

화섬사용 지관 제조기술 향상 방안

Technical review of paper tube manufacturing for filament yarn

이명훈 / 한국포장시스템연구소 소장

1. 서론

지관(紙管)은 일반인에게는 생소한 단어일지도 모르나 산업적으로는 쓰임새가 다양하다. 우리나라 근대화의 주역인 화섬업계에서는 가장 구매액이 큰 부재료이며 두루마리종이나 필름롤 등의 심재 그리고 건설자재에 이르기까지 실로 광범위하게 이용되어 연간 약 4,000억원 ~5,000억원 정도의 시장을 형성하고 있다.

그 중에서도 화섬사용 지관은 전체의 약 절반을 차지할 정도로 비중이 크다. 그럼에도 불구하고 기술적인 측면에서는 아직 초보단계에 머무르고 있다고 보여진다.

사용업체인 화섬업체들이 대개 거대기업들인데 비해 지관 제조업체는 연간 매출액이 100억 원 이상의 업체가 겨우 2~3개에 이를 정도로 영세하다는 점이 기술향상을 가로막는 주요원인으로 파악된다.

연구개발 여력이 있는 사용업체에서도 최근까지 이 분야에는 별로 신경쓰지 않아 기술력의 담보는 어찌보면 당연한 결과라고 할 수 있다.

근래의 IMF사태는 지관개선을 추진하게 하는 계기를 만들어 주었다. 경상이익이 극히 적

어진 화섬업계는 경쟁력 강화의 일환으로 포장재료의 적정화를 통한 원가절감을 적극적으로 시도하게 되었으며 이 과정에서 지관 제조기술 향상을 위한 여러가지 노력이 이루어지게 되었다.

몇몇 사용업체와 제조업체가 전문기관과 함께 공동연구를 추진한 결과 짧은 기간동안 여러 가지 의미심장한 기술진전을 이루게 되었다.

본 기고문은 참여업체와의 협약으로 인해 지관 제조기술 향상을 위한 실제 추진과정을 자세하게 밝히지는 못하지만, 개략적인 추진방법과 기초이론을 제시함으로써 기술자료가 거의 없어 어려움을 겪고 있는 관련업체에 조금이나마 도움을 주고자 작성하였다.

2. 본론

2-1. 지관원지 품질기준 설정

2-1-1. 현황

지관용 원지는 골판지 원지와는 제조공정부터 달리 생산되므로 용도가 한정되어 있다.

원사의 심재(心材)로 사용되는 지관은 두께의 정밀도가 요구되므로 지관전용 원지를 사용하고

있으나 원가절감 차원에서 고품질의 골판지원지를 일부 사용하는 방안도 고려되어야 할 것이다.

국내에서는 C제지에서 생산되는 일부 품량을 제외하면 Y제지에서 생산되는 지관원지가 대부분 사용되고 있다.

지관원지의 품질기준도 자연히 Y제지에서 제공하는 자료((표 1) 참조)가 기준이 되고 있는 실정이다.

지관원지는 CB-SH, CB-SA, CB-S, CB-B, CB-D, 크라프트지, 롤지, Parchment 등이 사용되며 품질과 사용용도에 따라 그 배합에 차이가 있다.

CB 계열은 국내에서 생산되는 Core Board가 대부분으로 크라프트지와 함께 대개 지관의 내지를 구성하고 있으며 그 외의 원지들은 표면지로는 색지와 Parchment가 사용되며 저평량, 고강도가 요구되고 고가의 수입지가 전량 사용되어 국산화가 시급한 실정이다.

대부분의 지관원지는 평량이 250g과 400g

인 것을 사용하며 크라프트지는 57g, 색지나 Parchment는 46g~57g의 것을 많이 사용하고 있다. 국내에서는 Y제지에서 대부분 원지를 공급하고 있어 단가설정이 융통성이 적은 편이다.

표면지는 일본, 미국, 핀란드 등지에서 수입하고 있다. 최근에는 C제지에서 CI-HT, CI-AT, CI-A 등의 지관원지를 개발하여 소비자로서 하여금 선택의 폭을 넓혀주고 있으나 Y제지 원지와 경쟁하기 위하여 비슷한 평량, 품질, 가격으로 맞추어 놓은 것이 단점이 되고 있다.

결과적으로 지관원지는 골판지원지와는 달리 그동안 경쟁의 원리가 별로 작용되지 않았다. 품질과 가격면에서 검증되지 않았기 때문에 원지의 품질부터 비교분석해 볼 필요가 있다고 보여진다.

2-1-2. 원지 품질평가 요소

지관원지의 품질평가 요소는 종이의 품질평가

(표 1) 지관원지 품질기준

(Y사의 기준)

등 급	평량 (g/cm ²)	두께 (mm)	밀도 (g/cm ³)	파강 (g/cm ²)	압 축 강 도	
					MD	CD
CB-SH	250	-	-	10.30	55	40
	400	0.52	0.81	16.40	150	120
CB-SA	250	0.31	0.81	9.25	50	35
	400	0.51	0.81	15.20	120	95
CB-S	250	0.32	0.78	8.25	45	30
	400	0.53	0.79	13.20	105	80
CB-B	250	0.33	0.76	6.25	40	25
	400	0.54	0.74	10.40	65	50
CB-D	340	0.46	0.74	6.80	50	30
	400	0.56	0.71	8.00	55	40

요소와 비슷하나 용도에 따라 중요도가 차이가 있으며 몇가지 항목이 더 추가되기도 한다.

