

液狀 폴리머시스템(Liquid Polymer System)

한국다우코닝(주)

강 인 첩

1. 서 론

액상폴리머시스템(Liquid Polymer System, LPS)은 자원 및 에너지절약, 인건비의 감소등 시대의 요청에 부응하여 미국의 Dow Corning사가 새로히 개발한 시스템이다. 이 시스템을 적당히 활용함으로써 종래의 열가황형 실리콘고무 (Heat Vulcanized Silicone Rubber, HVR)과 대등한 품질의 고무를 얻을 수 있으며, 아울러 생산성의 향상, 제조원가의 절약, 에너지 절약등을 도모할수 있다.

2. LPS

액상실리콘폴리머를 사용하여 실리콘고무를 효율적으로 생산하는 방법 또는 개념을 LPS라 하며 또한 이에 사용하는 액상실리콘고무를 LPS(Liquid Silicone Rubber)라 한다.

오래전부터 액상실리콘을 사용하여 성형한다는 생각은 잘알려져 왔으나 강도가 불충분하여 극히 제한된 범위에만 사용되어 왔다. 그러나 본 LSR은 표 1에서 같이 종래의 실리콘고무와 비교한 결과 하등의 손색이 없이 실용화될 수 있다.

표1. LSR과 HVR의 비교

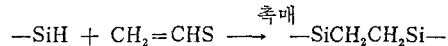
| 항 목 | | 재 료 | LSR | HVR |
|------------------------------|--|-----|-----|-----|
| 경화전 | | | | |
| 고 형 분(%) | | | 100 | 100 |
| 주 도 | | | 액 상 | 퍼티상 |
| 경화후 | | | | |
| 경 도(쇼야A)(도) | | | 55 | 60 |
| 인 장 강 도(kg/cm ²) | | | 60 | 70 |
| 신 장 율(%) | | | 350 | 300 |
| 인열강도(B형, kg/cm) | | | 20 | 15 |

2.1 LPS의 특징

- (1) 액상 또는 페이트상의 이액형 고무이다.
- (2) 혼련작업, 용액등의 예비조작이 필요없으므로 설비비의 절약, 인건비의 절약 및 예비조작중 이물질이 혼입될 염려가 없다.
- (3) 펌프이송, 저액성형이 가능하므로 소요동력이 절약된다.
- (4) 반응부산물없이 없으므로 가스제거, 이차가황등의 작업이 필요없다.
- (5) 경화속도가 빠르므로 성형사이클이 단축되어 생산성이 향상된다.
- (6) 자동화가 용이해 진다.
- (7) 소량의 재료로도 우수한 성형품을 얻을 수 있다
- (8) 용매로 회석할 필요가 없으므로 환경오염등의 염려가 없다.

2.2 LPS의 경화기구

LSR은 펌프이송이 가능하므로 단순한 유체계로서 취급이 가능하다. 또한 경화기구는 아래의 식과 같이 부가반응에 의하여 가교화가 진행되므로 온도를 가함으로써 경화를 현저하게 촉진시킬 수 있으며 또한 부산물이 없으므로 밀봉가압하에서 짧은 시간내에 실리콘고무 탄성체가 생성될수 있는 특징을 갖고 있다.



종래의 실리콘고무와 비교하여 설명하면 그 특징은 더욱 더 명확해 진다. 즉 종래의 기술에서는 대부분의 유기고무와 마찬가지로 혼련작업등을 반복해야 성형이 가능하다. 또한 과산화물, 경화제 또는 중량충전제등을 첨가할 필요가 있다. 압축성형의 경우는 Sheet상으로 Preform 하여야 하며 용매형으로 도포해야 할 경우에는 용해등의 예비작업이 필요하게 된다.

그러나 LPS의 경우에는 A액과 B액을 1:1로 혼합함으로써 즉시 성형이 가능하며, 혼련, 용해등의 예비

작업이 필요없다. 혼합은 뒤에 설명하는 장치로 가능하며 경우에 따라서는 손으로 혼합해도 가능하다. 다만 손으로 혼합하는 경우에는 몇분간 탈포해 주어야 한다.

(1) 사출성형의 경우

종래의 방법에서는 혼련한 u-stock을 transfer pot에 넣고 소위 이송성형법으로 수분 또는 그 이상 경화시켜 성형하며 또한 이 단계에서 과산화물의 분해물을 제거해야 한다. 이에 비하여 LPS의 사출성형에서는 혼합기와 직결된 노즐을 통하여 금형에 주입하는 것이므로 조건설정등을 적당히 조절하면 자동성형도 가능하다. 성형시간은 성형품의 크기 및 두께에 따라 달라지나 LSR에 있어서는 110°C가 되면 거의 순간적으로 경화되므로 일반용도의 경우 약 30초가 일반적이다.

(2) 압출성형의 경우

예를 들면 LSR로 전선피복을 할 경우 피복의 두께를 얇게 하더라도 같은 정도의 절연 내력을 얻을 수 있다 이것은 기포가 함유되지 않은 액상고무로 충분한 피복을 할 수 있기 때문이다. 따라서 이 방법을 사용하면 성형품을 소형화 및 경량화시킬 수 있다.

(3) 압축성형의 경우

LPS 성형재료를 일정량씩 금형에 주입하면 종래와 같은 압축성형이 가능하다.

