

Cast Film System 및 공압출 System

JOHN J. CHALMERS / CLOEREN INVORPORATED.

신설 압출 라인이나 기존 라인의 개량 작업시 압출 다이에 투자되는 비용이 높다고 판단하는 경우를 종종 보게된다.

그러나 이러한 설비 투자시 부적절한 다이 설계로 인한 손실 비용을 고려 한다면 투자 비용에 대한 상대 비교는 거의 의미 없는 일이다.

엣지 트림의 양이 과대하거나, 층간 두께가 불균일한 공압출 제품의 생산, 또는 전체 두께편차가 일정치 않아 발생하는 불량율이 최대 25% 정도의 원료 손실을 초래한다는 사실등은 설비 투자의 중요성을 설명하는 좋은 예이다.

시간당 1000Kg의 제품을 생산할 때 250Kg의 제품이 거래처로 납품될 수 없다는 것을 생각하면 압출 다이의 선택은 가장 신중히 고려해야 할 항목이다.

클로렌에서는 압출 필름이나 시-트의 생산에 필요한 다이 및 관련 설비를 각 설비의 시너지 효과를 반영하여 다이 시스템(Die System)이라고 부르고 있다.

캐필러리 파이프(Capillary Pipe)와 피드블럭(공압출인 경우)을 통한 수지의 이동, 다이 내부에서 원료의 거동은 압출 품질을 결정하는 주요 요소들이다((그림 1)).

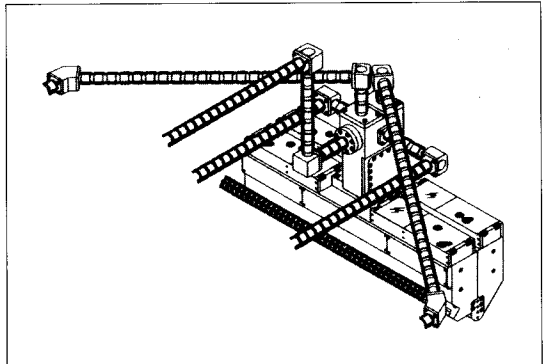
압출기는 균일한 품질을 유지하면서 용융된 원료를 캐필러리 파이프로 이송해야 한다.

캐필러리 파이프 또는 피드블럭 내에서 원료 온도는 압출 온도보다 높거나 낮게 유지되서는 안되며, 캐필러리 파이프는 온도를 균일하게 유지할 수 있도록 제작되고, 이송된 원료의 용융 온도를 항상 동일하게 유지할 수 있도록 관리되어야 한다.

원료가 균일한 용융 품질을 유지하면서 피드블럭이나 다이로 이송되면 원료는 제품의 폭과 두께에 맞도록 설비 내부에서 균일하게 퍼져 나간다.

생산된 제품의 적합 여부 판단은 일반적으로

[그림 1] 압출다이시스템



최소의 엣지 트림과 최소의 잔여 응력을 가진 균일한 두께의 제품을 기준으로 하고 있다.

최근 생산되는 대부분의 다이는 압력 균등화 개념에 의한 프로그램을 이용하여 설계되고 있다.

다이 내부를 여러 개의 작은 구역으로 나누고, 각 구역에서의 유체 흐름을 개별 산출하여 합산 하므로써 원료가 균일한 부피와 속도를 유지 하면서 다이를 빠져 나갈 수 있도록 설계하고 있다.

그러나 과거의 다이 기술에 익숙한 대다수 구매자들은 제품의 품질과 작업의 재현성이 거의 불가능한 낡은 다이 설계 개념에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

타사의 다이 설계 방식을 보면 특정 원료나 원료 그룹에 맞도록 다이를 설계하는 것이 아니라 기존 구방식의 다이 설계 방법 내에서 요구품질에 근접할 수 있는 방법을 강구하는 억지 맞춤식 설계를 하고 있다.

결과적으로 새로운 설비 투자의 최종 목적과는 동 떨어진 결과가 나타나게 되는 것은 자명한

일이다.

다이 공급업체가 '1회에 한해서 무상으로 다이를 재가공 해 준다' 식의 홍보는 이 업체의 기술에 한계가 있음을 역으로 표시하는 것이라 하겠다((그림 2)).