다음은 지관의 품질평가 항목을 나타낸 것이다.

- 평량 : 원지 면적 1m²의 무게(g)를 수치단위로 나타낸 것으로 원지 구분의 기본이 된다.

- 두께 : 원지의 두께를 mm 단위로 나타낸다.

지관은 두께의 균일성 유지가 품질에 지대한 영향을 미친다.

- 밀도 : 원지의 단위무게(g)를 단위부피(cm³)로 나눈 값으로서 중요 요소인 층간결합도를 쉽게 측정할 수 없을 때 참고로 활용될 수 있다.

- 파열강도 : 단위면적(cm²)에 작용하는 하중(g)으로서 원지의 터짐 여부를 측정케 하는 요소이다.

- 압축강도 : 지관으로 제조하였을 때 품질을 결정하는 가장 중요한 요소로서 MD 및 CD 방향으로 작용하는 최대하중(g)을 각각 측정한다. 시험실적인 방법으로는 Ring Crush치를 측정한다.

- 층간결합도 : 종이가 기본적으로 여러 개의 펄프 층으로 구성된 만큼 각 층간의 결합도가 높아야만 고속으로 지관에 원사를 감을 때 터지지 않고 버틸 수 있다.

- 함수률 : 종이에 포함되어 있는 수분비율로서 %단위로 나타낸다. 수축률과 관련이 있어 비교적 중요한 인자이며 통상 8~10% 범위이다.

2-1-3. 물성시험

원지별 정확한 품질기준을 설정하려면 이미 검증된 기준시료가 있어야 하겠지만 그렇지 못

한 상황이므로 다음과 같은 원칙을 정하여 단계별로 품질기준을 설정해 나가도록 한다.

첫째, 일단 원지 품질기준은 Y제지에서 제시하는 [표 1]을 근거로 한다.

둘째, Y제지, C제지 그리고 최근 지관원지로 사용할 수 있는 원지를 개발한 D제지 등으로부터 원지 시료를 입수하여 공인시험기관에서 각 항목의 품질을 평가하기 위한 시험을 실시한다. 실제로는 층간결합도는 설비 미비로 시험을 하지 못하였다.

셋째, 각 시료의 시험결과와 [표 1]의 기준을 비교하여 원지 품질기준을 재설정한다. 이것은 해외의 샘플과 비교분석을 하게되면 더욱 설득력을 가질 수 있다. 기준확정에 앞서 관련자들의 의견을 최대한 참작하여 기준내용에 반영해야 된다.

넷째, 최종적인 원지품질기준 확정은 수입원지의 품질시험을 포함하여 원가 비교분석이 완료된 후에 확정한다.

원지품질기준은 여러 요소를 감안하여 모든 이해 당사자들이 납득할 수 있는 수준으로 결정하여야 하지만 가능하면 국제표준을 많이 참고하여야 한다. 또한 시험결과에 대한 신뢰성 확보가 무엇보다도 선결요소이다.

2-2. 지관 구매원가 분석

2-2-1. 원가구성요소

지관 1개당 구매단가를 정확하게 산출하기 위해서는 우선 원가구성요소를 파악하여야 한다.

이를 기본으로 하여 원재료비 소요량 산출, Loss율 산출을 거쳐 최종적으로 표준구매원가

를 산출하게 된다.

지관의 원가를 구성하는 요소는 크게 원재료비, 부재료비, 가공비, 일반관리비, 허용이익, 운송비 등으로 나뉘어진다. 각 요소별 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

가. 원·부재료비

지관원가의 60~70%를 차지하고 있어 원가 절감을 위해서 가장 연구, 노력이 집중되어야 할 요소이다.

특히 IMF 이후 대폭적으로 가격이 상승하여 구성원지의 배합을 합리적이고 효과적으로 하여 원가절감을 하여야 할 필요성이 커지고 있는 실정이다. 이를 위하여 현재 지관의 원지배합 연구를 추진중에 있으며 향후 그 효과가 기대되고 있다.

이외에도 원가절감의 중요 요소로서 Loss을 줄이는 방법이 고려되고 있다. 가공과정에서 원지의 Loss가 생기는 것을 피할 수 없는 사항이지만 이를 최소한 줄이는 방안이 연구되어야 한다.

사용자 측에서도 정확한 Loss율을 산출하여야 하기 때문에 이 부분의 정확한 Loss율 산출에 많은 노력을 기울여야 한다.

부재료비는 Winding가공시 접착제로 쓰이는 폴리졸의 사용비를 의미하여 고품분의 비율에 따라 점도와 가격이 달라진다.

부재료비는 Cost Table 산출 시 Winding가공비에 포함되어 계산되어지며 원지배합과 함께 지관의 강도를 결정하는 중요한 요소로 분류되고 있다.

나. 가공비

가공비는 지관의 제조공정인 Slitting, Winding, Cutting에 소요되는 비용을 의미한다.

Slitting공정은 1,050mm의 폭부터 50mm 단위로 규격화되어 있는 지관원지롤을 약 10개의 원형 knife를 통과시키면서 절단하여 되감아서 한번에 10여 개의 소폭 원지롤을 준비하는 과정이다.

