상당히 어렵다.

循環하는 流體의 技能은 유입부에서 고무를 加熱하여 可塑化시키는 것이고 고무가 스크류의 回轉에 의해서 加熱된 후 ram앞에서 다음 射出을 위한 고무는 스크류가 일어나지 않는 可能한 한 높은 溫度로 維持 시킨다. barrel溫度의 上昇과 함께 增加하는 射出溫度는 그림 1-10 과 같고 스크류 遲延이 없을 때 105°C 이상의 溫度에서는 barrel내에서 고무의 早期加黃을 일으키는 原因이 된다.

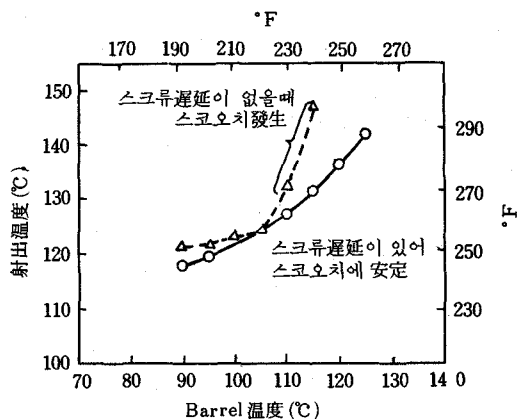


그림 1 - 10. 스크류 遲延工程이 있을 때와 없을 때 barrel溫度变化에 따른 射出溫度의 效果 Poco 21Ts 機械. 스크류速度 40rev/min

스크류 遲延工程이 되도록 짧은 瞬間에서 예비 射出溫度로 고무를 維持시킬 수 있을 때 좀 더 높은 barrel溫度가 安全하게 使用될 수 있다. 140°C (284°F) 이상의 射出溫度로도 스크류오치 없이 얻을 수 있고 調査된 바로는 $90\sim 125^\circ\text{C}$ ($194\sim 257^\circ\text{F}$)의 barrel溫度 範圍에서 良好하게 成形할 수 있다. 그러나 스크류 遲延裝置가 있다 하더라도 125°C (257°F) 이상의 barrel溫度는 bar-

rel 내에서 고무를 早期加黃시킨다.

Daniels 45SR 機械에서 비어커형 金型이 사용될 때 barrel 溫度上昇은 射出溫度를 增加시키고 射出時間과 加黃時間을 減少시키는 세가지의 長點이 있음을 그림 1-11 (a), (b), (c)에서 나타냈다. 加黃時間에 대한 效果는 barrel 溫度가 35°C 增加함에 따라 見本 1cm (0.394inch) 두께 만큼의 加黃時間이 減少한다는 것은 Table 1-4에서도 역시 나타난다.

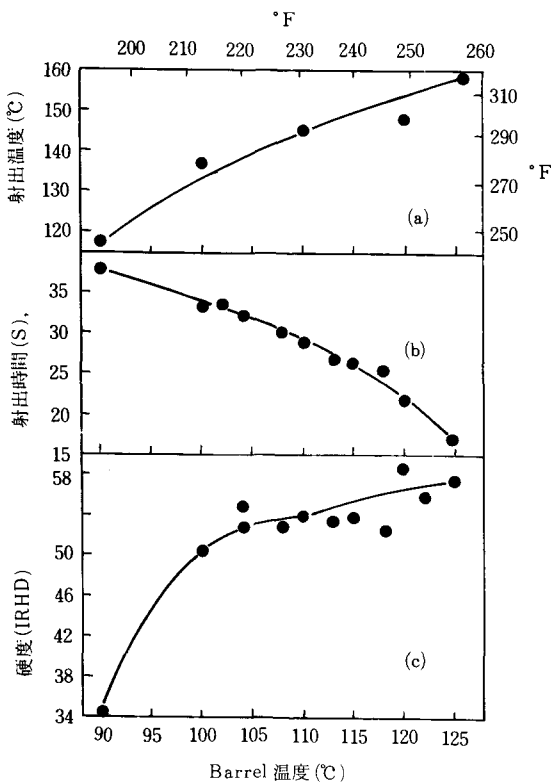


그림 1-11 barrel 溫度增加에 따른

- (a) 射出溫度 上昇
- (b) 射出時間 減少
- (c) 180°C에서 60초동안 加黃된 1cm 두께 밀면 硬度的 效果

配合 Table 1-1, 무우닉점도 ML3; 120°C 55, 무우닉스코오치 120°C, T_s 28分, 노즐直徑 4mm 最大射出庄力 111MN/m², 金型溫度 180°C, 스크류速度 55rev/min (barrel 溫度가 128°C을 가리켰을때 barrel 내에서와 노즐에서 스크오치發生)

Table 1-4 barrel 溫度变化에 따른 射出溫度, 射出時間, 加黃時間의 效果

barrel 溫度	90°C	100°C	125°C
射出溫度	118°C	137°C	158°C
射出時間	3.8S	3.3S	1.7S
두께 1cm인 部分의 加黃時間	180S	90S	45S

(Daniels Edgwick 45 SR 機械 RAPRA 비커형 金型)

다른 機械에서도 setting이 正確하다면 가장 빠른 加黃時間을 얻기 위해서 barrel의 溫度를 올리는 것이 可能하다. Daniels 機械에서 나타난 것처럼 128°C (263°F)에서 barrel과 노즐에서 스크오치의 기미가 있다면 barrel 溫度는 스크오치의 安全을 위해 약간 내릴수 있고 成形物에 스크오치가 일어나면 金型溫度를 내려도 좋다.

射出時間이 너무 짧음으로서 부드러워진 고무에서 空氣 기포가 보이면 空氣排出裝置를 設備하거나 진공 成形이 必要하다. 射出時間을 增加시키고 또 金型에서 空氣가 잘 빠지도록 노즐의 直徑을 적게 할 必要가 있다.

1-4-3. 스크류 back 庄力の 效果

Flight를 따라 운반되어 ram앞에 몰려드는 고무의 점도 때문에 스크류의 움직임에 대한 抵抗力이 發生한다. 이 抵抗力을 스크류백 庄力 혹은 스크류 복귀 庄力이라고 부르며 이 抵抗力의 效果는 고무유입과 함께 섞인(혼련이나 너무 빠른 유입에 의하여 섞인) 空氣를 밀어내는 作用을 한다. 대부분의 射出成形機는 인위적으로 유압 스크류 백 庄力 벨브로서 減少 및 增加시킬 수 있다. 스크류가 回轉하는 동안 射出 chamber 내부에 可塑化된 고무에 庄力을 가하기 위해 스크류백 庄力은 調節 可能한 流體庄力으로 정의되며 back 庄力이 增加함에 따라 内部마찰도 增加되고 flight를 따라 고무를 앞으로 미는데 必要한 힘도 역시 增加된다. 그림 1-12에 나타난 것처럼 스크류의 作用에 의해서 混合되고 分散이 向上되고 射出溫度도 올라간다.

스크류 遲延工程이 없다면 back 庄力 变化에 거의 민감하지 못하다. Kleine-Albres와 Franck³⁾은 50°C에서 스크류 실린더가 있는 Ankerwerk 機

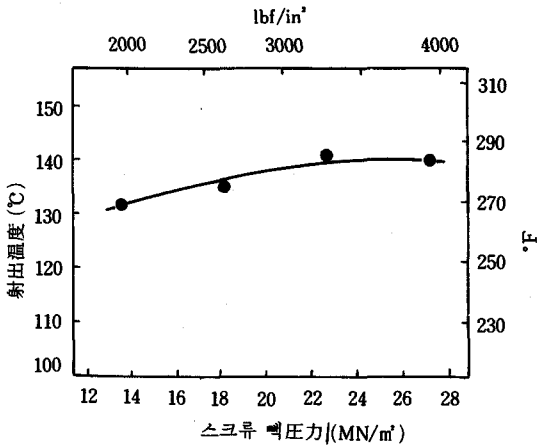


그림 1-12. 스크류의 back 圧力の 増加에 따른 射出 圧力の 効果 (Peco 21TS 機械, 遲延 裝置가 있음) barrel 溫度 105°C, 스크류 速度 80 rev/min

械의 스크류 복귀 圧力이 増加함에 따라 射出 溫度가 78°C에서 115°C로 直線적으로 増加함을 그림 1-13에서 볼 수 있다.