2.3 일반실리콘고무와의 비교

표 2와 같이 LPS를 사용하면 일반 실리콘고무에 비하여 자원절약, 에너지 절약을 기할 수 있다.

표 2. HVR과 LSR의 성형에 필요한 에너지소비량 비교

| LSR | | HVR | |
|------------------------|----------|----------------------|----------|
| 장 치 | (KWH) | 장 치 | (KWH) |
| 드럼펌프(2대) | 0.001 | 24 인 치 를 | 9,724 |
| 계량펌프 | 0.001 | (0.0425 | |
| 사출성형기 | | 시간가동) | |
| 모 오 터 | 6.6 | 2.5인치 압출기 | 4,833 |
| 히 터 | 1.0 | 73톤 프레스 | 7,000 |
| | | 히 X | 4,180 |
| 합 계 | 7.602 | | 25,737 |
| ※ Spark Plug Boots의 경우 | 9gr/개 | Spark Plug Boots의 경우 | 9gr/개 |
| 금 형 | 4Cavity | 금 형 | 40Cavity |
| 싸이클 시간 | 24초 | 싸이클 시간 | 5분 |
| 성 형 수 | 600개 /시간 | 성형수 | 480개 /시간 |
| 에너지 소비량 | 0.01267 | 에너지 소비량 | 0.0536 |

표 3에는 LSR의 경화시간과 온도와의 관계를 나타내었다.

표 3. LSR의 경화속도

| 온 도 (°C) | 경 화 시 간 |
|----------|---------|
| 5 | 3개월 |
| 50 | 2시간 |
| 75 | 15분 |
| 110 | 110초 |
| 120 | 95초 |
| 150 | 50초 |
| 175 | 20초 |
| 200 | 5초 |

3. LSR 성형재료

3.1 특 징

전술한 바와 같이 LSR은 부가반응에 비하여 가교화가 진행되므로 Compression Set를 줄이기 위한 목적 이외에는 일반적으로 2차가황이 필요없다.

Dow Corning에서는 각종 성형법에 적합한 여러가지 제품을 구비하고 있다.

혼합비는 배합의 허용범위를 넓게하기 위하여 1:1의 배합을 택하고 있으며 pot life도 길게 설계되어 있다. 이들 제품은 일반 실리콘고무와 같이 내열성, 전기절연성, 내방사선성, 내코로나성등이 우수하며 필요에 따라서는 난연성을 부여하기도 한다. LSR 성형의 다른 하나의 장점은 경화가 빠르다는 것인데 사출성형과 같은 필봉가압하에서는 1mm 두께의 경우 10초이내에 경비가 가능하다.

아닌, 황, 유기석화합물 또한 어떤 종류의 과산화물등과 접촉하던 경화에 방해를 받으므로 시험에 의하여 이점을 검토해야 한다.

3.2 종 류

LSR은 크게 3가지로 대별되는데 사출성형용의 유동형, 압출과 압축성 형용의 유동형 및 비유동형이 있다

(1) 일반용

주도가 낮은 종류로서 저압 및 고압에서 일반용 제품의 성형이 가능하다.

(2) 고경도용

경도 70도의 제품성형이 가능하다.

(3) 내열용

일반 특성은 일반용과 비슷하나 내열성이 우수하다.

(4) 난연용

특성은 내열용과 비슷하나 난연성으로서 UL 94V—

O에 합격할 수 있는 제품이다.

(5) 고인열강도용

인열강도가 20~30kg/cm의 고강력형이다.

(6) 도전용

LSR재료에 도전성을 부여한 것이다.

3.3 특 성

일반특성은 표 4와 같다.

표 4. LPS 성형재료의 일반특성

| | 일 반 용 | | 고경도 | 내열용 | 난연용 | 고인열 강도용 | | 전기전도성 | |
|---------------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| | A 형 | B 형 | | | | A 형 | B 형 | | |
| 경화전 | | | | | | | | | |
| 외관 | A액 | 회백색 | 유백색 | 백 색 | 흑 색 | 유백색 | 투 명 | 흑 색 | |
| " | B액 | " | " | " | " | " | " | " | |
| 점도(Poise) | A액 | 2,000 | 2,500 | 6,000 | 5,000 | 8,000 | 4,000 | 7,000 | 5,000 |
| " (") | B액 | " | " | " | " | " | " | " | " |
| (Dw=5sec ⁻¹) | | | | | | | | | |
| 경화후(150°C/5분, 프레스) | | | | | | | | | |
| 비중 125°C | | 1.13 | 1.30 | 1.16 | 1.11 | 1.28 | 1.15 | 1.11 | 1.03 |
| 경도(쇼아A)(도) | | 50 | 60 | 70 | 55 | 55 | 50 | 37 | 35 |
| 인장강도(kg/cm ²) | | 60 | 60 | 60 | 65 | 60 | 80 | 100 | 22 |
| 신 장 율 (%) | | 370 | 300 | 250 | 290 | 350 | 500 | 700 | 300 |
| 인열강도(A형 kg/cm) | | 12 | 14 | 16 | 12 | 12 | 23 | 30 | — |
| 전기특성 | | | | | | | | | |
| 체적저항율(Ω-cm) | | 1×10 ¹⁵ | 3×10 ¹⁵ | 1×10 ¹⁵ | 1×10 ¹⁵ | 1×10 ¹⁵ | 1×10 ¹⁵ | 3×10 ¹⁵ | 10 |
| 절연파괴강도 (kv/mm) | | 23 | 28 | 25 | 25 | 25 | 25 | 26 | — |
| 내열성(2 차가황) | | (200°C/4 시간) | (—) | (—) | (—) | (200°C/4 시간) | (—) | (—) | (—) |
| | | 150°C/ 72시간 | 220°C/ 96시간 | 220°C/ 96시간 | 220°C/ 96시간 | 200°C/ 72시간 | 220°C/ 96시간 | — | 220°C/ 96시간 |
| | | 초기 가열후 | 초기 가열후 | 초기 가열후 | 초기 가열후 | 초기 가열후 | 초기 가열후 | — | 초기 가열후 |
| 경 도(쇼아A)(도) | | 51 54 60 60 | 70 74 | 55 55 | 56 59 | 50 52 | — | 35 39 | |
| 인장강도(kg/cm ²) | | 60 64 60 63 | 60 50 | 65 60 | 61 65 | 80 60 | — | 22 28 | |
| 신장율(%) | | 300 300 300 210 | 250 150 | 290 230 | 320 250 | 500 310 | — | 300 290 | |
| 난연성 (UL-94) | | | | | V-O | | | | |
| 성형수축율(%) | | 2.4 | 2.3 | 2.4 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | — |

4. LSR용 프라이머

4.1 접착방법

(1) 프라이머의 조성

액형의 프라이머로서 두가지액을 1:1(중량비)의 비율로 혼합한다.

(2) 피착체표면의 처리 및 접착방법

① 접착시킬 금속 또는 실리콘 고무성형품의 표면을

사염화에틸렌 또는 삼염화에틸렌으로 닦아낸 후 다시 아세톤 또는 헥산에 적신형질로 닦는다.

② 혼합한 프라이머를 붓으로 도포하거나 또는 침지 스프레이방법으로 접착면에 도포한다.

③ 프라이머를 도포한 후 실온에서 최소한 30분동안 방치한다. 이때 상대습도는 30% 이상 이어야 한다.

④ 미가황상태의 액상실리콘고무에 프라이머를 도포한 접착면에 유입시킨후 열프레스를 실시한다.

4.2 프라이머의 접착성

| | | 프라이머의 특성 | |
|------------------|------------------|----------|--------|
| | | 프라이머 A | 프라이머 B |
| 외 고 용 비 | 관 분 매 중 | 담황색투명액체 | 투명액체 |
| | | 12% | 8% |
| | | 헵 탄 | 헵 탄 |
| | | 0.75 | 0.78 |

4.3 프라이머의 특성

| 프라이머의 접착성 | | 15분/150°C 오븐경화 |
|-----------|--|----------------|
| 황 동 | | ○ |
| 아 연 | | ○ |
| 갈 루 미 | | ○ |
| 철 | | ○ |
| 스 텐 페 스 | | ○ |
| 동 | | ○ |
| 크롬(크롬도금판) | | ○-△ |
| 주 석 | | ○ |
| 유 리 | | ○ |
| 폴리카르보네이트 | | × |
| 페 놀 | | ○ |
| 실리콘고무시이트 | | ○ |

판 정 : ○표 — 접착가능
 △표 — 접착불충분
 ×표 — 접착되지 않음

5. 성형방법

5.1 LSR의 사출성형

LPS 성형재료는 열경화성으로 상온에서는 액상이나 A액○ B액을 혼합하여 가열하면 화학반응에 의하여 경화가 진행된다.

(1) LSR 사출성형기의 기본구성

기본도형은 그림 1과 같다, LSR은 완전자동화로 사출성형이 가능하다. 완전자동화시킬 경우에는 LSR 용기를 공급장치에 연결시킨 후 작업조건을 조절하면 가능하다. 기존 사출성형기를 개조하여 사용하는 것도 가능하나 (그림 2~3) 기존금형에 공기구멍을 낼 필요가 있다.

주요 구성부분은 다음과 같다.
 원료공급장치(펌프)

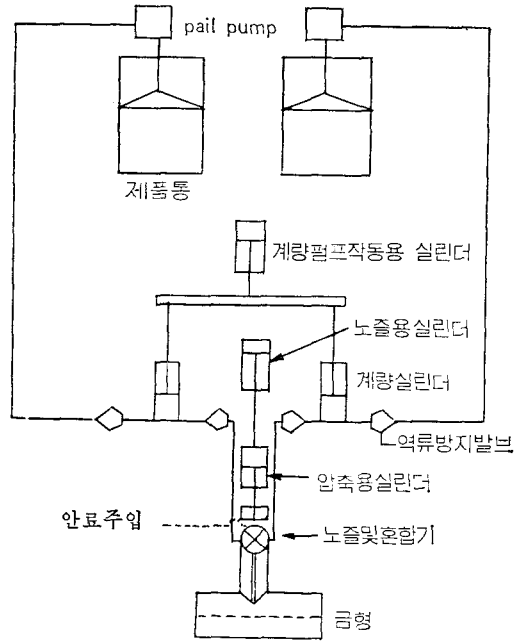


그림 1. LSR 사출성형기의 기본구성

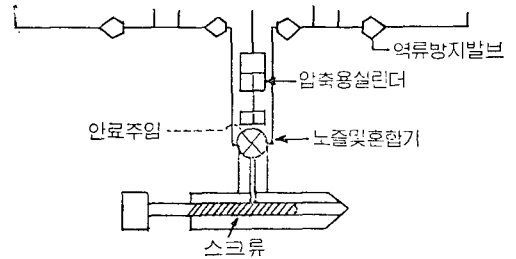


그림 2.