요즈음 선진의 다이 설계 기술자들은 다이 품질의 최상화를 위해서 고도로 섬세하고 복잡한 설계 기법을 채택하고 있다.

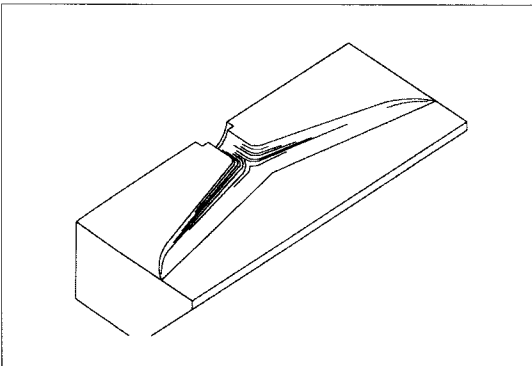
다항 방정식에 의한 수지의 유동 특성 해석을 바탕으로 최종 제품상에서 발생할 수 있는 모든 품질 불량을 극소화시키는 설계가 이루어지고 있다.

최적의 다이 설계와 함께 다이 자체도 기계적으로 균일한 제품을 생산할 수 있도록 제작 되어야 한다.

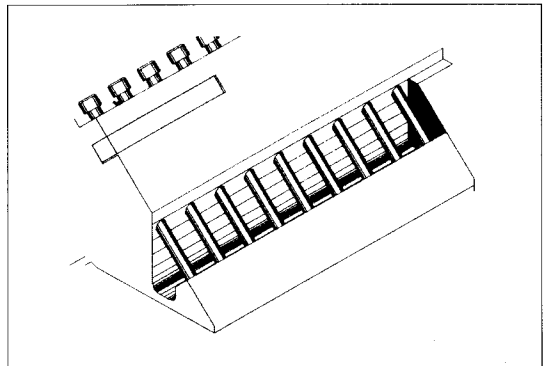
균일한 두께의 제품을 생산하기 위해서는 플렉시블립(Flexible Lip) 채택은 필수 사항이다 ((그림 3)).

여러가지 요인들이 고려되어야 하지만 다이는 수동으로 조절할 때 대략 3%~10% 편차 범위 내에서 두께를 조정할 수 있다.

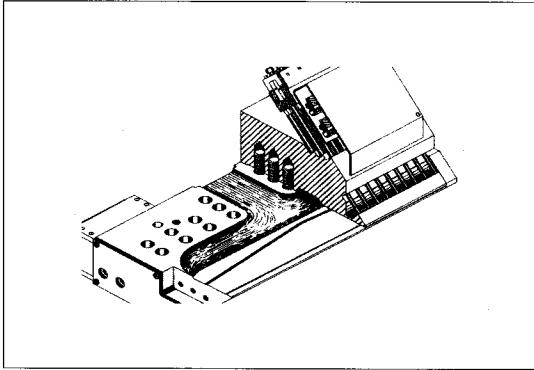
[그림 2] 고전적 다이 형태



[그림 3] Flex Lip



[그림 4] Autogage™5.2 자동 다이



보다 정밀한 두께 조절을 위해 자동 다이가 개발되어 사용되고 있다([그림 4]).

두께측정기와 자동 다이간의 상호 연결 성능은 방법에 따라 약간씩의 차이는 있지만 대략적으로 자동 다이를 사용하면 수동 다이에 의한 두께편차를 1/2 수준으로 낮출 수 있다.

다이 립의 조정 거리 범위도 다이 설계에서 중요한 요소이지만 다이가 적합하게 설계되었을 때에는 균일한 두께를 유지하기 위한 립의 조정 범위도 상대적으로 작아지게 된다.

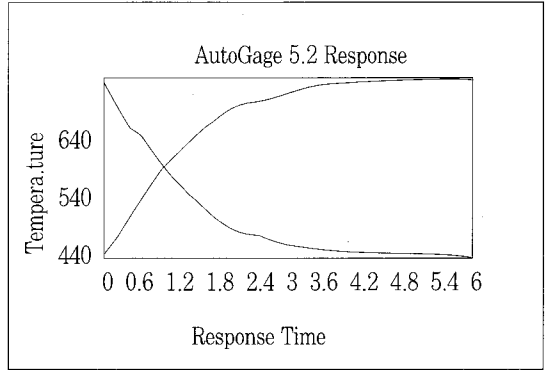
자동 다이 볼트의 반응 시간은 종종 시간 함수로 표시된다.

