

유리병 경량화 기술

A Light-weight manufacturing tech for Glass bottle

1. 유리병 경량화기술의 발전과정

유리병의 경량화기술은 업계의 큰 과제로서 과거 수많은 제병의 기술적 혁신이 성공적으로 진행되어 오고 있다는 것은 주지의 사실이다.

유리병은 '무겁고', '깨지기 쉽고', '취급이 불편하다' 라는 대중적 인식에 있어 단점을 갖고 있는 반면 '환경친화적이고', '위생적이며', '침투성이 없고 투명성이 있다' 는 장점을 갖고 있다.

이러한 장·단점의 혼재 속에서도 유리병은 포장재로서 인간에게 친밀한 관계를 유지하며 지속적인 발전을 거듭해 오고 있다.

근래 들어 PET BOTTLE이나 CAN용기, 종이 포장재 등의 개발은 유리병이 갖는 단점을 확실히 극복할 수 있다는 명분하에서 경쟁관계가 지속되고 있다.

이에 대한 유리병업계의 대응은 경량화를 통한 경쟁력 강화였는데 이는 효과적으로 많은 잇점을 얻게 하였으며 미래로의 가능성을 충분히 제시해 주고 있다.

자동병 M/C이전에 수동으로 붙어서 유리병을 생산할 때에 PARISON(최종 성형을 거치기 전인 1차적으로 성형된 유리물 덩어리)은 물체에 접촉하지 않고 성형되기 때문에 매우 고른 유리두께의 분배를 얻을 수 있었고 이것은 생산자에게 있어 경량화를 가능하게 하였다.

그러나 이후 SEMI-AUTOMATIC(반자동), AUTOMATIC(자동) M/C의 도입과 더불어 생산성은 괄목할 만하게 성장했지만 유리생산에서의 단위중량은 2배 이상 증가하지 않으면 안되었다.

1920년대 후반 개발된 IS M/C는 지난 80년 동안 개선되면서 생산속도는 급속히 증가되었고 유리중량 절감도 획기적으로 진행되었으나 과정을 보면 순탄치만은 않았다.



김 문 기

두산포장(주)생산지원팀 부장

역사적 배경을 보면 초기의 경량화 단계를 거치면서 강도상의 문제와 이로 인한 법률상의 규제를 받으면서 오히려 중량이 증가하게 되는 어려운 시기도 있었으나 70년대 초반 성형기술의 개선과 표면처리기술의 개발로 극복할 수 있었다.

유리병의 경량화 기술은 제조기술의 진보와 더불어 가격경쟁력 제고 및 타용기와의 경쟁력 강화를 위해 60년대 말 시작하였지만 70년대 초기부터 두드러진 발전을 이루었다.

이 때에 개발, 발전된 것이 NNP&B공법으로 광구병을 생산하는 P&B공법에서 한층 더 발전한 것이며 세구병 생산에 적용한 방식이었다.

B&B방식은 공법특성상 SETTLE WAVE라는 유리두께 분배에서 최소두께를 갖는 부분을 형성하기 때문에 유리중량을 줄이는데 한계가 있다.

다시 말해 병의 가장 얇은 부분이 그 병의 강도를 결정하기 때문이다.

그러므로 Wall Thickness의 나쁜 분배가 고중량의 원인이 된다.

이와 달리 P&B(NNP&B)방식은 안정된 성형 조건 속에서 고른 유리두께를 형성하기 때문에 평균두께 대비 최소두께가 훨씬 두껍게 되므로 경량화에 유리하기 때문에 널리 사용되게 되었다.

초기 NNP&B공법의 개발로 경량화의 진일보를 이룩한 제병업자들은 설비 및 제조공법의 개발로 많은 발전을 이루었지만 곧 이러한 방법에 의한 경량화는 한계가 있음을 깨닫게 되었다.

그래서 좀 더 효과적인 경량방법을 모색하게 되었는데 여기서 한가지 방법으로 제시된 것이 유리병의 표면Coating으로 현재에는 제조공법

과 더불어 유리병 경량화의 큰 줄기로 대표되고 있다.

이처럼 유리병의 경량화는 1단계로 초기의 제조공법의 개발, 개선과 2단계로 표면보호와 강화의 방법으로 진행되어 왔고 앞으로도 서로 병행 발전해 나갈 것이다.

초기단계에서의 제조공법개발은 앞서 언급했듯이 NNPB의 개발을 시발점으로 하여 VACCUM FORMING과 VACCUM ASSIST FORMING공법, V-F공법 등 BPM향상과 분배 개선을 목표로 진행되어 왔다.

다음으로 유리병의 표면보호와 강화방법에 대해 살펴보면 다음과 같다.