Winding공정은 Slitting공정에서 준비된 원지를 구성 순서에 따라 제위치에 배열하고 원형의 금속봉에 겹치지 않게 감는 공정으로 각 원지와 원지사이에 접착제를 발라서 이를 접착시킨다.

이때 감기어진 원통은 1m 이상의 일정한 길이로 절단되어 장말대로 만들어지고 Drying공정으로 옮겨진다.

이 공정은 접착제의 농도, 감길 때의 원지의 Tension, 금속봉의 회전속도 등에 따라 지관의 품질에 많은 영향을 미치므로 업체들의 기술력에서 차이가 나는 부분이다.

Cutting공정은 앞공정에서 길게 절단된 장말대를 소비자가 원하는 길이로 재절단하고 지관의 끝부분을 매끄럽게 처리하는 작업과정으로 이 공정에 이어 제품이 포장되어진다. 이들 공정에 대한 가공비의 세부 산출내역을 뒤에 자세하게 나타내었다.

다. 기타 비용

일반관리비는 영업비용, 사무직 인건비 등 제조비용 이외에 사용되는 비용을 말하며 정확한 금액의 산출이 쉽지 않다.

일반적으로 원재료비와 가공비를 합한 금액의 10%를 적용하고 있으며 허용이익도 원재료비

와 가공비의 5%를 적용하기로 하였다.

이는 중소기업 제조원가산출 표준예규를 적용한 것으로서 유사업종인 골판지상자 제조업에서 이 기준을 적용하고 있다.

운송비는 차종별, 거리별로 운임이 달라지는데 가능한한 적재수량이 많아지는 방향으로 지관 포장상자를 설계하여야 개당 운임단가가 줄어든다.

2-2-2. 원재료 소요량 산출방법

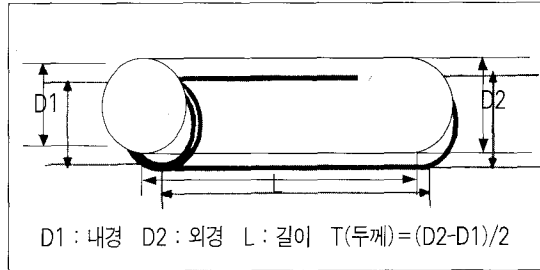
구대원가를 정확하게 분석하기 위해서는 원재료 사용량 산출방법을 표준화 할 필요가 있다.

[그림 1]은 지관의 형태를 나타낸 것으로서 규격 표기시에는 일반적으로 내경(Φ), 두께(T), 길이(L) 순서로 표기한다. 지관용지 소요량은 중량단위로 산출하며 원지면적은 중심경을 기준으로 계산한다.

표면지는 주로 색지나 Parchment 등 고가의 저평량, 고강도의 수입지를 사용하여 원지와는 별도로 계산을 하며 소요량 계산시 중심경 대신 외경을 적용한다.

- 지관두께(T) : $T = \frac{D2(\text{지관외경}) - D1(\text{지관내경})}{2}$
- 지관중심경(D) : $D = \frac{D1 + D2}{2}$
- Parchment소요량(g) : $w = \frac{D2}{1000} \times 3.14 \times \frac{L}{1000}$
 $\times \text{평량}(g/m^2) \times (1 + \frac{\text{Loss율}}{1000}) \times 1.1$
- 지관용지 소요량(g) : $w = \frac{D}{1000} \times 3.14 \times \frac{L}{1000}$
 $\times (\text{계수} - 1) \times \text{원지평량}(g/m^2) \times (1 + \frac{\text{Loss율}}{1000})$

[그림 1] 지관의 형태



2-2-3. Loss율 산출

Loss율은 지관단가 산출 시 원재료비의 가격을 결정하는 요소 중의 하나로서 매우 중요한 비중을 차지하므로 철저한 조사와 분석이 이루어져야 한다.

Loss율 산출 시 Slitting공정, Winding공정, Cutting공정의 3개 공정별로 각각 따로 계산하여 합한 값이 총Loss율이 된다. 다음에 각 공정별 Loss율 계산방법과 분석과정을 나타내었다.

가. Slitting Loss

Slitting Loss는 크게 처음 원지롤을 Slitter에 끼워 놓을 때 생기는 Start Loss, 원지 절단시 양쪽 끝을 잘라버리는 Trim Loss와 Slitting을 마무리하면서 발생하는 마무리 Loss로 구별된다.

계산은 원지롤 한 개의 총면적에서 Loss되는 면적의 비율이 되며 계산식은 아래와 같다.

$$\text{Loss율} = \frac{\text{Start Loss길이} \times \text{폭} + \text{Trim폭} \times \text{총길이} + \text{마무리 Loss길이} \times \text{폭}}{\text{총면적}}$$

나. Winding Loss

Winding Loss는 Winding공정 중 소요된 원

지의 교체로 인하여 생기는 연결 Loss와 Winding 작업의 시작과 다른 종류의 지관으로 교체시 발생하는 Start/Stop Loss가 있다. 이 두 가지 Loss를 구하는 계산식을 아래와 같다.