반응 시간은 다이 볼트가 평형점에 대해 62.3% 팽창 했을 때까지의 소요 시간을 기준으로 한다.

전원은 시간에 대한 주어진 퍼센트 만큼 다이 볼트에 On/Off 제어 방식으로 전원을 공급한다.

APC에 의한 제어는 50%를 기준점으로 했을 때 약 30%~70%의 범위에서 다이 볼트를 제어한다.

[그림 5] 두께측정기를 사용한 다이반응 시간



특정업체의 두께 측정기를 사용한 APC 제어에서 AutoGage™ 5.2 다이의 반응 시간은 2분 이하로 나타나고 있다.

다른 두께 측정기 업체의 설비를 사용한 경우 반응시간은 이보다 훨씬 빠르게 나타나고 있다([그림 5]).

결과를 보면 두께측정기에서 변경 신호가 전달 되고 2분 이전에 다이 볼트는 요구되는 팽창 거리만큼 완전히 변경되고 있음을 알 수 있다.

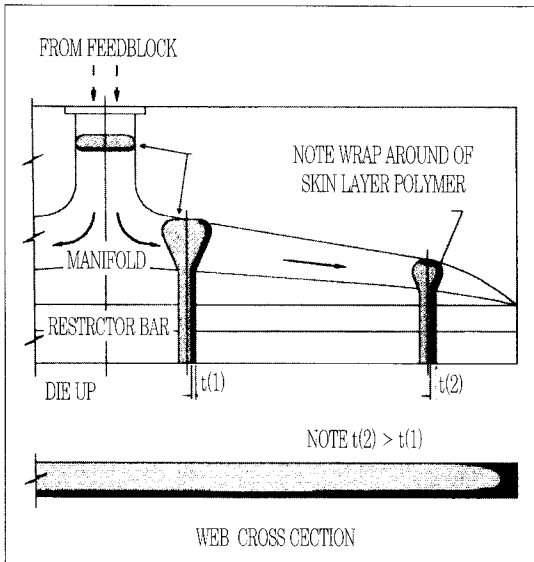
이러한 결과는 결국 기존 판매가 가능한 제품의 생산까지 라인 가동 개시로부터 수시간이 걸리던 것을 수분 내로 단축할 수 있도록 해주고 있다.

전체적인 두께 제어로 필름 및 제품 롤의 평활도를 증가시켜 제품의 성능과 소비자 만족도를 한층 더 확보할 수 있다.

두께 편차와 게이지 밴드 등으로부터 오는 롤의 평활도 불량은 와인더 부분에서 오실레이션 시킴으로써 보완시킬 수 있다.

필름을 좌우로 움직임으로써 두께 편차가 심

[그림 6] 피드블럭 자체 설계



한 부분이 롤의 평활도를 악화시키는 것을 억제시킬 수 있다.

그러나 필름을 좌우 이동하기 위해서는 제품의 폭이 실제 요구되는 폭보다 커야하며 결국 이 부분은 스크랩 으로 처리될수 밖에 없다.

일반적으로 오실레이션은 2~3인치(필름 양 방향으로 1~1.5인치) 정도를 통상적으로 하고 있다.

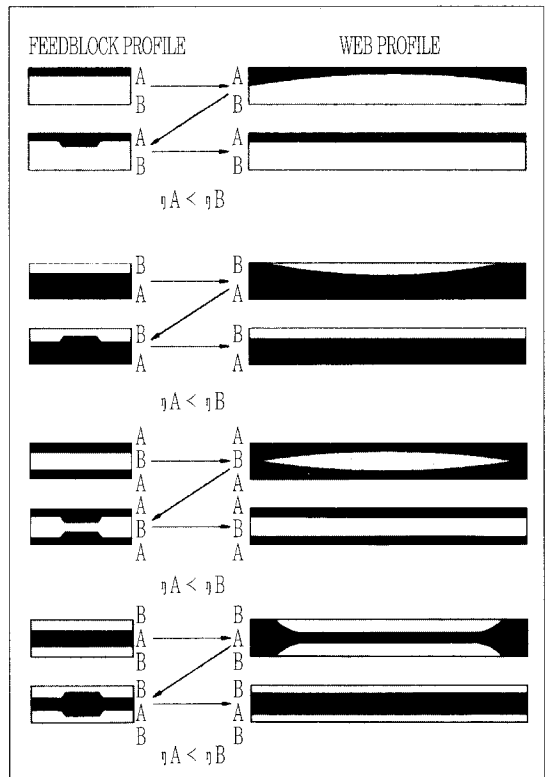
캐스트필름 폭에 따라 변동적이지만 오실레이션에 필요한 필름의 폭이 차지하는 퍼센트는 전체 불량률에 상당한 부분을 차지하게 된다.