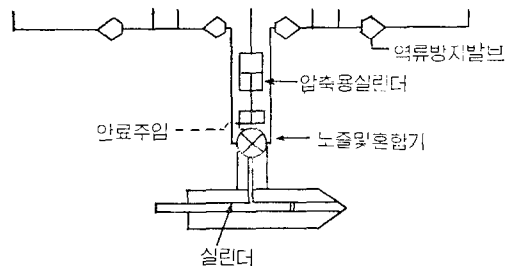


그림 3.

혼합장치
사출장치
금형고정장치
금형(Mould)
세척장치

(2) 사출성형기의 규격

표 5에 하나의 예를 표시하였다.

표 5

| | | |
|----------------|--------------------|-------------------------|
| 혼합비 | | 1 : 1 |
| 사출량 | cc | 150 |
| 사출압력 | kg/cm ² | 200 |
| 유압 | kg/cm ² | 100 |
| 모터 | kw | 2.2 |
| 히터 | kw | 2.6 |
| 금형 | 톤 | 22 |
| | mm | 225 |
| 금형두께 | mm | 130~2,300 |
| | mm | 355 |
| 기름탱크용량 | l | 75 |
| 냉각수용량 | l/min | 600~800 |
| 공기압력 | kg/cm ² | 7 |
| Pail pump 압송능력 | l/min | 4~5 |
| 원료혼합 | | Dynamic 또는 Static mixer |
| 노즐방지 | | |
| 세척 | | 자동세척 |

① 원료공급장치

원료용기에 펌프를 연결하여 원료를 압송하는 장치이다.

② 계량가압펌프

A액, B액 각 원료를 일정비율(1:1)로 정확히 계량(오차범위 ±1.5%)하여 가지 액을 동시에 압송한다. 압송된 원료는 도중에서 혼합되어 그 상태로 금형에 직접 가압, 주입된다.

③ 혼합장치

2액의 혼합장치로서 노즐 헤드에 내장된 오일 모터에 의한 dynamic mixing 또는 동력이 소요되지 않는 static mixer에 의하여 완전히 혼합하여 직접 금형에 가압, 주입한다.

④ 노즐

노즐은 Zet off 기구를 갖추고 있어서 Shot마다 그 기능이 작용하므로 원료가 노즐에서 새어 나가는 것을 방지한다.

⑤ 세척장치

작업종료후 혼합기와 노즐내에 남아있는 혼합원료를

세척할 필요가 있다. 일반적으로 불연성 용매 (삼염화에틸렌)을 사용하여 자동 세척한다.

⑥ 금형고정장치

원료공급장치, 계량펌프, 사출장치와 연동하여 금형의 개폐를 조절한다.

⑦ 금형

LPS를 성형키 위해 사용되는 금형은 기본적으로 일반 열경화성 수지용 금형과 동일하다.

(3) 성형성

① 경화온도

최적온도는 성형품의 두께, 모양 등에 따라 달라지는데, 80~170°C에서 성형이 가능하나 일반적으로는 130~170°C의 범위가 이상적이다.

② 사출압력

LPS 성형재료는 일반 플라스틱재료에 비하여 저압에서 성형될 수 있는 것이 특징이다. 경화온도 150°C에서 사출압력 30~120kg/cm²의 범위가 양호한 결과를 부여한다.

③ 경화시간

LPS 성형재료의 경화시간은 성형품의 두께 1mm당 0초 또는 그 이내의 시간에 경화반응이 완결된다.

④ 겔보기점도

전단속도와 겔보기점도의 관계는 그림 7의 양대수 그래프상에 나타난바와 같이 직선으로 표시되며 전단속도 10⁴~10⁸ sec⁻¹의 범위에서 겔보기점도는 3×10²~7×10⁸ poise이다. 일반 실리콘고무에 비하여 겔보기점도