스crew 復귀 圧力을 調節함에 따라 즉 screw 回

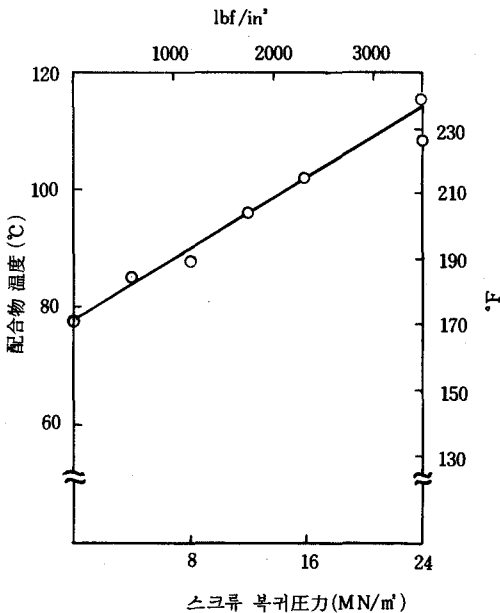


그림 1-13. 스크류 復귀 圧力の 増加에 따른 配合物 溫度의 效果

轉으로 發生되는 마찰력에 의해서 고무 配合物의 溫度는 실린더 溫度보다 30°C 정도 높게 유지될 수 있다. 이러한 冷실린더 技術에 의해서 실린더에서 加黃이 일어날 危險性은 없다.

1-4-4. 射出 圧力の 效果

射出 圧力은 金型에 高무를 채우는 工程을 調整하는 變數 중 가장 重要하며 가장 많이 研究된 變數이다. 가해진 圧力에 따른 가장 높은 熱發生率을 豫상할 수 있는 이론적인 理由가 있기때문이다. 피스톤이 한 일은 실린더를 通過하는 高무의 부피와 그때 圧力과의 곱으로 표시한다. 그러므로 高무의 단위 부피에 대한 피스톤의 한 일은 圧力 P와 같다. 이런 모든 일들이 高무의 溫度를 높이는데 影響을 미친다고 가정할때 溫度上昇 Δθ는 (Izod와 skam)²⁶⁾

$$\Delta\theta = \frac{P}{\rho S} \text{ 로 주어진다.}$$

ρ : 고무 配合物의 密度

S : 고무 配合物의 比熱

카아본블랙 50phr을 含有하는 配合物의 密度가 1.15 Mg/m³ (g/cm³), 比熱을 2.0934 J/g°C (0.5 cal/g°C)라고 가정 할때 射出 圧力 6.895 MN/m² (70.3 kg/cm², 100 lb/in²)에 대한 溫度上昇은

$$\frac{6.895 \text{ MN/m}^2}{1.15 \times 2.0934 \text{ (Mg/m}^3 \text{)(J/g°C)}} = 2.87^\circ\text{C}$$

만약에 圧力이 1 lb/in²으로 測定되면,

$$\frac{1000 \times 70.3 \times 981}{4.18 \times 1.15 \times 0.5 \times 10^7} = 2.87^\circ\text{C} \text{ 이다.}$$

실제로는 熱損失과 動的損失이 있어 펌프가 充分한 期間동안 最大로 作業할 수 있는 圧力에 到達하지 못하는 수도 있다. 그러나 Izod와 Skkam²⁶⁾은 Foster, Yates와 Thom "Rubberometer"을 使用하여 2.3°C/6.895 MN/m² (4.15°F/1,000 lb/in²)의 溫度上昇이 얻어질 수 있다는것을 그림 1-14에서 보여 주었고 Turner (TA-2-80s 機械로 繼續적인 作業으로 이 計算²⁶⁾을 立證했다.

射出 圧力 變化의 效果를 調査하려면 우선 高무가 射出되는 노즐의 直徑을 고려하여야 하며 실제로 射出 時間을 研究하기 위하여 比較的 넓은 直徑의 노즐을 使用했다.^{4, 10, 12)} 그림 1-15에서 비

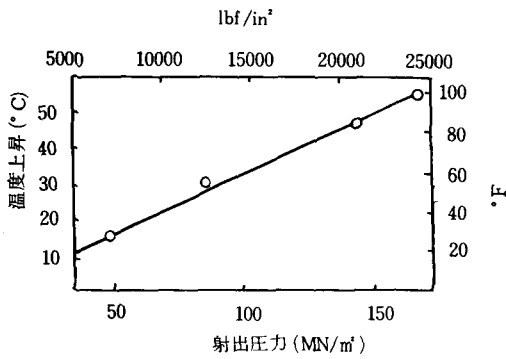


그림 1-14. 射出压力 增加에 따른 노즐을 통과하는 고무의 温度上昇

較的 넓은 노즐관(3.2mm)에서의 射出压力의 增加에 따른 射出温度는 꾸준히 增加하고 射出時間은 適切하게 減少된다.

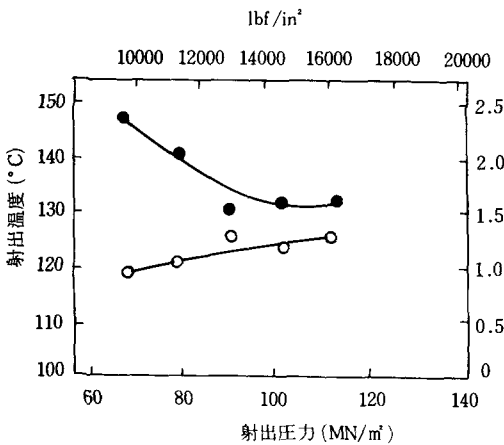


그림 1-15. 射出压力의 变化에 따른 射出時間 및 射出温度의 变化
Peco 21TS 機械, barrel 温度 105°C
노즐直径 3.2mm

Daniels 45SR 機械로 RAPRA 비이커형 金型을 使用할때 긴 流路 때문에 金型에 고무를 채우는 것이 危險하며 射出压力의 減少는 射出時間을 增加시키고 射出温度를 내리는 效果가 있으므로 고무를 金型에 채우는동안 스코오치의 危險을 높일 수도 있다.

Table 1-5에서 보면 最大 有效压力이 33%로

Table 1-5. 射出压力에 따른 射出時間 및 射出温度의 效果

射出压力 (MN/m ²)	103.3	69
射出時間 (s)	5.6	12.0
射出温度 (°C)	127	109

Daniels Edgwick 45SR 機械와 RAPRA 비이커형 金型, 노즐直径 3.17mm, barrel 温度 90°C, 金型温度 180°C, 配合 (1) Table 1-1, 무우늬 점도 ML3, 120°C, 51; 무우늬 스코오치 120°C, 29分

減少될때 射出時間은 2배 이상이 된다. 結論的으로 最大 有效压力 보다 낮은 压力에서 機械를 운전 하는 데는 아무런 잇점도 없어 空氣가 完

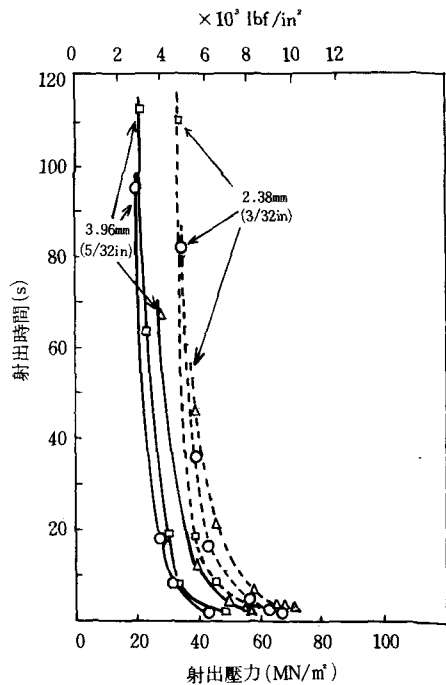


그림 1-16. Barrel 温度와 노즐直径이 다르고 射出压力의 变化에 따른 射出時間의 效果
Daniels Edgwick 45 SR 機械와 RAPRA 비이커형 金型
SBR配合
barrel 温度 : △ 80°C, ○ 100°C, □ 120°C
노즐直径 — 3.96mm, --- 2.38mm

全히 빠지기 전에 金型을 채우기 쉬운 매우 부드러운 고무는 射出壓力를 減少시켜야 한다. Izod와 Morris¹³⁾는 Daniels 機械와 비이커 金型을 使用해서 barrel溫度와 노즐直徑에 다소 관계되는 SBR配合으로 射出時間을 빠르게 하려면 超過 壓力의 임계선이 있다는 것을 그림 2-16에 나타냈다.

