

# 압송용 고압 고무관의 최적구조설계

최준영\*(부경대 대학원 냉동공학과), 강태호, 김인관, 김영수(부경대 냉동공학과)

## Optimization of high pressure rubber tube for force pump

J. Y. Choi(Ref. Eng. Dept., PKNU), T. H Kang, I. K. Kim, Y. S. Kim(Ref. Eng. Dept., HKU)

### ABSTRACT

All of rubber tubes for force pump are imported from abroad therefor localization of these tubes is make a great contribution of Korean industry

In this study compare with existing product of japan and designed the new one that is for our actual circumstances

Experimental work was performed to two kinds of specimen and compression test is performed for them

As a result specimen type A has a better restoration than other and minimum thickness is must over 12mm.

**Key Words** : High pressure rubber tube (고압 고무관), Specimen (시편), Compression test (압착시험),

### 1. 서론

국내 주요 산업용 장비로서 압송장치에 필수적 핵심부품인 펌핑튜브(Pumping Tube)는 건설분야의 펌프카(Pump Car) 및 산업용 폐수처리장치 등에 널리 이용되어지고 있다. 하지만 펌핑튜브(Pumping Tube)는 유럽 및 일본으로부터 전량 수입에 의존하고 있는 실정이기 때문에 40여억원 정도의 국내 시장을 고려 해 볼 때 펌핑튜브의 개발 및 국산화는 매우 절실하다 하겠다.

높은 토출압력과 슬러지(금속/광물)의 마모 등으로 인한 수명단축 그리고 짧은 유지보수 기간으로 인해 비용이 많이 들며, 제품의 단가 또한 매우 높은 기존의 수입 제품에 비하여 현재 국내에서 개발중인 펌핑튜브(Pumping Tube)는 재료, 시험방법 및 제조공법기술 등을 새로이 개발하여 수입되고 있는 기존의 펌핑튜브(Pumping Tube)의 단점을 보완하고 수입대체 효과 및 기술 경쟁력을 확보 할 수 있다.

이미 국내의 고무제품 제조사에서 수차에 걸쳐 개발을 시도하였으나 내구수명이 목표치에 미달하여 제품개발에 실패한 사례가 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 고무 재료 시험장치를 이용하여 국내의 기존 튜브에 사용된 일반 고무

호스와는 다른 고속회전체에 사용되고 반복압착식이며 고도의 접착력과 복원력을 요구하는 새로운 방식인 스퀴즈식 펌핑튜브(Squeeze Type Pumping Tube)에 대한 각종 재료시험을 통하여 재료의 성능 및 특성에 대하여 조사하여, 스퀴즈식 펌핑 시스템(Squeeze Type Pumping System)의 핵심부품에 대한 기초적 연구자료를 D/B화하여 제품의 설계 및 최적화에 활용하고자 한다.

### 2. 성능시험 및 데이터 비교 분석

#### 2.1 성능시험

제품에 대한 형상 설계에 앞서서 국내에서 일반적으로 사용되어지고 있는 일본의 펌핑튜브(Pumping Tube)와 현재 국내에서 개발중인 제품의 Sample로 성능평가 실험을 하였다.

제품의 단면형상은 아래 Table 1과 같으며, 재료에 대한 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

#### 2.1 실험결과

일본 Sample의 사용전인 경우 각층(내, 중, 외면)의 물성이 거의 다 비슷하고 국내의 경우보다 경도가 낮고 신장율이 비교적 높은 것으로 나타났다.

반면 사용후일 경우에는 사용전과 비교해 내면과 중간 경도가 상승되었고, 외면 경도 및 인장강도는 심하게 저하되었다.

시제품은 압착실험을 위한 시편이며, 내면 고무의 두께, 제품외경, Hose의 두께에 차이를 두어 설계하였다. 기본 시편의 형상은 다음 그림 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

Table 1 Structor of sample specimen

국내개발제품		일본제품	
내면	1CP	내면	1CP
중간	2CP	중간	2CP
외면	3CP	외면	3CP
	4CP		4CP
	5CP		5CP
	6CP		6CP
	7CP		7CP
	8CP		8CP
	9CP		9CP
	10CP		10CP
	11CP		11CP
	12CP		12CP
	13CP		13CP
	14CP		14CP
	15CP		15CP
	16CP		16CP
	17CP		17CP
	18CP		18CP
	19CP		19CP
	20CP		20CP
	21CP		21CP
	22CP		22CP
	23CP		23CP
	24CP		24CP
	25CP		25CP
	26CP		26CP
	27CP		27CP
	28CP		28CP
	29CP		29CP
	30CP		30CP
	31CP		31CP
	32CP		32CP
	33CP		33CP
	34CP		34CP
	35CP		35CP
	36CP		36CP
	37CP		37CP
	38CP		38CP
	39CP		39CP
	40CP		40CP
	41CP		41CP
	42CP		42CP
	43CP		43CP
	44CP		44CP
	45CP		45CP
	46CP		46CP
	47CP		47CP
	48CP		48CP
	49CP		49CP
	50CP		50CP

일본 Sample에 대한 재료 분석 결과 재질은 내면, 중간, 외면, 뚝뚝 고무 모두 NR + SNR Blend 이고 순 카본배합으로 국내 개발제품보다 Polymer 함량과 Oil 량이 많고 특히 뚝뚝 고무를의 Polymer 함량이 높은 것으로 나타났다. 그리고 일본 Sample의 접착력은 사용전과 후가 모두 우수하며, 가장 중요한 부분인 내면과 1CP 사이는 박리불가로서 매우 우수하게 나타났다.