필름의 두께 편차가 적으면 적을수록 오실레이션으로 인한 불량률 최소화할 수 있다.

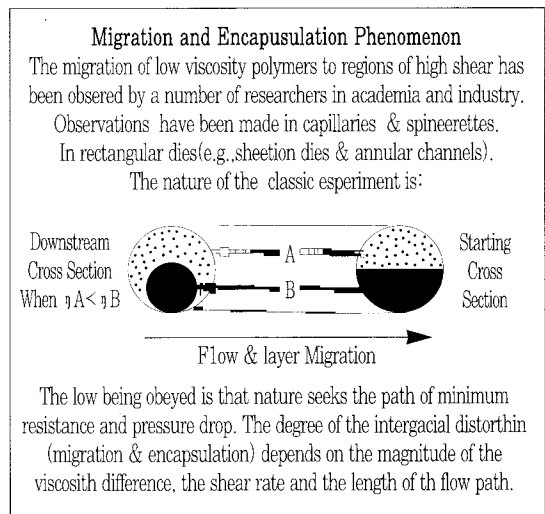
공압출의 경우 층간 두께 균일도는 전체 균일도 만큼이나 중요시되고 있다.

업계에서는 피드블럭에 의한 층간 두께 제어

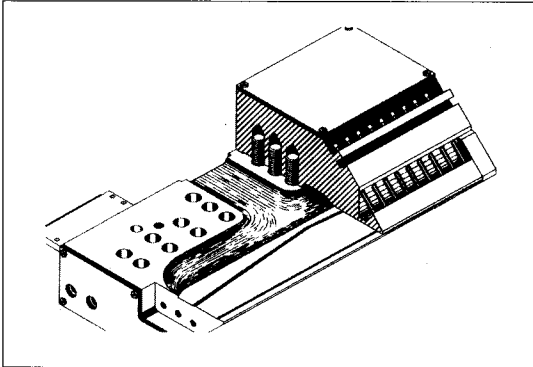
[그림 7] 점단성성질과 전단응력을 만족시키기 위한 설계



[그림 8] 균일한 두께를 유지하기 위한 설계



[그림 9] 매니폴드



에 많은 관심을 보여 왔다.

피드블럭 자체의 설계에서 부터 각층간의 결합 방법, 내부 기하학적 구조 및 피드블럭 사용에 따른 유연성등은 신중하게 고려 되어야 할 부분이며 최종 제품과의 적합성 여부 결정에 중요한 인자로 작용한다([그림 6]).

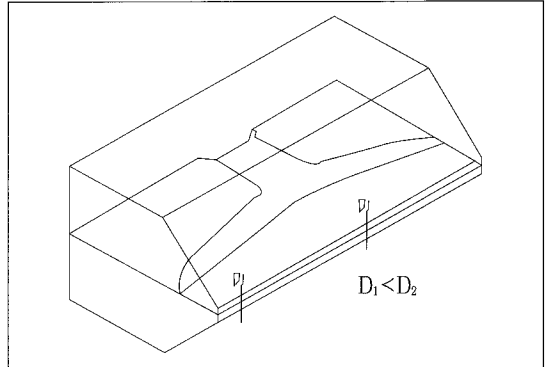
수십년을 넘도록 공압출에서 고분자 원료의 서로 다른 점탄성 성질과 전단응력을 만족시키기 위해서는 피드블럭의 설계가 현장 결과에 따른 사후 처리 방식과 같이 비과학적인 방법으로 해결되어 왔다([그림 7]).