첫째로 PRELABELLING의 실시를 들 수 있다. PRELABELLING은 70년대 중반 이후 적용되었으며 LABEL의 특성과 충격흡수에 의한 파병방지 역할로 널리 이용되었지만 현재에는 널리 사용되지 않고 있다.

둘째로는 COATING 방법이 사용되었는데 이는 현재에도 널리 사용하고 있는 방법으로 CEC(COLD END COATING)와 HEC(HOT END COATING) COATING이 있다.

유리병의 강도저하는 병이 성형된 직후 발생하는 크고 작은 상처에 원인이 있고 초기강도는 이러한 상처에 의해 크게 좌우된다.

HEC COATING은 병의 외표면에 발생하는 상처를 방지하기 위해 산화주석의 박막을 외표면에 COATING하는 방법으로 이 기술은 병이 성형된 직후의 고온영역(550~650°C)에 있을 때 기화된 주석함유물질을 병의 외표면에 피막으로 입히는 것이고 CEC는 HEC를 하고 나서



▲ 국내에서 생산되는 유리병의 종류

유리병이 서냉된 직후인 비교적 낮은 온도(130°C 이하)에서 폴리에틸렌이나 계면활성제를 병의 외표면에 분사, 윤활성을 좋게 함으로써 상처 방지에 도움을 주고 있다.

셋째로 최근에 개발된 것으로 MULTI COATING이라 하여 다중의 폴리에틸렌 피막을 입히는 방법도 개발되었으며 이것의 간략사항은 나중에 다시 언급하겠다.

일반적으로 B&B공법에서는 최소 동체평균 두께를 2mm 정도로 생산이 제한되는 반면 NNP&B공법에서는 0.8~1mm의 동체평균 두께로 성형이 가능하기 때문이다.

최근의 경량화는 제병기술의 눈부신 발전에 의해 두께분배의 균일화, 병 내표면의 미세 CRACK발생방지 기술 등이 속속 개발되고 있다.

경량화를 위해서는 많은 요구 조건들이 있는데 이들을 간단히 나열해 보면 다음과 같다.

- ◎ 용기 Design의 적정설계
- ◎ 성형 Process
- ◎ 병 표면처리기술
- ◎ 원재료의 품질균일성
- ◎ Batch Mixing의 균일성
- ◎ Batch 투입방법
- ◎ 용해 Control
- ◎ 성형조건(Glass온도균일성, Gob Delivery의 개선, Mold Cooling의 개선 M/C기능의 UP) 등의 전제조건을 해결해야 한다.

2. 국내외 경량화 기술의 비교

국내의 경량화는 당사가 84년 NNP&B공법

을 도입한 이래 88년에는 S/G의 NNP&B 공법을 자체개발하여 현재까지 지속적으로 추진해 오고 있으며 이에 대한 앞으로의 전망도 밝은 편이다.

경량화 도입 후 실적을 보면 수액 1000ml의 경우 초기중량 대비 95gr, 500ml는 75gr 절감할 수 있었으며 이를 통한 기술의 발전, 가격경쟁력강화 등 많은 잇점을 얻을 수 있었다.

경량화를 통한 상품화의 가능성을 확인코자 당사에서는 ULTRA LIGHT WEIGHT급의 제품 생산을 성공적으로 마쳤다.

이를 위해서 PA설계시 SHORT PA와 LONG RUN으로 인한 각 부위별 두께분배와 제조공정에서의 RE-HEAT작업을 가능케 하는 작업에 노력을 기울였다.

즉 유리의 제조공정은 크게 보아 BK CONTACT TIME, REHEAT TIME, BW CONTACT TIME으로 구분되고 각 구분대별 TIMING을 적절히 할 수 있는 작업을 수행하였다.

일반적인 BB공법에서는 SETTLE TIME이라는 공정으로 REHEAT TIME은 충분치 못하지만 PB(NNPB)공정은 최적화된 PA설계에 의한 EASY PRESS로 그만큼 BK CONTACT TIME을 줄임으로써 REHEAT TIME에서의 여유있는 작업이 가능하기 때문이다.

국내에서는 현재 초경량병의 상품화가 가능한 단계까지 발전한 단계이나 세계적인 수준에는 훨씬 못미친 상태로 노력의 여지가 많이 남아 있다.

제조공법에서는 M/C의 정도향상 및 공정의 개

선(VACCUM FORMING)이 요구되고 더불어서 표면강화 방법에 대한 투자와 노력이 필요하다.

국내의 경량화 기술은 외국에 비해 10년 이상의 차이만큼 현저한 차이를 나타내고 있다.

이는 국내의 경량화 역사가 짧은 연유도 있겠지만 다른 하나는 경량화 기술에 대한 자체 기술 개발에 소홀한 점도 부인하지 못한다 하겠다.