● 연결 Loss

$$\text{Loss율} = \frac{1\text{ply Loss면적} \times \text{Ply수}}{\text{소폭 원지롤의 면적}}$$

여기에서

1ply Loss 면적=절단된 장말대의 길이×지관중심경×3.14
소폭원지롤의 면적=원지롤의 총길이×원지폭

위의 계산식에 의해 원지 종류별 Loss율을 계산하고 그 합을 구한다.

이 계산을 위해서 이음새 부분을 어느 정도로 절단하여 폐기하느냐가 중요한 요소인데 10여 개 업체를 조사한 결과 최소 350mm부터 최대 700mm까지로 나타났다. 다음의 계산 예는 조사 대상업체 평균값인 500mm를 적용하였다.

예) 규격 : 94∅ × 153.3 × 5.5T (CB-S400 8ply, CB-S250 3ply)의 연결 Loss

$$\frac{500 \times 99.5 \times 3.14 \times 8}{2177 \times 1000 \times 100} + \frac{500 \times 99.5 \times 3.14 \times 3}{3309 \times 1000 \times 100} = 0.71\%$$

위의 산출내역중에서 2177과 3309는 roll 상태로 감긴 각 원지의 총길이를 나타내는 수치로서, 표시하중(롤의 net 무게) ÷ 표시평량 ÷ 롤 폭으로 구할 수 있다.

평균 Loss율을 산출 시에는 원지와 parchment를 구별하여 산출하여야 한다. 원지는 roll마다 길이가 달라서 구성 원지의 배합에 따라 Loss율이 변화되므로 이의 평균치를 구하여 산출하여야 한다.

● Start/Stop Loss

Start/Stop Loss는 생산업체에서 Winding

공정에서 작업을 시작할 때 혹은 다른 종류의 지관 생산으로 작업전환 시에 원지교체, 원지의 각도나 Tension의 조절 등 정상적인 지관의 생산을 위해 거쳐야 할 필수적인 준비작업 공정이다.

따라서 이에 소요되는 원지손실을 인정해 주어야 함은 물론이다.

일반적으로 작업이 시작되면서부터 정상적인 품질의 지관이 나올 때까지 생산되는 지관은 폐기하고 작업 종료시 roll에서는 풀려나왔으나 작업이 이루어 지지 않은 부분은 폐기된다.

예) 1일 장말대 평균 3,600개 생산, 시작과 종료시 폐기량 8개, 1회 교체시

$$\text{Loss율} = \frac{\text{장말대 폐기수량} \times \text{교체횟수}}{\text{1일 장말대 생산량}} = \frac{8\text{개} \times 2\text{회}}{3,600\text{개}} = 0.45\%$$

다. Cutting Loss

Cutting Loss는 장말대를 업체에서 요구하는 길이로 절단할 때 발생하는 Trim Loss와 칼금 및 멘도링의 불량에 의해 생기는 불량 Loss의 합에 의해 계산된다. 조사결과 장말대의 길이를 1,432mm(업체평균)로 하고 절단 후 남게되는 Loss 길이를 48mm(업체평균)으로 설정하였다.

불량률은 30,000개 생산중 100개(업체제시 평균)를 불량으로 판정하였다. 각각의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Trim Loss} = \frac{\text{Loss길이}}{\text{장말대길이}}$$

$$\text{불량 Loss} = \frac{\text{불량 갯수}}{\text{생산량}}$$

$$\text{Cutting Loss율} = 3.35\%(\text{Trim Loss}) + 0.3\%(\text{불량 Loss}) = 3.65\%$$

위의 계산은 조사 대상업체를 평균으로 한 것이지만 Slitting, Winding, Cutting의 3대 공정을 작업별로 더욱 세분화해서 Loss율을 산출해본 결과 Cutting공정의 Trim Loss가 가장 많은 Loss율을 보였으며 이는 예상치를 훨씬 상회하는 것으로 나타났다.

이에 비해 상당히 높게 나타나리라고 예상하였던 Winding Loss는 모두 합해도 Cutting Loss의 절반에도 못 미치는 결과를 나타내었다.

이로 미루어 볼 때 Loss를 줄이기 위한 연구노력이 Cutting공정의 Trim부분을 줄이는 데에 집중되어야 할 것으로 보인다.

라. 총 Loss율 설정

현재 화섬용지관 제조시에 적용하는 Loss율은 업체에 따라 10%에서 15% 사이를 적용하고 있다.

본 연구를 통해서 Loss율을 정밀 산출해본 결과 실제 Loss율은 10%에도 못 미치는 것으로 나타났다.

업체 제시자료와 실사를 통하여 객관적인 산출기준을 적용한 결과 최소 6.5%, 최대 9.0%로 계산되었다.

최대값은 업체의 주장(제시자료)을 대부분 수용하고 산출기준도 각 공정별로 Loss가 큰 업체의 것을 기준으로 하였을 경우의 총 Loss율을 의미한다.

일부 지관 제조업체에서는 이 결과에 대하여 이렇다 할 반론을 제시하지 못하면서 무조건 Loss율은 10% 이상이 되어야만 채산이 맞다고 주장하고 있다.

Winding공정에서 장말대 절단시 톱날을 사용하고 있으므로 미세하나마 이 부분에 loss가 발생할 수 있고 관리부주의로 인한 loss와 기타 예기치 않은 사고로 인한 loss 등 업체의 주장이 틀리지 않음은 인정할 수 있다.