피드블럭 설계에서 중요한 요소는 이와 같은 문제를 해결하고 균일한 두께를 유지할 수 있도록 적절한 장치가 포함 되어야 하는 것이다.

초창기에는 점성 차이가 높은 이종의 원료 사용시 층간 두께 불균일도에 대한 해결책만이 관심의 대상이었다([그림 8]).

점성 성질이 유사한 원료나 점도 범위가 비슷한 원료는 피드블럭 내에서 프로파일 설계 개념을 도입함으로써 균일한 층간 두께를 얻을 수 있다.

[그림 10] 클로렌다이



지금까지도 일부 설비 업체에서는 피드블럭 프로파일 방식을 간과하고 고전적인 방법을 고집함으로써 층간 두께에 문제가 발생했을 때에 설비의 수정이 극히 어렵거나 또는 전혀 불가능하게 하고 있다.

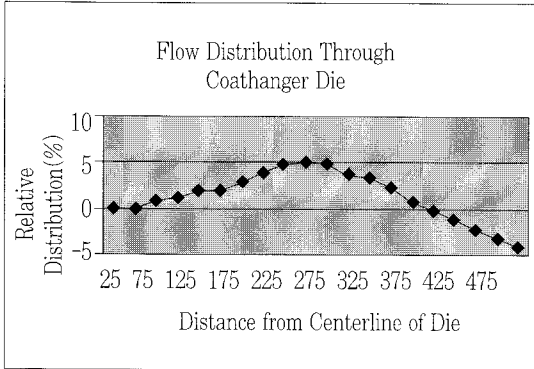
1980년도 후반 클로렌은 시장에서 타사의 빈약한 다이 품질을 극복하기 위한 보안 설비로서 당사의 피드블럭이 채택되고 있는 상황을 한 단계 더 개선하여 다이 설계에 일대 개혁을 가하여 층간 두께 제어에 대한 혁신적 개선책을 소개하였다.

이론적으로나 실제 현장에서 입증되는 바와 같이 매니폴드는 공압출 제품의 층간 두께와 직접적인 관련이 있다.

층간 두께 균일도의 개선을 위한 집중적인 투자로 당사는 매니폴드 설계에 비약적인 혁신을 이룩했다.

매니폴드 부분을 기존의 방식 보다 넓게 설계 함으로써 합쳐진 원료의 층간 흐름을 그대로 유지할 수 있었으며 넓어진 매니폴드 형태 외에도 폭 방향으로 매니폴드의 설계에 변형을 가하여

[그림 11] 수지의 점도 변화 · 압출량 변화



층간 흐름의 균일도 유지가 완벽하게 이루어질 수 있었다(그림 9)).

T-다이에서 매니폴드의 형태를 넓게 하였을 때 공압출 제품의 층간 균일도는 확연히 증가한다.

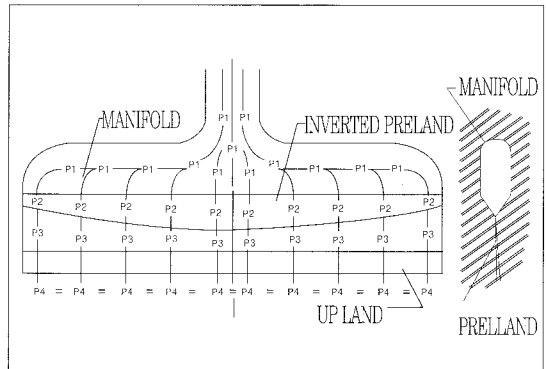
복합적 분석 기법에 기초한 다이의 설계로 여러가지 추가적인 신개념들이 다이 매니폴드에 적용되었으며 이러한 설계 기술하에서 클로렌의 EPOCH가 제작되었다.

EPOCH 다이는 실질적 경험 데이터를 자체 개발한 컴퓨터 모델링을 통해 지속적으로 개선 발전해 나가고 있다.

클로렌 다이만의 특징이자 장점으로는 용융 수지가 다이 내에서 균등한 압력하에 거동하므로 코트행거 타입 다이의 고전적인 문제인 클램셸(Clam Shell) 현상이 제거되었다는 것이다.