이 임계壓力 이하에서는 射出時間이 顯著하게 增加되어 고무가 채워지는 동안 스코오치의 危險이 많으며 또한 임계壓力 이하에서 고무 種類에 따라 차이는 있지만 그 이상 重要한 것은 없다.

實際로는 射出時間이 길면 經濟的이 못된다. 溫度가 스코오치 安全범위 내에서 最大値에 가깝고 最大 射出壓力 使用되어야 하고 射出時間이 아주 길다면 좀 더 넓은 노즐, runner, gate을 使用할 必要가 있다. 最大 射出壓力를 使用하는 것이 당연한 일이나 機械의 마모와 파괴를 막기 위해 最大 有效壓力의 80~90%로 하는 것이 適當 할 것이다.

1-4-5. 노즐 直徑의 效果

Peco機械에서 노즐 直徑이 작아짐에 따라 射出溫度가 上昇하지만 直徑2mm 이하에서는 거의

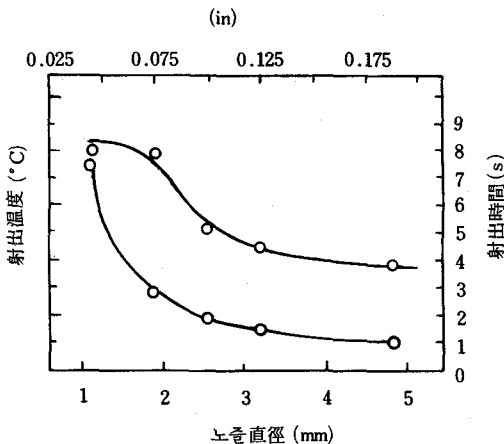


그림 1-17 노즐直徑의 變化에 따른 射出溫度와 射出時間의 效果

Peco 21TS 機械, 스크류速度 40rev/min
 射出壓力 (line) 6.9MN/m²,
 (material) 112MN/m²

變化가 없음이 그림 1-17에 나타났다. 또한 이 直徑 이하에서 고무를 金型에 채우는 동안 增加한 射出時間을 연장 시키게 되고 스코오치의 危險性을 增加시킨다. 이런 작은 直徑 일수록 射出壓力가 充分히 고려 되어진 후 射出溫度가 決定되어져야 한다.

가장 높은 射出溫度를 유지할 수 있는 노즐을 使用하는 것이 바람직하지만 金型에 고무를 射出하는 동안 스코오치가 일어나지 않는 範圍를 고려해야 하며 원통형 金型에서 安全射出 期間(1~2초)에 가장 適合한 노즐直徑은 약 2~2.5mm (0.08~0.1 inch)이고 射出時間이 最大 射出壓力하에서 수 초보다 더 길 때는 노즐의 直徑을 增加시킬 必要가 있다. 특히 고무配合物이 비이커형 金型에서 처럼 길고 좁은 流路로 흘러보내야 할 때는 짧은 時間내에 金型에 고무를 채우는 것이 重要하며 노즐直徑의 變化는 射出時間에 매우 민감한 效果가 있음이 Table 1-6에 나타났다.

Table 1-6 노즐直徑 變化에 따른 射出時間의 效果

노즐 直徑 (mm)	3.17	3.97
射出 時間 (s)	8.8	3.8
射出 溫度 (°C)	120	118
成型品의 加黃 정도	스코오치 發生	양 호

Daniels Edgwick 45 SR 機械와 RAPRA 비커형 金型 barrel溫度 90°C, 金型溫度 180°C
 射出壓力 111MN/m², 配合 (Table 1-1)
 무우너 점도 ML3, 120°C, 59
 무우너 스코오치 120°C, T, 26분,

그림 1-16과 그림 1-18에서 노즐直徑을 變化시킨 效果는 射出時間과 射出壓力 곡선의 위치를 이동시키고 適切한 庄力이 주어진다면 정상적인 射出時間이 노즐直徑의 變化에 의해서 調節될 수 있으며 일정한 庄力하에서 노즐直徑의 變化에 대한 butyl配合의 射出溫度를 그림 1-19로 나타내었다. 그리고 最大 열 상승점의 存在와 이 最大點이 射出壓力와 노즐의 直徑에 달려 있다.

射出부피가 增加함에 따라 射出溫度가 增加하는 Booth의 그림 1-20 역시 노즐의 直徑과 關聯된다. 그러나 射出부피의 50% 이상 이

후부터는 현저하지 않다.

結論적으로 높은射出溫度와 빠른射出時間을 얻기위해機械의射出容量을 감안해야 하며 適合한 노즐直徑을 選定하는것이 重要하다.

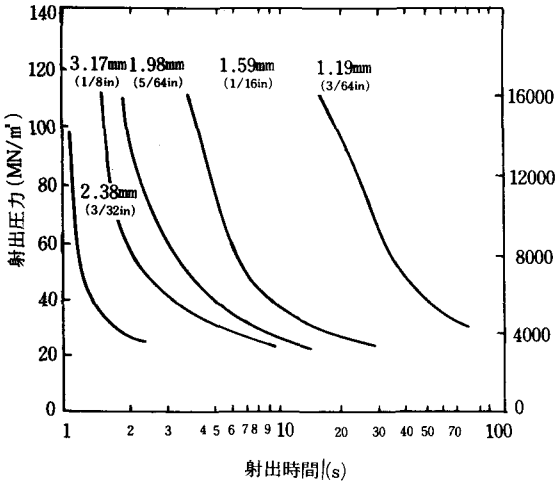


그림 1-18 여러가지 노즐에서射出時間과射出力과 關係

Daniels Edgwick 45SR 機械
 硬度40(shore A)인 Butyl配合
 射出容量 48 cm^3 , barrel 溫度 107 $^{\circ}\text{C}$
 스크류速度 100 rev/min

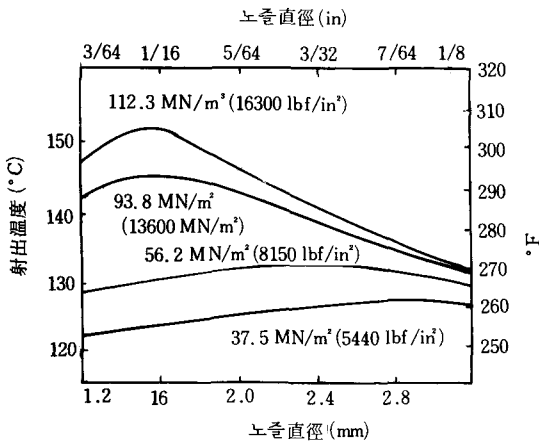


그림 1-19 노즐直徑과射出溫度의 相互關係
 Butyl配合 硬度40(shore A)
 Daniels Edgwick 45 SR 機械

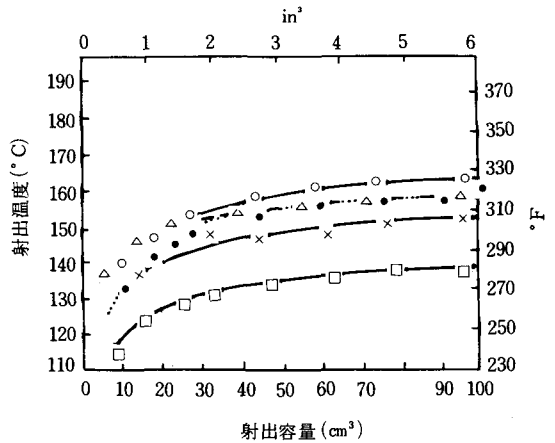


그림 1-20 여러가지 노즐直徑에서射出容量과射出溫度와의 關係
 Butyl配合 硬度40(shore A)
 射出庄力 108 MN/m^2 , barrel 溫度 116 $^{\circ}\text{C}$
 스크류速度 100 rev/min
 노즐直徑 Δ 1.19mm \circ 1.59mm
 \bullet 1.98mm \times 2.38mm \square 3.17mm