하지만 세계가 한 울타리안에서 치열하게 경쟁하고 있는 상황에서 기술력의 부족과 관리부재에 의한 부담을 계속 사용업체에 전가할 수는 없을 것이다.

본 연구에서는 화섬용 지관에 대한 Loss율 적용 가이드라인을 9%로 설정하였다.

2-2-4. 표준구매원가 산출

철저한 조사와 분석을 통하여 Loss율을 결정한 후 이를 토대로 하여 slitting, winding, cutting 등 각 공정별 가공비를 상세하게 분석한다.

세부 분석항목은 [표 2]의 양식에 나타난 것처럼 기계설비가격과 내용년수, 사용기계대수, 공정별 투입인원과 월평균 급여, 사용전력, 월평균 작업시간 등 기본적인 조건을 협력업체 조사를 통하여 미리 결정한다.

실제로 조사에 착수하면 협력업체별로 편차가 심하게 나타나는 경우가 대부분이기 때문에 신중한 접근을 필요로 한다.

각 공정별 가공비를 결정하는 요소들은 크게 감가상각비, 수선비, 전력비 혹은 유류비를 포함한 에너지비, 노무비 등이 있다.

[표 2]의 산출금액은 특정업체의 경우를 그대로 기입한 것이므로 별다른 의미는 없다.

운송비와 포장비는 각 공정과 구분하여 별도 기준을 작성하여야 하되 지관 한 개당 소요비

용으로 산출하여야 최종적인 원가계산시 쉽게 적용할 수 있다.

각 항목별로 구체적인 계산이 이루어지면 이를 종합하여 총괄적인 원가산출 양식을 만든다. [표 3]은 지관 Cost Table 표준양식을 나타낸 것으로서 이를 적용하여 각 품목별 표준구매가격을 확정하도록 한다.

표준구매원가를 산출하는 Cost Table의 작성

은 확정된 단가의 산출기준을 제시함으로써 거래의 투명성을 확보하고 포장재료비 등의 변동 사항이 생길 때마다 공급자와 사용자간의 불신으로 인해 갈등을 줄이는데 크게 기여할 것으로 기대된다.

원가산출방법이 확실하게 결정된 후 현재의 문제점 개선을 위한 연구, 개발에 착수하는 것이 올바른 순서이다.

[표 2] 가공비 세부산출 양식

구 분	항 목	단 위	산 출 근 거	산출금액
산 출 조 건	1) 기계설비가격	천원/대	업체자료 기준	40,700
	2) 내용년수	년	법인세법 시행규칙 기준	9.0
	3) 기계대수	대	업체자료 기준	1.0
	4) 투입인원	명	기장 : 1명	1.0
		명	기사 : 1명	1.0
	5) 월평균급여	천원	기장(1) : 업체자료	1,000
		천원	기사(2) : 업체자료	1,000
6) 사용전력	kwh	업체자료 기준	15	
	7) 월평균 작업시간	시간	8시간/일×25일	200
감가상각비	9) 기계감가상각비	천원/년	설비가격÷기계대수×0.9÷내용년수	4,070
	10) 연간 표준 가동시간	시간/년	월평균작업시간(200)×12	2,400
	11) 1시간당 감가상각비	원/시간	9)÷10)	1,696
수 선 비	12) 공통수선비	천원/년	설비가격÷기계대수×2%	814
	13) 1시간당 수선비	원/시간	12)÷10)	339
전 력 비	14) 월전력비	원	기본료=기본요금(3,960)×사용전력(15)	59,400
	(산업용고압A, 선택 I)		사용료=사용전력×단가(47.45)×20시간	142,350
	15) 1시간당 전력비	천원	14)÷7)	1009
노 무 비	16) 월평균 인건비	천원	기장 : 투입인원(1)×월급여	1,000
	17) 1시간당 인건비	천원	기사 : 투입인원(1)×월급여	1,000
가 공 비	18) 1시간당 가공비	원/시간	16)÷7)	10,000
	19) 1시간당 생산량	개/시간	11) + 13) + 15) + 17)	13,044
	20) 개당 Cutting 가공비	원/개	9000개÷8시간	1,125
			18)÷19)	11.59
합	계	원/개	20)	11.59

화섬용 지관은 평면압축강도가 가장 중요한 물성 항목으로 알려져 있어 이에 대한 개선이 집 중적으로 이루어져야 할 것이다.

한정된 지면으로 인해 본문에서는 이에 대한 세부내용을 생략하도록 한다.

2-3. 지관 제조이론

지관에 대한 자료나 참고문헌은 국내외를 막 론하고 거의 없는 상황이다.

지관은 비교적 특정 목적에 사용되므로 사용 업체나 제조업체가 한정되어 있다.

세계 최대의 지관제조업체인 미국의 Sonoco 社를 비롯하여 불과 손에 꼽을 정도의 지관업체 만이 어느 정도 규모의 경제성을 갖추고 있을 뿐 대부분이 영세성을 면하지 못하고 있으며 국내 의 사정도 이와 크게 다르지 않다.