클램셸 현상은 다이내 압력 배분의 차이에 오는 다이의 불규칙적인 팽창현상을 표현하는 것으로, 다이 중앙부 쪽으로 가중된 수지의 압력으로 인해 다이의 중앙 립 부위가 다이 양 끝

[그림 12] 프리랜드 디자인 · 공압출 매니폴드



단 립 보다 넓게 벌어지는 현상을 말한다(그림 10)).

클램셸 현상으로 인한 문제는 다이 중앙부의 문제 외에도 수지의 점도 변화나 압출량 변화 정도에 따라 다이가 불규칙적으로 팽창하며 이의 재현성 없이 변화는 것이 문제점으로 대두된다.

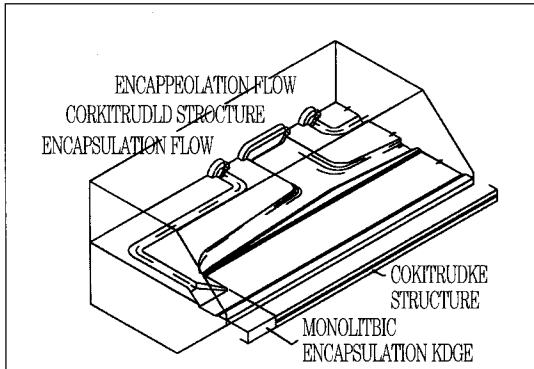
폭방향으로 일정한 단면적을 갖고 있는 T-다이는 기본적인 설계 형태상 다이 중심부보다 많은 수지가 흘러갈 수밖에 없도록 되어 있다.

따라서 별도의 입력 완충 장치가 설계되어야만 한다.

코트행거 타입 다이에서 압력 완충부는 프리랜드 (Preland) 부분으로 매니폴드에서부터 일정한 각도를 갖도록 형성되어 있다.

이 각형 부위가 공압출층의 수지 점도에 맞춰 지도록 설계하지만 수지의 점성 변화는 지수함수의 형태를 지니기 때문에 직선형 형상으로 지수 곡선의 특성을 맞춘다는 것은 불가능한 시도이다.

[그림 13] 옛지인 캡슐레이션



결과적으로 다이 내부의 과압부와 저압부가 복합적으로 형성되 통칭 W 자 형태의 수지 토출 특징을 나타내게 된다([그림 11]).

T-다이나 코트헥거 다이의 압력 완충 차선책은 조정형 초크바(Restrictor Bar)를 장착하는 것이다.

그러나 이 방법은 공압층의 흐름을 방해하고 용융 수지에 과도한 압력을 가하기 때문에 전혀 바람직하지 못한 방법으로 인정되고 있다.

클로렌은 이와 같은 문제점을 해결하고 특허를 득한 2단계 프리랜드 디자인과 공압출 매니폴드를 개발하였다([그림 12]).

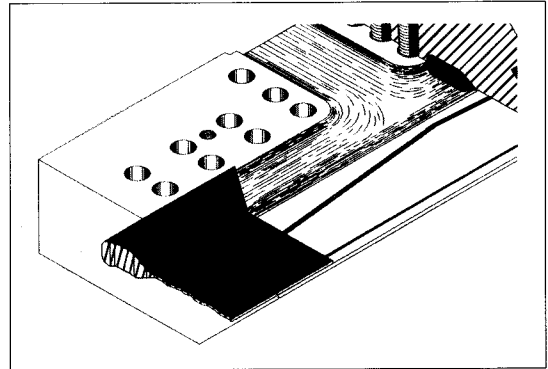
클로렌만의 독특한 프리랜드 디자인과 매니폴드 개념은 다이 설계 분야에 새로운 장을 여는 기술로 인정되고 있다.

옛지 트림은 생산성 향상과 관련하여 항상 관심의 대상이 되는 부분이다.

옛지 문제는 수율, 생산속도, 재활용 문제 등에 있어 항상 마이너스적인 요소로 간주되고 있다.

옛지를 완벽하게 관리할 수 있다면 이는 확실

[그림 14] 내부데클링



히 긍정적 요소로 부각될 수 있을 것이다.

일반적으로 인캡슐레이션 (Encapsulation)은 피드블럭에 처리하는 것이 보편적이거나 실제 성공 사례를 쉽게 찾아 보기는 어렵다.