Table 2 Result of material analysis

	Polymer (%)	FILLER (%)	해석근거
외면	NR+SBR(54) (NR/SBR =45/55)	C/B (30) Oil(10)	TGA: 378, 434℃분해 P-CG: 7.3, 11.6분 특성피크
중간	NR+SBR(57) (NR/SBR =70/30)	C/B (30) Oil(10)	TGA: 378, 426℃분해 P-CG: 7.3, 11.6분 특성피크
TOPPING	NR+SBR(62) (NR/SBR =75/25)	C/B (25) Oil(10)	TGA: 378, 434℃분해 P-CG: 7.3, 11.6분 특성피크
내면	NR+SBR(58) (NR/SBR =45/55)	C/B (30) Oil(8)	TGA: 386, 428℃분해 P-CG: 7.3, 11.6분 특성피크
보강사	NYLON 66		© DSC : 249℃ Tm

### 3. 형상설계 및 물리적 특성 시험

#### 3.1 형상설계

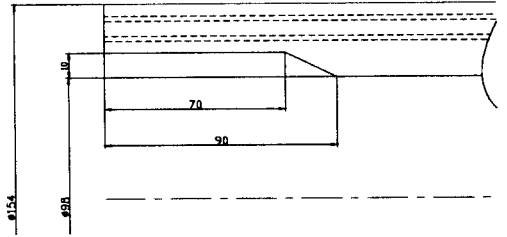


Fig. 1 Specimen A

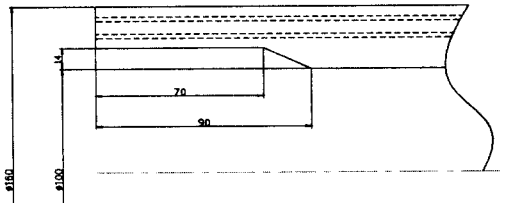


Fig. 2 Specimen B

작업은 위의 샘플(sample) A와 B를 제조하기 위해 섹션(section) 성형기를 이용하여 수행하였다.

Hot type 압출기에서 내경 98~100, 두께 15~16t 로 압출한 뒤, 호싱을 만드릴에 한 다음, 코팅처리가 되지 않은 랩핑봉대로 공취를 한다. 그리고 자동 성형기에 만드릴을 설치한 뒤 봉대를 풀고 MEK용제로 내면 고무 표면을 닦은 뒤, 보강포지 1CP, 2CP를 스파이럴(Spiral) 작업한다. 그 후 중간 고무 2.0t를 2회 스파이럴 작업하고, 보강포지 3CP, 4CP를 스파이럴 작업한다. 외면 고무 1.5t를 3회 스파이럴 작업하고 여기서 내면 고무가 작은 관계로 외경부축현상이 발생하여, 랩핑(Lapping) 봉대로 2회 랩핑 하였다.

시편 A는 극세조직 랩핑봉대로 2회 랩핑하였고, 시편 B는 극세조직 랩핑봉대로 1회 랩핑 후 기존 랩핑봉대로 다시 1회 더 랩핑(Lapping) 하였다.

#### 3.2 압착시험

시편은 위의 설계에 의해 만들어진 시편 A, 시편 B와 일본산 시편을 가지고 시험을 하였으며, 그 형상 치수는 다음의 Table 3과 같다. 시험 방법은 Fig. 3에 나타낸 것처럼 반복 압축 실험을 100회 한 후 측정하였다.

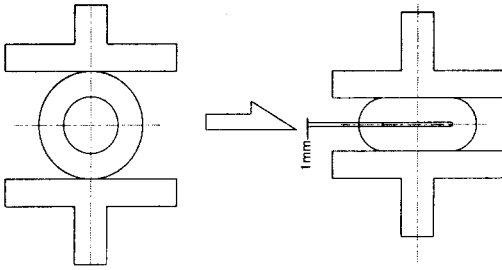


Fig. 3 Scheme of compression test

Table 3 Specimen spec

	Specimen A	Specimen B	Japan Specimen
내면 고무두께 (mm)	10~11	14	14
제품외경 (∅)	154~155	159~160	160~161
Hose 두께 (mm)	27~28	29~30	29~30

측정 부위는 Fig. 4와 같으며, Fig. 5, Fig.6 에서와 같이 만능시험기(INSTRON UTM-TYPE 4204)를 사용하여 실험하였다.