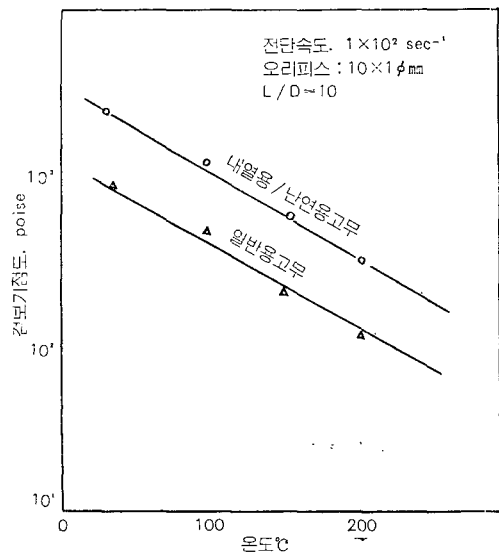


그림 4. 겔보기점도와 온도의 관계

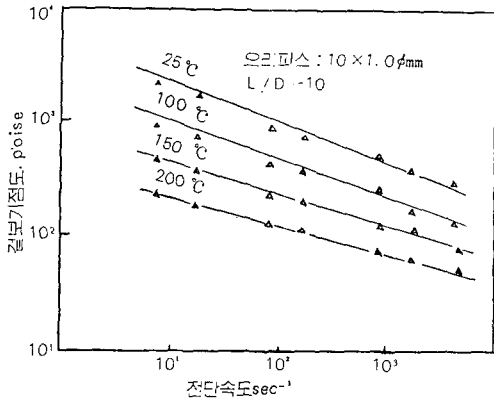


그림 5. 일반용 LSR의 겉보기점도와 온도의 관계

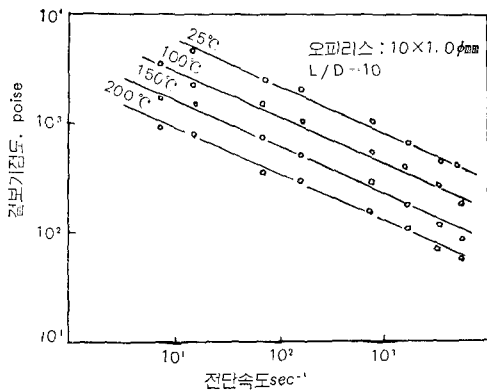


그림 6. 내열용 및 난연용 LSR의 겉보기점도와 온도의 관계

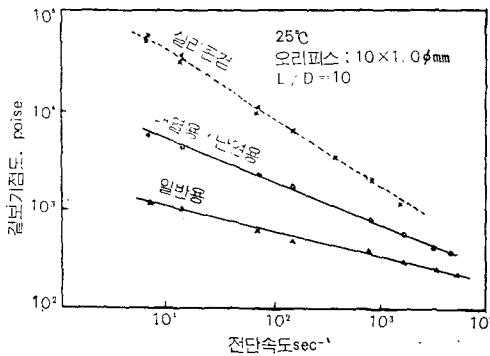


그림 7. 겉보기점도와 전단속도

의 전단속도의존성은 적으며 비뉴턴흐름을 나타낸다. 또한 겉보기점도의 온도의존성은 그림 4, 5, 및 6에 나타나 있다.

⑤ 성형사이클

금형온도 100~200°C에 있어서 성형사이클은 그림 8과 같다. 예를 들면 150°C에 있어서 성형품 1mm당 성형사이클은 10초이하로서 이것은 열가소성수지에 비하여 짧은 시간이다.

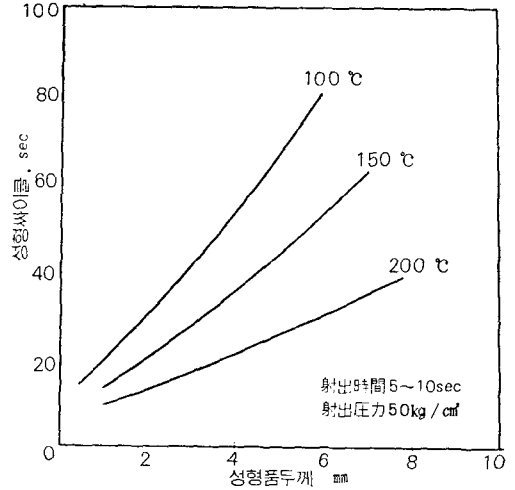


그림 8. 성형사이클

⑥ 금형온도와 경화시간의 관계

금형온도와 경화시간의 관계를 성형품의 두께별로 비교하면 성형사이클의 경우와 마찬가지로 경화속도가 빠를 것을 알수 있다. (그림 9)

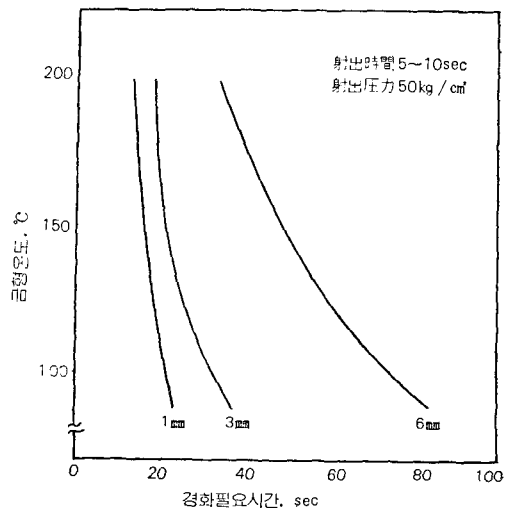


그림 9. 금형온도와 경화시간

⑦ 성형영역

LPS 성형재료의 성형가능영역은 그림 10과 같다. Short shot 발생에서 불량품발생까지의 성형영역이 넓어서 광범위한 사출압력의 설정이 가능하다. (그림 10)