이러한 연유로 지관 개발의 이론적인 기반이 부 족, 주로 시행착오법(Trial and Errors Me-thod)

〔표 3〕 지관 원가계산표

구 분	항 목	산 출 방 법	비 고
1. 원재료비	1) Parchment	소요량(g)×단가(원/g)×Loss율 각각의 원지별 로 계산하여 더하여 준다.	Loss율 : 9.0%
	2) 지관용지 ①		
	3) 지관용지 ②	소요량 계산법 참고	
	4) 지관용지 ③		
	5) 지설공제		
		소 계	
2. 가공비	1) Slitting비	Slitting 가공비 산출내역 참조	
	2) Winding비	Winding 가공비 산출내역 참조	
	3) Cutting비	Cutting 가공비 산출내역 참조	
3. 일반관리비		(1. 원재료비+2. 가공비)×10%	골판지와 동일
4. 허용이익		(1. 원재료비+2. 가공비)×5%	
5. 포장비		포장비 산출내역 참조	
6. 운송비		운송비 산출내역 참조	
7. 표준구매 원가		1+2+3+4+5+6	

$$1) \text{ 지관두께}(T) : T = \frac{D2(\text{지관외경}) - D1(\text{지관내경})}{2}$$

$$2) \text{ 지관중심경}(D) : D = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$3) \text{ Parchment소요량}(g) : w = \frac{D2}{1000} \times 3.14 \times \frac{L}{1000} \times \text{평량}(g/m^2) \times (1 + \frac{\text{Loss율}}{1000}) \times 1.1$$

$$4) \text{ 지관용지 소요량}(g) : w = \frac{D}{1000} \times 3.14 \times \frac{L}{1000} \times (\text{겹수}-1) \times \text{원지평량}(g/m^2) \times (1 + \frac{\text{Loss율}}{1000})$$

5) Loss율 결정수준 : 9.0%

에 의한 지관개발이 이루어지고 있는 실정이다.

Sonoco사는 설립된지 100년이 넘는 역사를 자랑하고 있으며 지관용 원지를 만드는 제지회사를 가지고 있을 뿐만 아니라 각종 지관과 지관 제조 기계까지 만들어 내는 이른바 캡티브 메이커를 이루고 있다.

아직 우리나라에서는 본격적으로 진출하지는 않고 있다.

최근에는 핀란드에 근거를 둔 Ahlstrom이 국내 자회사를 두고 지관원지를 일부 수입하고 있을 뿐 외국업체가 지관원지를 국내에서 제조하는 경우는 아직 없다.

국내 지관기계 전문제조업체인 Y社와 일본의 지관 제조업체인 T社에서는 오랜 경험에 의해 지관 제조에 관한 몇가지 공식과 강도에 관한 데이터를 각각 내놓은 바 있는데 다음과 같이 그 내용을 소개한다.

2-3-1. 지관제조에 사용되는 공식

가. 지관 무게 산출식

$$w_p = (D_i + T) \times L \times 0.002512 \text{ (원지 비중이 0.80인 경우)}$$

$$(D_i + T) \times L \times 0.002284 \text{ (원지 비중이 0.72인 경우)}$$

여기에서 W_p : 지관 중량(g), D_i : 지관 내경(mm)
 T : 지관 두께(mm), L : 지관 길이(mm)

나. 원지롤(roll)의 총길이 산출식

$$L = W_t \div BW \div W_d \times 1,000,000$$

여기에서 L : 원지 총길이(m), W_t : 원지롤 무게(kg), BW : 원지 평량(g/m^2),
 W_d : 원지 지폭(mm)

※ 각 요소의 단위에 주의해야 한다.

다. 겹지의 무게 산출식

$$W_o = D_o \times 3.14 \times L \times BW \times (W_{d1} + W_{d2} / W_{d1}) \div 1,000,000$$

여기에서 W_o : 겹지 무게(g), D_o : 지관 외경(mm), W_{d1} : 말변지 지폭(mm), W_{d2} : 겹친 폭(mm), 겹지 Parchment 평량은 대개 $52 \sim 57g/m^2$ 으로 산정

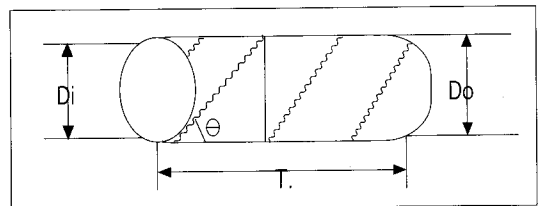
라. 접착제 사용량 산출식

$$W_a = (D_i + T) \times L \times (P - 1) \times 0.0000785$$

단, 접착제의 도포량은 m^2 당 25g 기준인 경우

여기에서 W_a : 접착제 총사용량(g), P : 겹수

마. 지관 제조각도 산출식



$$\tan \theta = W_d \div \pi D_i$$

위의 식에서 지폭과 내경을 가지고 $\tan \theta$ 값을 삼각함수 표에서 찾는다.

혹은 위의 식에서 계산된 수치를 전자계산기에서 Second function인 \tan^{-1} 를 찾으면 각도를 구할 수 있다.

바. 지폭 결정

임의로 결정할 수 있으나 θ 가 $4^\circ \sim 45^\circ$ 사이에서만 가능하므로 이 범위내에서 결정한다. 지폭은 말변지가 대개 20° 정도에서 이루어지며 내림차순으로 정한다.