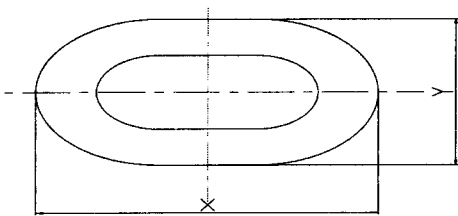


Fig. 4 Point of measure



Fig. 5 Beginning of compression test

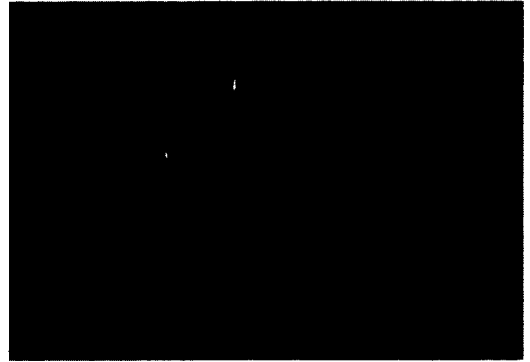


Fig. 6 After pressure of compression test

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 외경 변화 측정

펌핑 튜브의 사용조건과 최대한 비슷하게 하기 위하여 100회 시험 직후 Fig.4 와 같이 상하 X, 좌우 Y의 길이를 측정하였다.

그 측정 결과는 Table. 4와 같다.

Table 4 Result of outer dimension transformation

	Specimen A		Specimen B		Japan Specimen	
	length	strain (%)	length	strain (%)	length	strain (%)
X (mm)	162	4.5	169	5.6	173	8.1
Y (mm)	148	4.5	153	4.4	149	6.9

### 4.1 초기 압축 하중

제품을 초기에 압축할 때의 하중을 측정하였다. 이는 펌핑 튜브가 가지는 유연성을 측정하기 위함이며, 그 결과는 Table 5과 같다.

Table 5 Initial compression load

	Specimen A	Specimen B	Japan Specimen
P (Kgf/cm <sup>2</sup> )	202	248.8	260

위 실험의 결과로 미루어 보아 내면의 고무 두께

가 작을수록 압출성, 탄성, 초기 압축하중이 좋게 나타나고 있다. 이 실험을 근거로 추정하면 튜브 두께가 증가할수록 고무량이 많이 소요되므로 열이 제거되지 못해 그로 인한 변형이 크며, 이런 열 축적으로 인한 파손으로 제품의 수명이 단축되리라 여겨진다. 또한 펌핑튜브의 두께가 증가할수록 회복률이 저조하여 실제펌프 작용의 효율을 저하시킬 것으로 판단된다. 그러나 이 실험에서는 보강층 부의 접착력 탄성, 피로 회복률에 관한 실험이 이루어져 있지 않으므로 여기에 관한 연구가 요구되어진다.

### 5. 결론

위 실험의 결과를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제품의 소·대부 가공 치수와 내면고무의 치수는 아래와 같이 결정되었으며, 제품의 실용성을 감안하여 내면 고무를 12mm이상의 두께로 최소화해서 소·대부와의 간섭이 일어나지 않도록 설계 해야 한다.

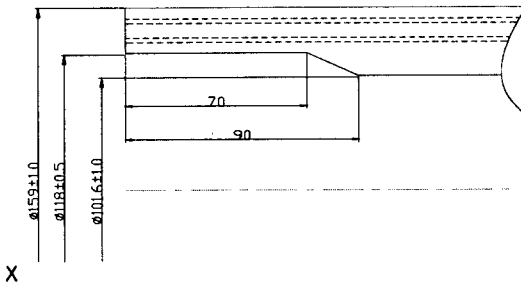


Fig. 7 Change thickness of inner rubber

2. 반복 압착시험의 결과 위에서 언급한 결과와 같이 내면 고무의 두께가 얇은 시편 A가 복원률이 다른 시편에 비해 20%이상 높은 것으로 나타났다. 따라서 내면 고무의 두께를 얇게 가져가는 것이 제품 회복에 유리하며, 실제 펌프가 작업시 압착물에 작용하는 하중도 작음을 알수 있다.

### 참고문헌

1. 한국고무학회편, "基礎 고무 技術" pp. 231-240 1991
2. R. P. Champion, M. D. Ellul, R. H. Finney, A. N. Gent, G. R. Hamed, D. L. Hertz, Jr. F. O. James, G. J. Lake, T. S. Miller, K. W. Scott, P. M. Sheridan, J. G. Sommer, A. Stevenson, T. Sueyasu, A. G. Thomas, C. Wang, O.H. Yeoh et al. "Engineering with

Rubber", Hanser, pp. 84, pp.328, 1996.

3. Sir Geoffrey. "Comprehensive Polymer science", Pergamon Press, 1985, pp 533-569
4. 이태수, "고무의 기계적 특성과 시험법" Journal of The Korean Society Mechanical Engineering Vol. 38, No. 12, pp.55-59, 1998
5. 이강용, 백운천 "자동차용 고무재의 응력해석 및 피로파손", 한국자동차 공학회, Vol. 12, No. 2, 1990, pp. 11-15, 1225-3073.