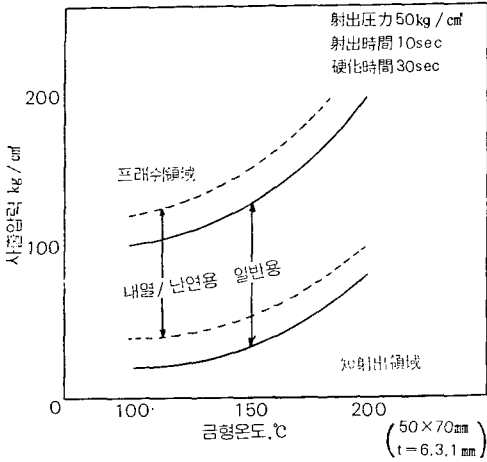


그림 10. 성형영역

⑧ 성형수축율

성형수축율은 100~150°C에서 2~3%이다. (표 6)

표 6. 성형수축율

(경화시간 30초, 사출시간 10초, 사출압력 50kg/cm²)

| 일반용 | | |
|---------|-------|------|
| | 100°C | 2.5% |
| | 150°C | 2.8% |
| 내열용/난연용 | | |
| | 100°C | 1.7% |
| | 150°C | 2.2% |

(4) 성형불량의 원인과 그 대책

현장작업에서 참고될만한 성형불량의 원인 및 그에 대한 대책은 표 7에 기술하였다.

(5) 응용

액상실리콘고무 (LSR)는 내열성, 전기특성, 내약품성, 내후성등이 필요한 경우에 사용될 수 있다. 몇가지의 응용예를 들면 플러그, 코넥터, 팩킹류, 오링, 병마개, 주사기의 플란저 칩(Plunger Chip), 가전제품

표 7. 사출성형불량의 원인과 그 대책

| 현상 | 원인 | 대책 |
|-----------------|---|---|
| 부품음 | <ul style="list-style-type: none"> 경화부족 성형압력부족 공기가 금형에서 안빠진다. 제품의 두께가 불균일하다. 가열불균일 | 경화시간을 길게한다. 금형온도를 높인다. 압력을 높인다. 특히 cavity가 많은 경우는 증량의 balance를 고려한다. 공기빼기를 충분히 한다. 금형의 조임시간을 길게한다. 공기구멍을 만든다. 금형온도를 낮춘다. 가압시간을 증가시킨다. 가열장치의 조절. |
| Void | <ul style="list-style-type: none"> 공기빼기부족 경화부족 | 공기빼기를 충분히한다. 금형온도를 높인다. 경화시간을 길게한다. |
| 백화현상 등표면의 결함 | <ul style="list-style-type: none"> 금형온도가 너무 높다. 공기빼기 불충분 금형의 단면이 너무 빠르다. | 금형온도를 낮춘다. 공기빼기를 충분히 한다. 금형단면속도의 조절 |
| 색의 불균일 | <ul style="list-style-type: none"> 금형온도가 너무 높다. | 금형온도를 낮춘다. |
| Weld Mark | <ul style="list-style-type: none"> 금형온도가 너무 높다. 간의 거리가 길다. 성형압부족 융착부의 공기빠짐이 나쁘다. | 금형온도를 낮춘다. 성형압을 높인다. 공기구멍을 만든다. |
| 광택불량 | <ul style="list-style-type: none"> 경화부족 금형표면의 도금부족 | 경화시간을 길게한다. 금형온도를 높인다. 잘연마하여 경질크롬도금을 한다. |
| 이형성불량 | <ul style="list-style-type: none"> 경화부족 또는 과다 금형의 흠집, 금형표면상태불량 | 금형온도, 경화시간의 조절 금형을 수리한다. |

液狀 폴리머시스템(Liquid Polymer System)

| 현상 | 원인 | 대책 |
|---------|--|--------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 표면분포불균일 ◦ 돌출핀의 불균형 | 가열방법을 검토한다. 균형을 조정한다. |
| 노즐이 샌다. | <ul style="list-style-type: none"> ◦ 재료의 흐름이 너무크다. ◦ 背壓이 너무높다. | 노즐의 검토 背壓을 낮춘다. |

의부품등이다.

5.2 LSR의 압축성형

LPS 성형재료는 종래의 열가황형 고무처럼 압축성형이 가능하다.

혼합단계까지는 사출성형과 같으나 그 다음 단계부터는 기존설비에 맞추어 성형한다. 경화반응속도는 종래의 과산화물에 비하여 매우 빠르므로 성형시간이 대폭 단축된다. 성형재료도 용동성과 비유동성의 2가지가 있으므로 성형품이나 금형의 모양에 따라 선택이 가능하다.

(1) LSR 압가성형기의 기본구성

LPS 형재료의 성형에는 종래의 가열가황형고무용 금형을 사용할 수 있다.

원료는 2개의 압송펌프로 이송되어 계량, 혼합후 금형에 주입한다.

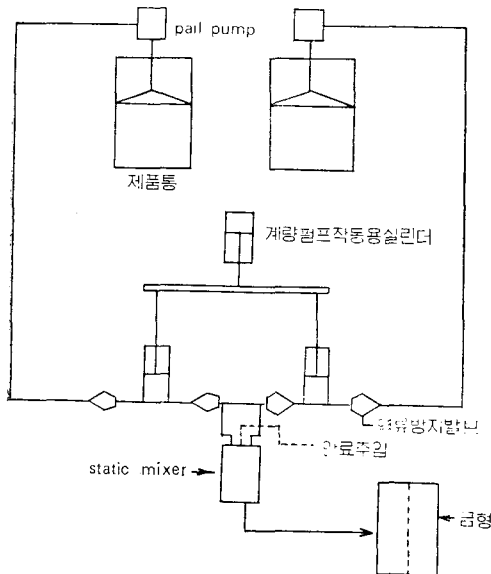


그림 11. LSR 압축성형기의 기본구성

(2) LSR 압축성형기의 규격

주입장치의 일예를 표 8에 나타내었다.