예를 들어 말번지 지폭이 내경 40~60mm는 70mm, 61~80mm는 100mm, 81~120mm는 120mm가 된다. 말번지 지폭이 결정되면 내림차순으로 1번 지폭까지 결정된다.

$$\text{두께별 지폭차} = \text{Tan}\theta \text{ 값} \times T \div Wd \times 100$$

여기에서 T : 두께(mm), Wd : 지폭(mm)

(예) Di가 94mm이며 T가 10mm인 지관을 말번지 지폭을 120mm로 하였을 경우

$$\begin{aligned} \text{지폭차} &= \text{지폭} / \pi \text{Di} \times T \div Wd \times 100 \\ &= 120 / (3.14 \times 94) \times 10 \div 120 \times 100 \\ &= 3.39(\text{mm}) \end{aligned}$$

즉, 말번지 지폭이 120mm이면 1번지는 116.61mm가 된다. 지폭은 제일 먼저 감기는 1번지를 기준으로 해야하지만 통상 말번지를 기준으로 하며 이때 발생하는 지폭 오차는 -0.5mm이 내이다.

2-3-2. 원부재료의 특성

가. 원재료

지관 제조원지를 의미하며 층간접착력(Bonding Strength)이 우수하고 수분흡수도(COBB)가 100~300g/m².60sec. 범위의 원지를 사용한다.

- 층간접착력(Bonding Strength or Ply Bond. J/m²) : 종이는 제조과정에서 여러 층을 적층하여 일정 두께를 갖는 원지를 제조하게 되는데 각층에 전분 또는 특수약품 등을 도포하여 층간 결합력을 높이게 된다.

이 강도는 지관제조시 압축강도와 파열강도에 지대한 영향을 미치는 요소이다.

따라서 국제적으로 지관원지의 식별은 대개

이것의 품질기준으로 등급을 매기고 있다.

예를 들어 POLY-600, 8A 등은 각각 층간 결합도가 600과 800 이상이라는 의미이다. 하지만 국내에서는 아직 이러한 등급기준이 없다.

- 흡수도(COBB) : 일정시간내 단위면적당 수분흡수성을 나타내는 개념으로써 지관제조에 매우 중요한 개념이다.

흡수도가 너무 낮게 되면 접착력이 떨어지고 너무 높으면 경시변화가 심해 품질의 안정성이 떨어지게 된다. 접착제의 고형분과도 밀접한 관계가 있으므로 고도의 원지배합 기술이 요구된다.

나. 부재료

접착제를 의미하며 주로 Polyvinyl Acetate (PVAc)를 많이 사용한다.

초기 접착력이 매우 빠르고 다공성 물질에 쉽게 접착한다.

다공성 물질인 원지에 PVAc를 도포하면 원지가 접착제에 함유되어 있는 수분을 빨아내어 두 층간의 원지가 서로 붙게 된다.

수분흡수도가 높고 밀도가 낮은 원지는 접착이 쉽게 되는 반면 원지의 강도가 약화되어 지관의 강도가 저하된다.

이러한 이유로 접착제의 고형분은 30% 이상의 것을 사용하여야 하며 고강도가 요구되는 지관은 45% 이상의 고형분을 갖고 있는 접착제를 사용하여야 한다.

2-3-3. 지관 압축강도 산출

지관에 있어서 가장 중요한 품질요소는 압축

강도라고 할 수 있다. 원 사용 지관의 경우 수직압축강도보다는 평면압축강도가 중요한 요소이다.

평면압축강도는 눌린 상태에서 10cm 길이의 지관이 받는 압축하중으로 나타낸다. 따라서 Core Board의 층간접착력과 Ring Crush치가 높을수록 강하다.

형태적 요인으로서 내경에 반비례하고 두께에 비례한다. 絲速(winding speed)이 높을수록 강도가 높아야 하고 지관원지의 winding 각도가 적을수록 강도가 높아진다.

또한 접착제의 특성에 따라 20~30% 정도의 강도차이가 난다고 알려졌다.

수많은 변수로 인해 지관 압축강도를 수식으로 표현하기에는 무리가 있으나 대략 정리하자면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = aTR^{\alpha} B/b d^{\beta}$$

여기에서 P : 지관 평면압축강도(kg), a, b : 상수, T : 지관 두께(mm), α, β : 지수, R : 원지

별 CD방향 R, C치의 합(kg), B : 원지별 층간 접착력의 합(J/m²), Di : 내경(mm)

즉 지관은 두께가 두꺼울수록 원지 R,C치의 합이 클수록 그리고 층간접착력이 클수록 평면압축강도가 커지고 내경이 증가할수록 작아진다.

위의 식을 완성하기 위해서는 다양한 지관샘플을 제작하고 강도시험과 비교 분석을 거쳐 상수 a, b 및 지수 α, β 를 찾아내어야 한다.

구체적인 시험방법은 다음과 같다.