피드 블럭 인캡슐레이션은 공압출에서만 가능한 것으로 정밀한 제어를 기대하기는 불가능한 기술이다.

수년 전, 클로렌은 다이에서의 옛지 인캡슐레이션 기술을 특허화하고 상업화시켰다([그림 13]).

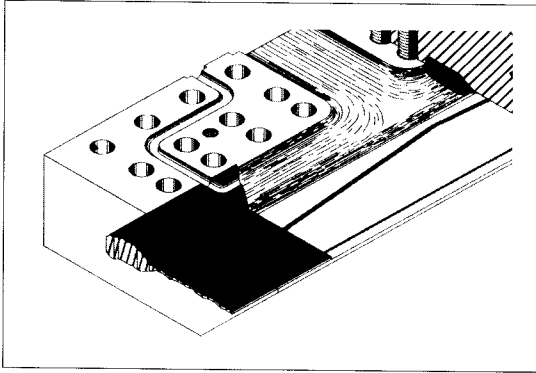
이 방법으로 인캡슐레이션 조정과 폭 결정을 정밀하게 제어할 수 있으며 옛지가 가져야 하는 특성에 적합한 수지를 선택적으로 압출 할 수 있도록 설계되어 있다.

옛지용 수지는 수지의 단가나 재활용성 여부 또는 수지의 흐름 안정성 등의 상황을 고려 하여 선택할 수 있다.

흐름성이 좋은 수지를 옛지로 통과시키면 고속 작업시 필름이 떨어지는 것을 억제할 수 있다.

저가의 수지를 옛지 채널로 보내면 재생 공정에서 경비 절감을 유도할 수 있다.

[그림 15] EDS



재생이 불가능 제품을 생산할 때에도 엣지층은 이와 별개로 작업할 수도 있다.

제품폭의 관리와 절대적으로 필요한 최소폭으로 제품을 생산하는 것은 압출 업계의 공통된 목표이다.

하나의 다이로 다양한 폭의 제품을 생산하는 것은 극히 제한적이기 때문에 데클링(Deckling) 기술이 종종 사용되고 있다.

고전적인 데클링 방법은 다이 내부의 수지 정체와 탄화를 유발하기 때문에 다이 내부에서 수지의 흐름을 차단하는 기술이 개발되었으며 이는 다이내 흐름장이 완벽하게 설계되었을 때 가능한 논리로 이해되고 있다.

내부 데클링은 그림과 같이 다이 매니폴드와 프리랜드, 립 랜드 폭을 다이 내부에서 막는 방법이다([그림 14]).

내부 데클링 기술은 이미 수년에 걸쳐 상업화되어져 왔다.

내부 데클링 설계도 다이와 동일한 차원의 흐름 설계가 반영되기 때문에 클로렌에서는 이미 기술한 인캡슐레이션 기술과 데클링 기술을 접

목할 수 있는 가능성을 인지하고 인캡슐레이션 데클링 시스템, EDS(Encapsulation Deckling System)을 개발하게 되었다.

당사의 특허 기술인 EDS 기술로 압출 업체는 손쉽게 제품의 폭을 조정하면서 인캡슐레이션의 장점을 유지할 수 있게 되었다([그림 15]).

우리는 매일 매일 그것이 시간적이던 금전적이던 투자회수율적 사고하에서 문제에 대한 해답을 찾아가고 있다.

우리의 생산 라인에서 생산성을 배가하기 위해서는 운전 요소와 부수장비들에 대한 넓은 시야를 가지고 새로이 도입되는 기술을 면밀히 분석해야 한다.

정확한 사양과 정확한 선택이야말로 기존 라인의 성능을 신설 라인의 성능만큼 향상 시켜주며 신설 라인에서는 최고의 생산 수율을 창출할 수 있도록 해주는 기본적인 업무 목표이다.

경쟁력이 우선인 요즘의 시장에서 이와 같은 시야로 설비를 검토하는 것은 단순히 수익률을 높여주는 것 뿐만 아니라, 경영에서 이익과 손실의 방향을 결정하는 중요한 요소임은 아무리 강조해도 지나침이 없다고 할 것이다. ☐

기술 원고 모집

포장기술향상을 위한
기술원고를 모집합니다.

편집실

02)835-9041