국외의 OI(미국), HEYE(독일), IZUSUKA, TOYO(일본)등은 경량화 기술개발에 많은 시간과 비용을 지불하고 있으며 이로 인한 기술의 발전은 높은 수준에 이르러 있다.

일반적으로 경량화의 정도를 표시하는 방법으로 Emhart 경량도라는 것을 사용하게 되는데 이는 병의 만량용량과 중량의 데이터 및 경험에 기초하여 평가식을 써서 나타낸다.

즉,

$$L = 0.44 * W * C^{(-0.77)}$$

L = 경량화계수 W = 중량 C = 만량 용량

· SUPER HEAVY WEIGHT = 1.4 이상

· HEAVY WEIGHT = 1.2 ~ 1.4

· STANDARD WEIGHT = 1.0 ~ 1.2

· LIGHT WEIGHT = 0.85 ~ 1.0

· SUPER LIGHT WEIGHT = 0.7 ~ 0.85

· ULTRA LIGHT WEIGHT = 0.7 이하

으로 구분되며, L의 값이 작을수록 경량화 수준이 높음을 알 수 있다.

상기의 도표에 의해 주스 1l 제품의 경량도는 일본의 경우 320g(L=0.66)이 상품화 되고 있으나 국내는 당사에서 380g(L=0.79)의 실적이 있을 뿐이다.

당사의 경우 지난 92년 실적 이후 개발제품이

없어 현재는 이보다는 낮겠지만 경량화는 끊임 없는 투자와 노력이 필요한 실정이다.

현재 외국의 경량화 실적 예를 보면 제조공법의 개선보다 표면보호방법의 개발에 더 많은 역점을 두고 진행되고 있다.

이는 유리 자체로서의 강도보증에는 한계가 있기 때문이다.

병의 표면처리는 SPRAY, PACKING, DIPPING, VAPORIZING COATING 등 많은 방법이 개발되었다.

이들 COATING방법 중 아직 국내에는 도입되지 않은 것은 DIPPING방법으로 MC (MULTI-COATING) COATING이다.

MC COATING은 HEYE GLASS와 TOYO GLASS 등에서 적용하고 있는 것으로 FIRST LAYER로 POLYURETHANE을 SECOND LAYER로는 SYNTHETIC RUBBER을 사용하여 기존병 대비 30~40%의 중량절감효과를 얻고 있다.

MC COATING의 장점으로는 파병시 입자의 비산을 막아주고 유리병 표면을 COLORFUL하게 색깔을 임의 조정할 수 있으며 또한 회수병의 경우 일반적인 비회수병의 수준만큼 중량을 줄일 수 있다는 것이다.

또한 회수 병에 적용시 SCUFF가 전혀 발생하지 않았으며 내충격저항 역시 제병의 초기상태가 회수사용 시에도 그대로 유지된다는 것이다.

이제까지 개발된 경량화 방법들은 제병된 병의 강도유지(보존)에 노력을 기울여 온 것이었으나 최근에는 강도유지 기능에 더하여 강화하는 방법도 개발되고 있다.

이러한 방법은 소지개발부터 PROCESS 개선까지 다양한 범위에서 검토되었으며 상품화를 마친 상태이다

이와 같이 외국의 경량화 기술은 현저한 발전을 거듭하고 있으며 추세는 제병업자 및 소비자의 요구를 반영하고 있다.

3. 경량화기술의 전망

유리병업계는 동종업계간 경쟁이 날로 치열해지고 있으며 밖으로는 타용기(PET, 종이PACK 등)와도 경쟁을 해야하는 어려운 상황에 처해 있는 것이 현실이다.

또한 요즘 새로이 부각되고 있는 환경문제 역시 부담이 가지 않을 수 없다.

이렇듯 어려운 상황 속에서 돌파구를 찾게 되는 것이 경량화를 통한 경쟁력강화라는 것은 의심의 여지가 없다.

앞으로의 경량화는 제품설계로부터 제조단계까지 COMPUTER에 의해 보다 정밀하게 해석, 제어하여 병 내외표면의 강화와 내면이물 방지 대책을 포함한 무결점화, 소지개발 등 다각적인 방향에서 집중적으로 이루어질 것이다.

또한, 이제까지의 병의 초기강도유지의 표면처리 한계를 벗어난 강화방법도 연구개발 중이다.

이와 더불어 경량제품의 품질보증을 평가할 수 있는 검사기의 개발도 필연적으로 뒤따를 것이며 이제까지의 경량화는 비회수병에서 주로 이루어졌으나 회수병으로의 적용도 적극적으로 이루어질 것으로 예상된다. [K]