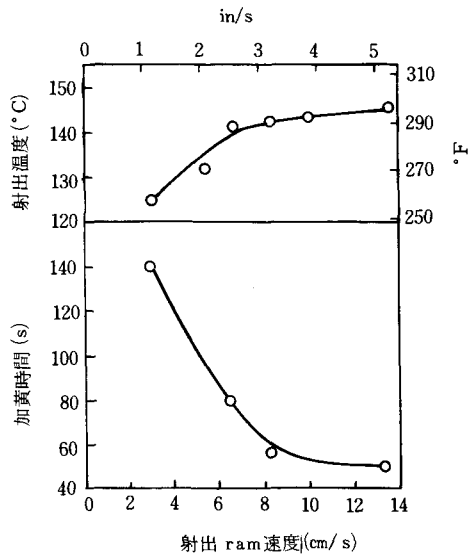


그림 1-21 두께2.1mm 成形物의射出ram速度의变化에 따른加黃時間과射出溫度의 效果
 Peco 21TS 機械

1-4-6. 射出 ram 速度의 效果

고무配合는 機械設計에 따라 다르긴 하지만 대체로 $50\sim 350\text{cm}^3/\text{s}$ ($3\sim 21\text{in}^3/\text{se}$)의 速度로 스크류의 軸方向으로 이동하여 단혀진 金型 속으로 射出된다. 最少의 射出時間인 1초까지 이와같은 方法³⁾으로 얻을 수 있으며 유압을 調節해서 25초, 혹은 그 이상⁴⁾까지 射出時間을 無限하게 延長시킬 수 있으며 實際로 射出速度는 射出庄力과 노즐 直徑에 의존된다⁵⁾. 그림 1-21에서 ram 速度가 增加하면 射出溫度가 높아지고 加黃時間이 빨라진다. 그러나 너무 빠른 速度에서는 오히려 射出溫度는 낮아지고 加黃時間은 늦어진다. 그림 1-21은 2.1cm (0.8inch) 두께의 成形物이 射出溫度가 140°C 이상에서는 60초 이내에 加黃될 수 있다는 것을 보여준다.

1-4-7. 金型 溫度

가장 높고 安全한 barrel 溫도와 고무가 노즐을 通過할 때 可能한 가장 높은 溫度를 얻는데 研究해왔다. 金型에 고무를 채우는 동안 스크오치의 危險이 없는 範圍내에서 可能한 한 가장 높은 金型溫度를 유지시키는 것이 必要하다. Daniels 機械에서는 barrel 溫度 90°C 에서 射出溫度 $120\sim 125^\circ\text{C}$, 金型溫度는 $180\sim 200^\circ\text{C}$ 가 適合하다. 예를 들어 barrel 溫度가 $120\sim 125^\circ\text{C}$ 까지 增加한다면 射出溫度는 $150\sim 160^\circ\text{C}$ 까지 增加한다. 그래서 金型溫度는 成形製品의 양벽에 스크오치가 일어나는 것을 방지하기 위해 약 180°C 가 가장 適合하다. 스크오치가 일어나지 않는 範圍내에서 가장 높은 金型溫度를 選定하는 方法은 스크오치의 잔물결 표시가 成形製品의 표면에 나타날 때까지 溫度를 漸次의으로 올려서 잔물결 표시가 나타난 溫度에서 $3\sim 5^\circ\text{C}$ 의 溫度를 내리면 된다.

射出成形이 始作된 早期에는 어떤 학자들은 金型溫도와 같은 溫度에서 射出되는 것이 이상적이라고 말했다. 金型溫度를 사출온도로 낮춤으로써 아주 빠른 加黃이 된다해도 스크오치가 일어나지 않는 範圍내에서 金型溫度를 더 높게 함으로서 얻어지는 生産성이 效率의이며, 金型溫도와 射出溫度를 같게 하는 것이 좋은 方法이 못 된다.

實際로 barrel에서 스크오치의 危險없이 165°C 이상의 射出溫度로 올리는 것은 不可能하다. 射出溫도와 金型溫度 사이의 온도차를 줄임으로써 역加黃의 觀點에서는 長點이 나타나기도 하나 그러나 射出溫度보다 몇도 높은 金型溫度를 유지시키면 항상 安全한 成形을 할 수 있다. 왜냐하면 金型속에서 고무를 팽창시켜 金型을 完全히 채우는데 약간의 溫度差가 必要하기 때문이다.

1-5. 다른 機械 操作

가장 重要한 機械 操作은 앞에서 言及되었다. 그러나 아직도 精密한 機械에 대하여는 調整되고 設計되어져야 할 많은 요소들이 남아있다. 이 요소들은 成形製品의 質과 機械作動에 있어서 重要한 役割을 한다.

1-5-1. 스크류 冷却

여기에 言及된 Desma 905 機械⁶⁾ 역시 空氣나 액체에 의한 冷却裝置가 있다. barrel을 循環하는 system이나 각기 달리 調節되는 加熱system을 循環하는 모든 액체는 screw를 통하여 循環된다.

1-5-2. 庄力 및 時間 調節

Peco 21TS와 같은 機械는 射出사이클에서는 임계점에서 몇 초 동안 射出庄力이 必要하다면 射出庄力까지 올릴 수 있다. 거의 모든 機械는 金型이 가득차거나 거의 가득차올 때 庄力을 維持시키기 위하여 射出庄力을 緩化시킨다. 이 維持庄力의 時間은 1초 혹은 2초일 수도 있지만 flash發生에는 지대한 影響을 미친다. 또한 維持庄力은 最少로 flash 줄이고 金型내에서 고무의 凝固를 돕는데 利用되고 sprue bush로부터 sprue-back까지 고무를 팽창 할 수 있게 한다. sprue bush를 통하여 나오는 고무의 量은 射出溫도와 金型溫度와의 不均衡에 달려 있다.

1-5-3. 노즐 溫度

大部分의 射出機는 加黃이 始作된 後에 金型으로부터 barrel 앓셈브리(노즐 포함)를 自動的으로 후퇴시키는 裝置를 가지고 있으며 spure bush에서 加黃된 고무는 약간의 内部庄力을 維持한다. 이런 裝置에서도 加熱된 金型과 가까이

接觸되어 있는 노즐에서 스코오치가 일어날 수도 있다. 그러나 뜨거운 물로 노즐을 냉각시키는 것은 plug를 發生시키고 늦고 주춤하는 射出을 誘導한다.

1-5-4. 노즐 設計

표준 노즐은 一般的으로 구멍으로 誘導되고 서서히 가늘어지는(tapering) 流路로 設計되었다.

그림 1-22에서와 같이 再設計된 流路는 暖流를 形成하고 각 射出 사이클 사이에 고무가 남아있지 않도록 하는데 有用한 價値가 있다고 알려졌다. 노즐의 끝은 溫度가 調節된 액체가 循環하도록 jacket가 갖추어져 있으므로 노즐 맨 끝에서 配合物의 加黃을 막을 수 있다.