표 8. 규격의 일예

| | | |
|-----------|--------------------|--------------|
| 혼합비 | | 1 : 1 |
| 주입량 | cc | 500 |
| 주입압력 | kg/cm ² | 200 |
| 공기압 | kg/cm ² | 7 |
| 혼합방법 | | Static mixer |
| 주입방법 | | 배출건(GUN) |
| 오일펌프 압송압력 | l/min | 4~5 |

(3) 성형성

압축성형의 성형성은 기본적으로 사출성형에서 설명한 바와 같으므로 생략한다.

(4) 경화온도와 경화시간과의 관계

최적경화조건은 성형품의 두께, 모양등에 따라 달라지나, 사출성형에 있어서의 경화온도와 경화시간의 그라프를 참조하면 조건설정이 가능하다. Curastometer에 의한 온도와 적정경화시간의 관계를 그림 12에 나타내었다.

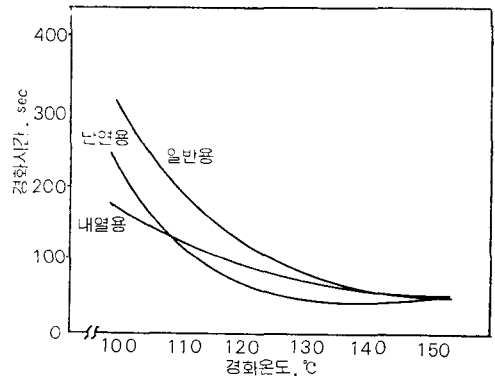


그림 12. 경화온도와 경화시간

(5) 압축성형불량의 원인과 그 대책

현장작업에서 참고될만한 성형불량의 원인을 열거하고 그에 대한 대책을 표 9에 나타내었다.

(6) 응용

사출성형의 예와 같이 팩킹류, bush 류등을 비롯한 일반 성형물의 제조에 적합하다.

표 9. 압축성형불량의 원인과 그 대책

| 현상 | 원인 | 대책 |
|----------------|-----------------------------|---|
| 부풀음 | 경화부족 공기에 의한 기포 | 경화시간을 길게 한다. 경화온도를 높인다. 공기빼기를 충분히 한다. 주입시 공기의 혼입을 방지한다. |
| Void 표면의 결점 | 공기빼기부족 경화부족 공기의 혼입 | 공기빼기를 충분히 한다. 경화시간을 길게 한다. 주입시 공기의 혼입을 방지한다. |
| 색의 불균일 | 금형온도가 높다. 옆의 Cavity로의 유입 | 공기빼기를 충분히 한다. 금형온도를 낮춘다. 유입을 방지한다. |
| Weld Mark | 금형온도가 높다. 주입시간이 길다(스코치) | 금형온도를 낮춘다. 시간단축 |
| 광택불량 | 경화부족 금형면의 불량 | 금형온도를 높인다. 경질크롬도금등 |
| 이형성불량 | 경화조건의 부적합 금형표면의 불량 | 금형온도, 경화시간의 조절 금형보수 |
| 경화불량 | 가황저해 | 가황저해물(황, 석화합물, 아민화합물, 인화합물등)의 제거. |

5.3 LSR의 압출성형

LPS 성형재료는 A액과 B액을 혼합하여 압출기의 다이스에서 압출시키면 종래의 열가황형실리콘고무와 같이 가열에 의하여 압출성형품(전선피복등)의 성형이

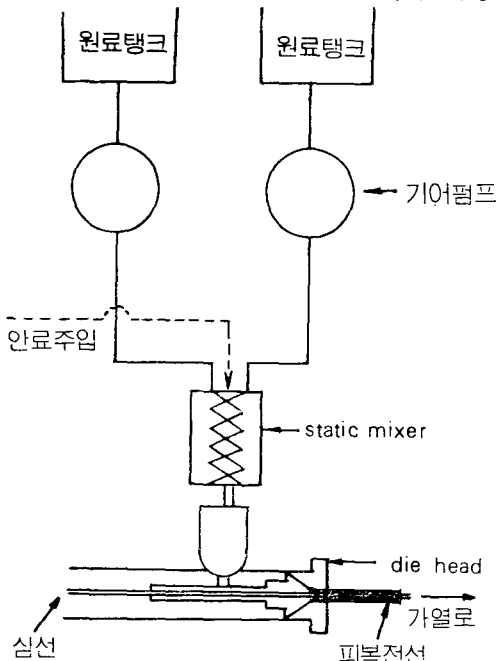


그림 13. LSR 압출성형기의 기본구성(전선피복용)

가능하다. 그림 13과 같은 장치를 사용하면 틀에 의한 혼련이나 통상의 압출조작이 필요없게 된다. 또한 가황후의 잔사가 남지 않으므로 볼름 현상이 생기지 않는다.

(1) LSR용 압출성형기의 기본구성

LSR 성형재료의 압출성형에는 일반 압출기는 필요 없으며 또한 압출직전에 두 액을 혼합하기 위한 로울러에 의한 혼련이 필요없다.