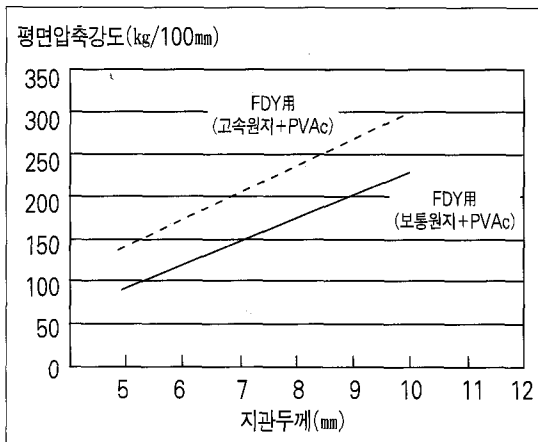
첫째, 각 원지별로 평량, 두께, CD의 R, C치, 층간접착력 등의 품질수준을 확정한다.

둘째, 최대한 다양하게 원지배합을 구성한다. 대개 10cm당 평면압축강도가 약 30kg 정도 차이가 나게 4개 범위의 시료를 구상한다.

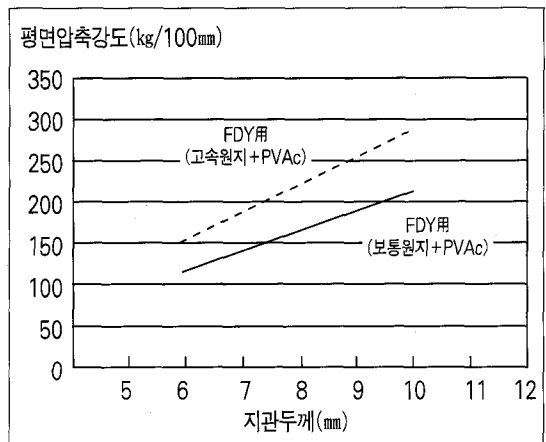
또한 층간접착력이 서로 다른 4가지 시료를 구상하며 내경이 서로 다른 4가지 시료도 구상한다.

이론적으로 위의 3가지 구상을 모두 다르게

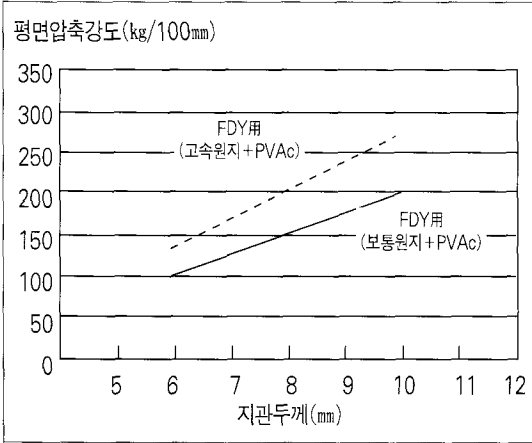
(그림 2) 지관두께와 강도와의 관계(ID Ø 94)



(그림 3) 지관두께와 강도와의 관계(ID Ø 110)



(그림 4) 지관두께와 강도와의 관계(ID Ø 120)



시험하자면 64종류의 지관샘플이 필요하다.

셋째, 정확한 시험을 위하여 적어도 한가지 샘플에 대하여 2개 업체 이상에서 각각 샘플을 제작하여야 한다.

넷째, 검교정을 거친 시험기에 의해 평면압축강도 시험을 하고 산출된 결과치를 수리모델에 대입하여 분석한다.

다섯째, 지수와 상수를 결정한다.

시험결과치를 수리모델에 대입하여 분석하는 방법으로서 유한요소법과 Buckingham의 π -theory가 유용한 수단으로 사용될 수 있지만 내용이 복잡하므로 자세한 설명은 생략한다.

수리모델을 완성하기 위해서는 실제로 지관을 제조하여 그 결과를 분석하는 것이 가장 합리적인 방법이지만 샘플의 수가 너무 많아지면 시험 자체를 진행하기 곤란하므로 유한요소법에 의해 가능한 한 변수를 최소화하여야 한다.

일본의 T사에서는 원사지관에 대한 오랜 경험

으로 내경별로 지관두께와 강도와의 관계를 [그림 2], [그림 3], [그림 4]와 같이 나타내었는데 변수를 줄이는데 유용한 참고자료가 될 수 있을 것이다.

3. 결론

연간 몇 천억원에 이를 정도로 사용량이 많은 지관에 대한 이론적인 자료가 별로 없다.

또한 수십년동안 지관이 만들어져 왔지만 기술적인 진보는 타 제조산업에 비해 상대적으로 느리다. 저조한 기술력은 제조업체나 사용업체 모두에게 불리한 결과로 나타나고 있다.

사용업체는 매년 상당액의 불필요한 비용을 낭비하고 있으며 제조업체는 기술력의 차별화가 이루어지지 않아 규모의 영세성을 탈피하지 못하고 있는 형편이다.

기술력을 축적하기 위해서는 우선 이론적인 연구가 실무적인 개발로 연결되어야 한다.

그러기 위해서는 최소한 지관에 대한 기초지식을 습득하고 끊임없는 연구를 통하여 주변지식을 점차 늘려나가야 한다.

본고에는 크게 원지 품질기준 설정, 원가분석, 적정강도 산출 등에 대하여 원론적인 수준에서 논하였지만 이러한 이론을 토대로 실무적인 연구개발이 화섬업체와 일부 지관업체를 중심으로 실제로 이루어지고 있다.

지관 연구개발이 궁극적으로는 원가절감을 위한 것인 만큼, 지관 사용량이 많은 업체는 관심을 가져야 하리라고 본다. \square