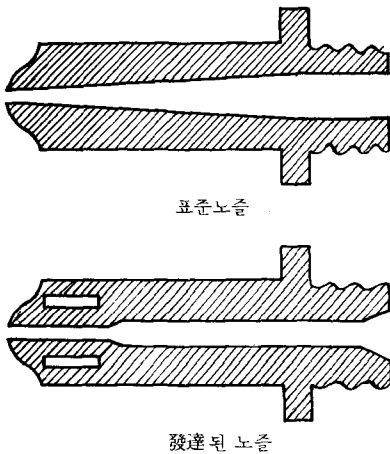


그림 1-22. 高溫度用으로 Izod와 Morris¹³⁾에 의해 設計된 노즐

1-6. 金型 設計

金型設計는 매우 큰 課題이기 때문에 考慮할 要素에 대해서만 言及하고자 한다. 金型設計는 完製品이 나오기까지 전체의 射出工程과 關係가 있기 때문에 매우 重要하다. 전체의 射出成形의 성공은 훌륭한 金型設計에 달려 있다고 해도 과언은 아니다. 金型製作에 관한 안내서나 權威있는 책자가 없고 아직도 大部分이 技能이거나 기껏해야 金型科學이라고 할 만큼 우리들 周圍에

는 金型전문가가 거의 없다. 아직도 金型은 金型設計 분야에서 얼마 만큼의 自動化 정도에 따라 勞動節減이 달려 있기 때문에 全 工程의 最適 役割을 한다. 射出機 lay-out이 먼저 考慮되어야 하고 金型은 垂直 또는 水平으로 열려지게 할 것인가를 考慮해야 한다. 水平으로 여는 金型의 長點은 成形製品을 자유롭게 뺄 수 있으며 Simon³¹⁾과 coscia³²⁾에 의해서 立證된 guillotine裝置에 의해서 自動적으로 탈거되게 할 수도 있다. 그러나 모든 成形製品이 이렇게 될 수는 없다. 단단한 成形製品은 이 裝置에 의해서 自動으로 탈거될 수 있으며 플라스틱 成形物과 같은 것은 부서진다. 또 한가지의 方法으로는 庄縮空氣噴出에 의해서도 可能하다.^{33, 34)} 垂直으로 開閉되는 金型은 一般的으로 金型 반쪽이 만나는면의 境界線을 따라서 고무가 유입된다. 水平으로 열리는 金型은 一般的으로 金型의 한쪽면에 있는 sprue와 runner, gate를 통해서 고무가 流入된다. 使用할 射出機의 크기는 다음 4가지를 考慮해야 한다.

- (1) 生産될 製品의 치수와 容量
- (2) cavity 數
- (3) 金型의 크기와 flash를 없게하거나 최소로 줄이기 위한 金型을 잡그는 裝置
- (4) 고무製品의 特性에 따른 金型 cavity를 채우는 동안에 고무에 必要한 射出 혹은 transfer 庄力

射出機械의 適切한 射出容量, clamping 庄力, 射出庄力, 金型을 設計하는 基本法則이 決定되어야 한다. 射出庄력과 金型面積+runner의 곱은 金型을 닫는 힘보다 훨씬 적어야 하며 金型을 만드는 才質도 重要하다. flash를 없게하거나 거의 없도록 하기 위한 가장 좋은 金型은 金型에 가해지는 射出庄 $137-206\text{MN/m}^2$ ($20,000-30,000\text{lb/in}^2$)에 견딜 수 있는 充分히 強한 철로 만들어져야 한다. 비틀어짐은 flash를 誘導하고 열 비틀어짐을 피하기 위하여 마지막 크기대로 자르기 전에 應력을 줄여야 한다.

Clamping 혹은 분할면은 研磨되어야 하며 mould cavity, runner, gate와 sprue나 transfer 面積周圍에 land clamping면은 金型이 단

히는 면²⁹에 잘 물려져야 한다. Lupton³⁵는 고무射出金型設計者는 다음을考慮해야한다고 한다.

- (1) 높은 溫度에서 調節 (보통 200~230°C)
- (2) 고무의 流動性
- (3) 流體에서 加黃된 狀態로 迅速한 變化

金型이 200°C 이상으로 加熱될 때 여러가지 部品이 다른 部分과 不一致를 야기시키는 정도까지 膨脹한다. 은못, 배출기 register와 같은 움직이는 部品들이 꼭 조이게 되어 金型이 正確하게 닫히는 것을 妨害할 수 있다. 그래서 成形製品의 치수가 정밀하지 못하고 과도한 flashing이 일어난다. 金型의 두 반쪽간에 微細한 차이의 膨脹이 있다면 taper 간에는 틈이 생겨 일직선이 안된다. 경우에 따라서는 압고정핀이 솟고정핀 위에 위치하여 flash를 생기게 하는 틈을 形成한다. 좀 더 신뢰할 만한 方法은 어느 한 方向으로 치우치는 膨脹을 막기 위해 4개의 key를 選定하는 것이다.³⁵ guide 은못이나 축이 金型을 일직선으로 하기위해 使用되며 이것들은 잘 들어갈수 있도록 若干의 경사가 져야 하고 힘을 받아도 전될 수 있도록 充分히 단단해야하고 열 膨脹에 대해 安全해야 하기 때문에 庄縮金型에는 좀 더 좋은 철이 使用되어야 한다. 이것들은 녹슬지 않고 단단하게 열처리되고 크롬 도금되어야 한다.³⁰ 열처리된 철은 金型의 壽命을 延長하고 특히 고무와 接觸하는 面에서는 더욱 그러하다. 모든 고무 接觸面이 깨끗하게 연마되고 core pin 을 도금한다면 金型의 壽命을 더욱 延長할 수 있고 runner에서는 흐름 特性을 向上시킬 수 있다.

1-6-1 金型 加熱

우선 加熱 調節裝置가 決定되어져야 하는데 一般적으로 전기 band, strip나 cartridge 가열기, 전기유도 가열기, 循環流에 의한 加熱方法이 있다. 金型을 加熱하는데 實質的인 問題는 큰 金型面積을 加熱할 수 있어야 하고 또 一定한 溫度로 유지되면서 金型全體를 얼마나 均一하게 加熱할 수 있는가?가 重要하다. 金型cavity에 너무 가까운 加熱機는 열점을 야기시키며 金型冷却은 金型표면과 内部와의 溫度差를 줄일 수 있다. 抵抗이나 전기유도에 의한 전기가열은 약1.22W

/cm³의 부하로 供給되며 thermocouple은 溫度를 정밀하게 調節할 수 있게하고 등근金型을 加熱하기위한 加熱머는 一定한 熱을 공급할 수 있다. 비교적 얇은 金型(면당 약 7.6cm 두께까지)은 金型이 加熱된 앞반(platen) 위에 올려진다면 金型内에서의 加熱은 必要없다. 射出工程에서 大部分의 고무 浪費는 runner와 sprue에서 發生하므로 runner system에서 고무가 浪費되지 않도록 冷runner system이 고안되었는데, 그 原理는 金型에 만들어진 channel은 射出 실린더 役割을 하고 고무를 각 金型 cavity에 直接的으로 流入시키는 役割을 한다. 金型은 (1) 金型cavity (2) 中間 열장개지역 (3) 加黃點 이하에서 고무를 貯藏하는 裝置로 構成되어있다. 冷 runner金型 効果는 Lupton³⁵와 Simon³¹에 의해서 實驗되었다. 安全한 고무, 貯藏裝置는 加黃溫度 보다 낮아야 하므로 약120~130°C가 適當하며 貯藏된 고무는 스크류 回轉이 遲延된 후 射出機의 노즐을 통하여 나오는 고무보다 다소 溫度가 낮을것이다. 冷runner system使用이 고무원료 面에서는 經濟的일 수 있지만 각각의 成形製品이 어떤 自動의 탈거裝置가 없다면 손으로 꺼내야하는 어려움이 있다. cavity數가 많은 金型에서 한번에 당겨서 모든 成形製品을 빼 낼 수 있도록 設計된 加黃runner system이 훨씬 經濟的이다.

1-6-2. 金型 layout

金型 layout은 매우 重要하다. 그것은 cavities, 가열기, thermocouple, 은못, insulation sprue, runner, gate 탈거裝置, 空氣구멍, 진공裝置등이 포함된다.

1-6-3. Cavity layout

Cavity layout은 經濟的인 面에서 볼때 한 金型에 最大의 cavities數를 넣는데³⁶ 있으므로 상당히 重要하다. 流路를 통해 고무가 흘러 들어가 cavities가 채워질 때 각각의 cavity는 같은 時間과 같은 速度로 채워져야하며 中央流入點에서 대칭으로 배열하는 것이 좋다.

1-6-4. Runner 設計

지금까지는 노즐만이 射出unit와 金型 cavity간의 流路의 部分으로서 생각되어 왔다. 아주 단순한 金型의 境遇를 除外하고는 노즐은 보통 s-

prue, runner, gate로 連結되어 金型 cavity로 이어진다. runner는 sprue라고 불리는 中央 射出支點에서 고무를 傳達하기 위해 設計된 물줄기의 一種이다. runner에 加熱裝置를 設置할 수도 있어 고무가 cavity로 가는 도중에 더 많이 열을 얻을 수 있다.