(2) LSR 압출성형기의 규격

장치설계에는 die head부에 dead space가 없도록 신경을 써야 한다.

표 10. 전선피복용 LSR압출성형기규격의 예

| | | |
|-----------|--------------------|--------------|
| 혼합비 | | 1:1 |
| 압출량 | cc | 500 |
| 압출압력 | kg/cm ² | 200 |
| 모터 | kw | 1.5 |
| 혼합방법 | | Static mixer |
| 압출헤드(die) | | die head |
| 가열로 | kw | 2 |

(3) 성형성

① 경화온도와 경화시간

최적조건은 성형품의 두께 및 모양에 따라 달라지나 일반적으로 오븐의 온도는 300~450°C일 경우가 좋다. 경화시간은 오븐의 온도가 300~400°C일 경우 두께 1

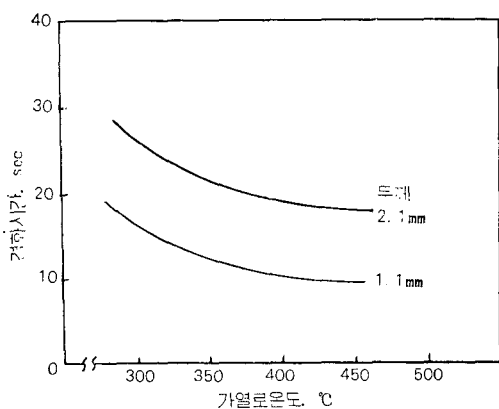


그림 14. 가열온도와 경화시간

mm당 약 10초의 가황시간이 필요하다. 그림 14은 압출성형시 가황조건에 대한 예이다.

(4) 압출성형시 불량률의 원인과 그 대책

현장작업에서 참고될만한 성형불량률의 원인을 열거하고 그에 대한 대책을 표에 나타내었다.

표 11. 압출성형불량률의 원인과 그 대책

| 현상 | 원인 | 대책 |
|----------------------------------|--|--|
| 전선직경불균일, 고무층의 두께가 나뉜다, 표면평활성의 결함 | 공급의 불안정 다이스의 형태불량 head 압력의 변동 스크치현상 | 공급펌프등의 조정 전선의 당김속도 조정 다이스구멍의 L/C의 증대 감소 공급압력의 조정 dead space의 제거, die head부의 냉각 |
| 기포 | 공기, 수분에 의한 함유 | head 압력의 증대 심선의 예열· 건조 감압시설의 사용 |
| 경화불량 | A, B액의 함유량 경화부족 경화저해 | 균일하게 혼합 경화시간의 연장, 경화온도의 상승. 경화저해물(황, 아민화합물, 인화합물등)의 제거 |

(5) 응용

전선피복에 사용되는 것은 물론이고 다이스의 변경에 의하여 튜브의 코팅, 테이프의 코팅, 직물코팅 및 가스켓이나 패키지의 압출성형도 가능하다. 전선 피복은 수평형의 가열로로 생산이 가능하나 기타의 코팅은 수직형의 가열로를 필요로 하는 경우도 있다.

6. 경제성

일반 성형용 액상실리콘고무(LSR)과 열가황형 실리콘고무(HVR)의 경제성을 비교하면 표 12와 같다.

표 12. 경제성 비교의 일례

(HVR의 전공정비용을 100으로 했을 경우의 지수로 표시)

전제조건

- 성형품 : 5gr/개
- 성형품개수 : HVR-25개 금형
LSR-10개 금형×2
- 성형사이클 : HVR-10분
LSR-30초

| | HVR | LSR |
|---------|------|------|
| 원료가격 | 39.8 | 59.7 |
| 혼련비용 | 3.0 | 0 |
| 프리폼제조비용 | 9.4 | 0 |
| 프레스비용 | 40.4 | 6.9 |
| 끝마감비용 | 6.2 | 0 |
| 손실 | 1.2 | 1.6 |
| 계 | 100 | 68.2 |

액상실리콘고무는 성형품을 제조할 때까지의 공정이 HCR에 비하여 간단한 것이 특징이다. 공정이 짧다는 것은

- ① 설비투자액이 적다.
- ② 자동화하기 쉽다.
- ③ 인건비가 절감된다.
- ④ 작업의 숙련성이 필요없다.
- ⑤ 에너지소비가 적다.

등의 잇점이 있다. 또한 액상실리콘고무는 경화속도가 빠르므로 성형효율이 우수하다. 열가황형 실리콘고무의 결점인 혼련, 혼합, preform, post cure, 휘발분의 제거 (이차가황) 등의 공정이 액상실리콘고무의 경우에는 전혀 필요없다. 계산에 의하면 원료에서 최종 제품에 이르기까지의 전공정비용은 HCR의 경우에 비하여 40%까지 절감될 수 있을 가능성을 보여준다.

액상실리콘고무(LSR)를 사용하는 LPS는 열가황형 실리콘고무(HCR)는 물론 일반 고무와 비교해도 가격적으로 경쟁이 가능한 획기적인 Process라 생각되며 LPS에 관하여 관심을 가지신회원은 한국다우코닝(주)에 문의하여 주시기 바랍니다.

참고 문헌

1. Dow Corning Corp의 기술자료
2. Toray Silicone Co.의 기술자료