Runner는 可能한 한 짧고 直接的으로 連結되게 設計되어야 하며 고무의 浪費를 막기 위하여 金型에 고무를 채우는 시간에 對應되는 부피가 最小이어야 한다.

양호한 흐름을 위한 最上의 단면은 원형과 타원이지만 반구와 4각형 단면도 使用될 수 있다.²⁹⁾ 流路는 可能한 한 유선형이어야 하나 만약에 각이진 部分이 必要하다면 庄力손실을 減少시키기 위하여 반경으로 하여야 하며 runner를 부드러운 유선형 흐름을 위한 gate의 크기로 점차 減小하는 taper形 이어야 한다. runner를 設計할 때 流體의 흐름特性을 設明한 간단한 방정식을 利用하면 有効하다. 층류흐름(non-turbulent)에 대한 Poiseuille 방정식인 모세관에서

$$\text{Newtonian 流體는 } P = \frac{8L\mu V}{\pi r^4}$$

P : tube 양끝의 庄力差

L : tube 길이

μ : 流體의 絶對密度

V : 부피 흐름 速度

r : tube 반경

Newtonian 액체의 부피흐름은 tube반경의 4승 혹은 tube面積의 제곱에 비례하므로 노즐, runner, gate의 반경을 약간 增加시키면 이부분을 통과하는 고무의 흐름速度는 큰 차이를 일으킨다. tube에서 庄力降下와 흐름抵抗은 tube의 길이에 比例하므로 runner를 可能한 한 가장 짧은 길이로 해야 한다. 즉 射出庄力은 길고 좁은 流路에서 浪費될 수 있다. 實際로 射出庄力이 制限되어 runner에서 庄力降下가 最大 射出庄力보다 크다면 金型에 고무를 채울 수 없을 것이다.

불행하게도 runner問題에 正確하게 適用하는 것은 不可能하다. 왜냐하면 고무는 Newtonian의 액체가 아니기 때문이다. 예를 들면 고무의

점도는 剪斷率에 달려있다. 그리고 射出工程에 適合한 剪斷率에 고무점도를 決定한다는 것은 쉽지가 않다. 또한 점도에 影響을 미치는 溫度變化와 流路에 따라 庄力變化가 있기 때문에 방정식에 適用한다는 것이 역시 어렵다.

1-6-5. Gate 設計

Runner는 金型 cavity에 고무를 注入시키는 마지막 流路中的의 하나인 gate에 連結된다. gate는 노즐의 技能을 가지고 있으며 고무가 gate를 통하여 지나갈 때 열을 마지막으로 올리기 위해 크기와 모양을 設計할 수 있다. 그러나 gate에서 溫度上昇을 調査한다는 것은 어렵다. 왜냐하면 周圍의 金型溫度에 影響을 받지 않고 金型內에 thermocouple를 넣는 어려움이 따르기 때문이다. 그러나 金型을 열어서 고무가 cavity에 들어가는 마지막 溫度를 알기 위해서 加黃되지 않거나 部分的으로 加黃된 고무에 thermocouple를 끼울 수 있다.

Gate의 다른 技能은 고무가 쉽고 말끔하게 떨어질 수 있도록 充分히 작아서 製品이 더 이상 다듬질할 必要가 없도록 해야 한다. 또한 製品의 技能에 妨害되지 않는 위치에 設計되어야 한다. 模樣과 크기에 대한 特別한 制限은 없지만 cavity를 채우는데 必要한 時間 동안 一定한 부피의 고무를 통과시켜야 하는 점을 考慮하여 알맞은 크기의 gate가 必要하다. gate는 역시 빨리 그리고 쉽게 除去하기에 充分히 強해야 하는 반면 다듬질 하기에 쉽도록 어느 정도 물려야 한다. gate의 단면적은 runner와 같은 模樣이지만 두께가 약 0.5~0.38mm 直徑이 0.8mm 정도 runner보다 얇고 작다.

Gate의 끝 부분의 크기는 고무가 cavity에 들어갈 때 고무의 스크오치를 일으킬 만큼의 과열이 없는지를 實際로 試驗해야 한다. Turk²⁹⁾는 runner와 gate의 形態를 그림 1-23에 나타냈고 Boost³⁾는 butyl配合으로 fan gate의 깊이 變化에 따른 效果를 調査하였다.

깊이가 0.254, 0.508, 0.762, 1.016mm인 gate로서 Table 1-7에서 나타난 것처럼 射出時間과 加黃時間에 影響을 미친다. 1.016mm 깊이의 gate는 가장 빠른 射出時間 및 가장 빠른 加黃時

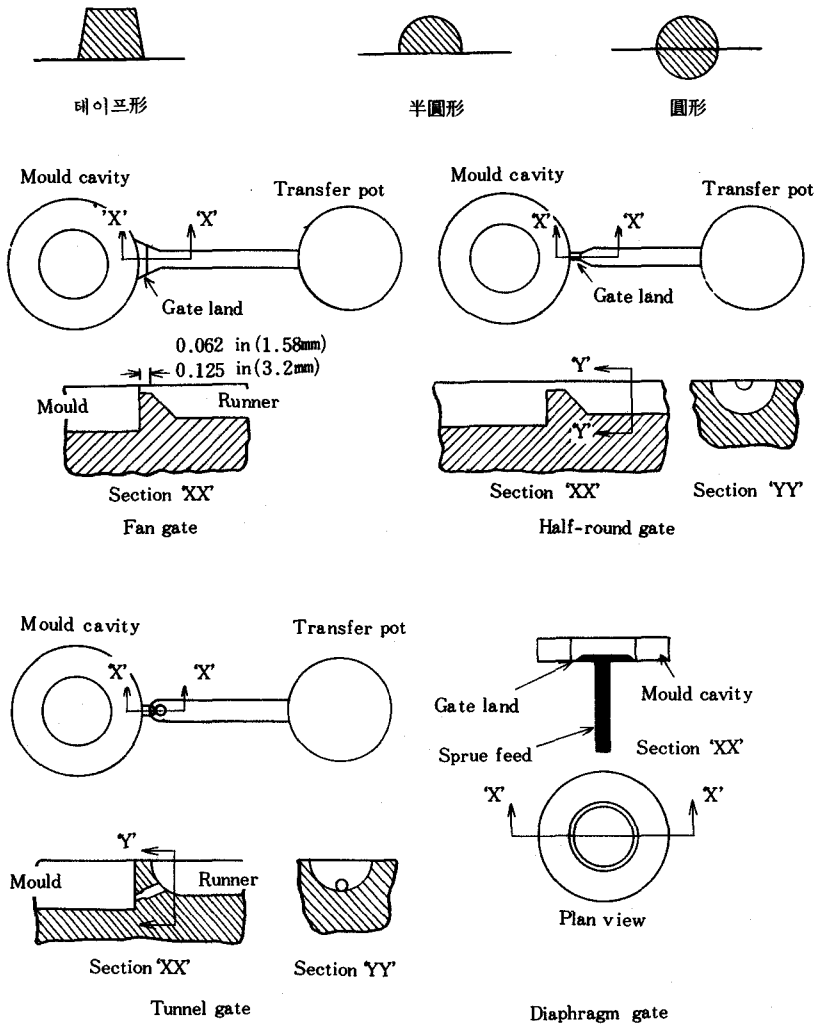


그림 1-23 여러가지 形態의 runner와 gate

間을 나타냈고 Table 1-8에서는 1.016mm 깊이
의 gate와 直徑이 다른 여러가지 노즐을 使用하
여 射出溫度, 射出時間, 加黃時間을 調査했다.
3.17mm의 노즐은 낮은 射出溫度와 긴 加黃時間을
나타냈고 반면에 直徑이 작은 노즐은 보다 높은
射出溫度 보다 짧은 加黃時間을 나타냈다.

1-6-6 金型의 空氣 排出구멍

높은 生産率을 위해서 金型에 고무를 채우는
時間이 最小로 維持되어야 한다. 여기서 金型이
수 초 내에 채워질려면 金型내의 공기가 그시간 이
내에 빠져 나가야 한다는 것을 의미한다. 그런

Table 1-7. Fan gate 깊이의 效果

Fan gate 깊이(mm)	射出時間(s)	加黃時間(s)
0.254	5.4	35
0.508	2.8	35
0.762	2.1	35
1.015	2.0	30

runner 크기(반경) 6.35mm
Daniels Edgwick 45SR機械
barrel溫度 113°C, 金型溫度 204°C
스크류速度 100rev/min, 射出庄力 108MN/m²
노즐直徑 1.98mm, 射出容量 48cm³
硬度 40 (shore A) butyl配合

Table 1-8 노즐크기의 효과

노즐直徑 (mm)	射出時間(s)		射出溫度 (°C)	加黃時間 (s)
	into air	into mould		
1.19	16.3	23.5★	146	35★
1.59	3.8	5.3	151	35
1.98	1.9	2.9	145.5	35
2.38	1.5	2.2	140.5	35
3.17	1.0	11.3	132	45

Daniels Edgwick 45 SR機械
barrel 溫度 107°C, 金型溫度 204°C
스크류速度 100rev/min, 射出壓力 113MN/m²
fan gate 길이 1.015mm, runner 반경 6.35mm
硬度 40 (shore A) 부틸配合
★ 완전히 成形되기 전 스크오치 發生

빠른 射出時間 동안 다이아몬드로 긁어 자국을 내는 在來의인 方法으로는 만족스럽게 金型的 空氣를 빼는 것이 어렵고 한번 포집된 空氣는 빠져나갈 기회가 거의 없어 심한 산화를 일으킬 수도 있다. 좁고 얇은 홈 形態의 排出口는 金型的 분할선에 設計되어야 하며, 一般的으로 gate나 고무 流入 支點 반대쪽에 위치하지만 만약에 여러 方面으로 流入된다면 空氣排出口는 고무 流入 支點 사이에 위치해야 한다. 이들 홈의 크기는 빠져나가야 할 공기의 부피에 달려 있다.

그러나 깊이가 약 0.05mm, 폭이 3.2mm인 홈이 一般的으로 適當하다. 그리고 成形製品에 자국난 홈의 표시는 너무 작아서 무시되어도 좋을 만큼의 표시를 남겨야 한다. 空氣포집이 분할선으로부터 멀리 成形品の 몸체에 나타난다면 自體의으로 排出하는 方法이 考案 되어져야 한다. 진공펌프는 金型이 닫힌 후 수초 내에 상당한 量의 空氣를 排出시킬 수 있어 量産用 機械에서 有效하게 使用되고 있다.

1-6-7. Flash 없는 成形法

事實 flash가 없는 成形品을 만들기는 어렵고 費用이 많이 든다. 만들어진다 할지라도 使用中에 金型에 대한 strain이 發生하여 成形製品과 金型表面에 除去하기 어려운 매우 細密한 flash를 일으키는 결함을 지니고 있다. 金型을 다듬질 할수있을 만큼 여유를 두거나 cavity 주위에 과잉의 고무를 빼기위한 홈을 만

드는 것이다. 그래서 고무가 金型에서 除去될 때 金型表面으로부터 나오며 너무 얇으므로 과잉고무가 빨리 찢어질수도있고 迅速한 다듬질作業을 할수있도록 金型에서 깨끗하게 떨어질수 있다. Turk²⁵⁾에 의해서 說明된 것처럼 부가적인 排出구멍을 만드는 trim groove도 잇점이 있다.

1-6-8 脫去(ejection)

Guillotine와 壓縮空氣에 의한 自動 탈거가 研究되어 왔다. 탈거는 좋은 인열強度를 가진 두꺼운 製品이나 철이 插入되어 부착된 製品에 適合하다. 排出핀이 製品을 直接的으로 미는데 使用되는 straight pin보다는 버섯形이나 mitre形의 핀이 더 좋다.

1-6-9 收縮

收縮은 cavity나 core pin에서 許容되어야 한다. 成形品の 收縮은 金型을 만드는 철보다 고무의 팽창계수가 더 크다는 事實에 기인된다. 收縮은 충진제의 種類와³⁷⁾ 量³⁸⁾에 따라 다르며 金型表面溫度, 射出壓力 및 加黃時間과 같은 工程變數에도 關係된다. 한 학자는 壓縮成形에 비해서 射出成形이 (1) 平均收縮이 적고 (2) 收縮 範圍가 더 좁고 (3) batch 대 batch의 收縮 範圍가 역시 더 작다는 것을 보여 주었다. 그러나 어떤 작업자들은 射出成形의 좀더 높은 溫度를 考慮한다해도 射出成形의 收縮이 압축 성형을 기초로하여 계산된 收縮보다 클 수도 있다고 主張했다. 收縮은 測定되는 여러方向에 따라 일정치 않다.³⁹⁾ 왜냐하면 주어진 配合에서 成形物의 收縮變化는 混合 및 加黃 時에 發生하는 内部strain이 分散되기 때문이고 時間과 함께 迅速하게 떨어지는 分散率에 기인 되기 때문이다. 壓縮成形에서의 收縮變化를 調節하는 것은 배향 혹은 blanks의 strain 효과와 工程管理에 의해서 잘 성취될 수 있다.³⁹⁾ 射出工程에서 흐름의 形態를 바꾸는것은 어렵다. 變化되는 收縮部分은 加黃이 始作되기 전에 고무분자의 運動에너지에 의하여 흐름의 形態를 임의로 變更시킬 수 없는 配合의 射出 때문이다. 보다 安全한 配合과 낮은 金型溫度는 收縮問題를 減小시킬 수 있다. 비싼 金型이 못쓰기 전에 收縮에 대한 計算이 있어

야하고 適當한 크기의 시편金型을 生産에 따른 加黃溫度에서 射出成形한다. 그래서 生産配合의 收縮에 관한 正確한 data를 얻을 수 있다. 구두바닥에 뒤꿈치가 붙은 成形物은 중력의 中心에서 射出하는 것이 바람직하다. 뒤꿈치에서 射出하는 것보다 어떤 경우에는 훨씬 더 좋은 것으로 밝혀졌다.

金型을 만들 때 초기실험 후 cavity와 core pin이 마지막으로 치수를 맞추기 위해서 여유를 주어야 한다.

1-7. 金型面

金型設計에서 마지막 注意 할 점은 金型的 作業面위에 스크류 고정구멍이나 joint를 設置하지 말아야 할 것이며 특히 분할선이나 닫히는 面 위에는 더욱 그러하다. 그러한 구멍은 flash와 金型損傷을 일으키는 原因이 된다.²⁹⁾

1-8. 스크류 設計

스크류는 고무配合物을 쉽게 끌어 당겨서 空氣를 빼내고 均質化하면서 되도록 最小의 마찰을 維持해야 한다. 또한 스크류는 높은 射出壓力에 대해서 自體的으로 密封되어야 하며 스크류의 길이: 直徑의 비는 10~12:1³⁰⁾ stroke: bore의 비는 2:1보다 작은 것이 一般의이다. 스크류設計는 適當한 傳達面積에 安定된 일을 할 수 있도록 充分한 스크류 길이로 設計되어야 하며 flight는 垂直方向으로 壓力을 주지 않도록 設計되어야 한다. 一定한 피치로 스크류는 상당한 壓力을 일으킬 수 있다. 스크류에 의한 可塑化 정도는 스크류 直徑에 좌우되는 것으로 나타났다. 주어진 速度에서 좀 더 넓은 直徑의 스크류는 보다 큰 可塑化率을 나타낸다. 나선형의 끝이 달린 스크류 head는 Ankerwerk機械에서 成功的이었다. 스크류 flight는 screw의 원추형 範圍內에서 고무를 強制 流入시키며 실린더벽에 接觸하는 고무를 떨어지게 하고 고무가 없는 空間이나 延長된 체제시간을 없게 한다. Ankerwerk에 의해서 考案된 복귀하지 않는 v-alve ring이 射出壓力에 대하여 스크류 head에서 스크류 flight를 固定시킨다. 그리하여 射出

과 matering은 特히 높은 壓力에서 더 精密하고 스크류 flight를 經유한 black flow의 變化는 없다. Booth²⁸⁾는 Ankerwerk V36-150機械로 butyl配合를 使用하여 스크류 가장자리의 복귀하지 않는 밸브가 射出效率를 增加시킨다는 것을 알았다. 스크류 가장자리의 복귀하지 않는 밸브를 使用했을 때 한번의 射出精度變化에 대한 敏感度는 減小된다.

1-9 Ram 射出機의 運轉

Ram과 screw-ram射出機의 차이점은 이미 자세히 언급되었지만 본장은 ram射出機의 操作에 대해서 몇가지 더 언급하고자 한다. 壓力과 함께 射出時間의 變化는 여러가지 gate크기에서도 나타난다. EPDM과 Chlorosulphonated polyethylene配合에 대한 data도 이미 알려졌고, 이미 모든 polymer에 適用될 수 있는 것으로 알려졌다. 結論은⁴⁾ 고무점도가 40에서 [MS1+10, 121°C] 사이에 있어야 하며 ram사출기 變數가 應用될 수 있는 screw-ram射出機에서와 같은 方法으로 考慮할 수 있다. 예를들면 실린더 溫度는 스크오치를 일으키지 않는 範圍內에서 可能的 한 높게 해야하며 最大射出壓力은 흐름의 문제없이 迅速하게 金型에 고무를 채우는 gate크기와 연결하여 使用되어야 한다. 6.35mm보다 두꺼운 成形製品에 대해서 最大剪斷力에 의한 加熱은 작은 gate와 높은점도의 고무로서 試圖되어야 한다.

1-9-1. 結 論

지금까지 說明한 變數中에서 barrel溫度가 一般적으로 가장 重要하다. 가장 빨리 加黃시키기 위해서 barrel溫度는 스크오치가 發生하지 않는 範圍內에서 可能的 한 높아야 하며 가장 높은 射出壓力과 適當한 노즐이나 gate에 關係되는 最高 barrel溫度는 最大 射出速度, 最小의 射出時間, 最小의 加黃時間을 나타낸다. 스크류速度와 screw-back壓力과 같은 조정은 射出되기 전에 고무에 影響을 미친다. 그리고 각각의 고무配合, 기계조정, 金型溫度를 最大로 安全한 barrel溫度에서 고무를 混合시키기 위하여 最

適의 狀態에 固定시켜야 한다. Peco, Daniels와 Turner射出機는 120°C에서 무우의 스크오치 시간이 약 20분 이라면 barrel溫度는 20~125°C가 좋다. 좀 더 넓은 스크류가 달린 큰機械는 다소 낮은 barrel溫度를 必要로 할 것이다.

参 考 文 献

- 1) Daniels, D.L., *Rubb. Plast. Age*, **44**, 11,1333 (1963)
- 2) Gardner, H.M. (Daniels of Stroud Ltd.), *Injection Moulding of Elastomer* (edited by Penn, W.S.), Applied Science Publishers, Barking, Chapter 2, p.8 (1969)
- 3) Kleine-Alber, A. and Frank, A., *Rubb. Plast. Age*, **44**, No.5, 515 (1963); *Kautschuk Gummi*, **16**, No.3, 156 (1963)
- 4) Harrison, P.F. and Seklecki, T., *Transactions Sveriges Gummitekniska Forening*, Publ. No.27, Paper 9 (1966)
- 5) Harrison, P.F., *Injection Moulding of Elastomers* (edited by Penn, W.S.), Applied Science Publisher, Barking, Chapter 5, p. 38 (1969)
- 6) Harrison, P.F., *Injection Moulding of Elastomers* (edited by Penn, W.S.), Applied Science Publisher, Barking, Chapter 4, p.31 (1969)
- 7) Wheelans, M.A., *Rubb. Dev.*, **18**, 133 (1965)
- 8) Izod, D.A.W. and Morris, W., *Rubb. Plast. Age* **46**, No.2, 167 (1965)
- 9) Desma-Werke GmbH, *Rubb. Plast. Age*, **44**, No.12, 1470 (1963); House literature, Achim (1964); *Rubb. Plast. Age*, **45**, No.6, 705 (1964); Rev. gen. Caoutch; *Plast.*, **41**, No.12, 1789 (1964)
- 10) Albert Stubbe Maschinenfabrik, House literature, Vlotho
- 11) Ankerwerk Gebr. Goller, House literature, Nurnberg (1963); *Rubb. Plast. Age*, **45**, No.12, 1463 (1964); House literature, Nurnberg (1964); *Knustst. & Gummi*, **4**, No.1, 21 (1965)
- 12) Simon, E., Paper to Norwegian Rubber Conference, Oslo, 30 November (1974)
- 13) Turner Machinery Ltd., House literature, Bramley, Leeds; Skam, G.D., *RAPRA Bull.*, **22**, No.2, 21 (1968)
- 14) Dunlop Co. Ltd., polymer Engng Div.; GKN Machinery Ltd., *Rubb. J.*, **150**, No.5, 45 (1968)
- 15) M.A.S. Hydraulic and Vulcanizing Machinery Co. s.r.l. House literature, Milano, Italy; Mekel, A.L. and Scheele, W.; *Kautschuk Gummi*, **20**, 4, 431 (1967)
- 16) Foster, Yates and Thom, *Rubb. J.*, **150**, No.10, 63 (1968)
- 17) M.A.S. Hydraulic and Vulcanizing Machinery s.r.l. House literature, Milano, Italy
- 18) Lane, R.G., *Rubb. Age*, **93**, 915 (1963); *Indian Rubb. Bull.*, No.183, 19 (1964); Wilkins, B.C. and Wilson, J.W., a David Bridge and Co. Lecture, privately printed; *Rubb. Wld.*, N.Y., 148, No.4, 48 (1963)
- 19) Rienzner, H., *SATRA Translation*, Trans. Series No.19 Jan. (1967)
- 20) Izod, D.A.W. and Skam, G.D., *Injection Moulding of Elastomers* (edited by Penn, W.S.), Applied Science Publishers, Barking Chapter , P.1 (1969)
- 21) Booth, D.A., *Injection Moulding of Elastomers* (edited by Penn, W.S.) Applied Science Publisher, Barking, Chapter 12, p. 153 (1969)
- 22) Turk, K.J., *Injection Moulding of Elastomers* (edited by Penn, W.S.), Applied Science Publishers, Barking, Chapter 3, p. 153 (1969)
- 23) Mulligan, B., *Rubb. Wld.*, N.Y., 156, No. 4, 77 (1967)

- 24) Simon, E. (Ankerwerk) Lecture to Rubber Injection Moulding Exhibition, Shell Plastics Laboratory Delft Feb. 26(1965)
- 25) Coscia, G., *Rubb. Dev.*, 22, No.4, 139(1969)
- 26) G. Angus & Co.Ltd., invs.E.T.Jagger and E.I.Hunter; USP 3290725, publ. 13 December (1969)
- 27) G. Angus & Co. Ltd., invs.E.T.Jagger and E.I.Hunter, BP 1083521, publ. 13 September (1967)
- 28) Lupton, E.J. (Fox and Offord Ltd., Birmingham) *Rubb. Dev.*, 18, No. 3, 111(1965)
- 29) Geschwind, D.H. (E.I.Du Pont de Nemours & Co.) *Rubb. Age, N.Y.*, 101, No. 1, 59 (1969)
- 30) Lymington Machine Works Limited, Camberley, Surrey, House literature
- 31) REP, Villeurbanne, Lyon, France, House literature; *Plast. & Rubb. W.* June 18th (1971)
- 32) Sacomat, Saint-Alban-Leysses, Chambery, France, House literature

알리는 말씀

本會 預金主와 計座番號가 아래와 같이 變更되었음, 會費外 送金하실때 留意하여 주시기 바랍니다.

韓國住宅銀行	413001-86-100136	預金主: (社)韓國고무學會
國民銀行	007-01-0262-370	" (社)韓國고무學會
韓國商業銀行	115-10-004152	" (社)韓國고무學會

4. 郵便對贊納入便

가 입 자	서울 중구 입정동 1
주 소	(동일빌딩 601호)
성 명	(사) 한국고무학회
계 좌	010017-31
번 호	0501072

※入金後 入金事實을 (02) 266-7229(社)韓國고무學會로 電話連絡주시기 바랍니다.
電話로 알려 주시지 않으면 入金者 未確認으로 入金處理가 않습니다.