

우수성의 추구를 통한

골판지포장 산업의 이미지 제고 ⑤

조합 정보기술팀 제공

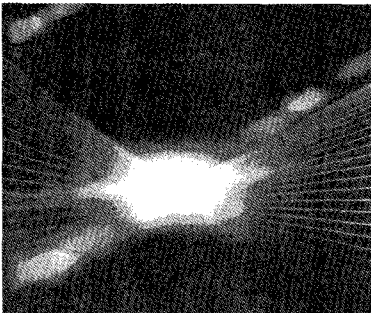
골판지 산업의 과거와 현재의 경향을 파악하고 미래의 골판지 산업이 나아가야 할 길을 찾아보고자, 그것에 대한 기초작업으로 강원대 제지공학과 조병목 교수에게 Brunton Group 사(Tony Pinnington 저)에서 발간한 "The Corrugated Industry-In Pursuit of Excellence"을 번역의뢰하여 본지에 연재한 후 골판지 포장 종사자 및 우리조합 편집위원회등의 검토를 거친 후 단행본으로 출간코자 합니다. 연재하는 동안 골판지 산업에 필요한 참고 자료를 독자분들께서 제공하여 주셨으면 합니다(편집자 주).

이 장에서 다루어질 자료들의 출처는 CPA 생산 회의(CPA Manufacturing Committee)의 작업 그룹 보고서이다. (회원 : Steve Gribben, Owen Walsh, Eddie Stokes, Tony Pinnington)

7장. 골 롤

마모 방지를 위한 강한 크라운 (crown)

각각의 상자 제조 공장이나 종이 공급기는 다양한 골 수준을 갖는 다량의 골 롤들을 가지며 이 골 롤 수준들은 이러한 사업의 범위 내에서 현재 실행되고 있는 작업의 혼합비



에 의해 좌우된다.

골 제조 공정을 실행하는 모든 개의 단위들은 최근의 몇 년 동안에 걸친 골 롤 기술 내외의 많은 발전을 주목해왔다. 보다 빠른 생산 속도, 재생 섬유와 저평량지의 많은 사용, 에너지 비용의 상승, 구매자의 요구 증가, 새롭고 다른 골 수준, 핑거레스(fingerless) 작업의 확대, 법적 변화와 낮은 원료 가격의 영향 등이 최근 골 롤 발전에 역할을 담당했었다.

이 장에서는 우리의 목적은 :

- 골 롤 작업의 원리에 대한 안내를 제공
- 몇 가지의 일반적인 골 롤 용어에 대한 이해
- 골 형성과 관련된 파라미터들에 대한 검토
- 최근의 골 롤 기술에 대한 인식 향상

- 골 제조 공정에 있어서의 열과 증기의 영향에 대한 상술

- 골 롤들의 부품 조달 및 정비·유지에 대한 조언

골 롤 공정의 원리에 대한 안내

골 롤 구성의 목적은 골심지를 원하는 구조로 만들기 위한 것으로 또한 접착제가 투입되는 동안 고정시키고 라이너지를 골심지에 결합시키는 것이다.

듣기에는 쉬울지라도 우리는 아직도 파지의 발생 없는 일정한 편면기 공정을 완성하는데 어려움을 가지고 있다.

또한 골 롤이 고가이며 몇몇의 특정 기계 장치에서는 작업 속도에 있어 진동과 소음의 문제점을 가지는지, 또한 어떻게 골 제조 종이가 경화된 강철 롤에 상당량의 마모를 일으키는 지에 대한 문제점을 가지고 있다.

다음에 이어질 부분들의 목적은 곱롤의 비용과 거동을 결정하는 기계적인 공정에 대해 안내하는 것이다.

곱롤의 설계와 제조

곱롤들은 모든 곱 제조 공정에 있어 가장 중요한 부분이다.

제조시의 사용방법, 사용되는 원료, 곱 수준의 설계 등 모든 요소가 생산비용과 실제 공정 상에서의 작업에 중요한 영향을 끼친다. 만약 다양한 롤 제조 공정의 단계에 대해 살펴본다면 이는 보다 분명해질 것이다.

원료 선택

생산 작업 대비 비용의 비율 때문에 강철이 곱롤의 원료로서 선호되는 원료이다.

강철은 원래 철과 탄소의 합금이지만 서로 다른 성질을 가지게 하기 위해 망간, 크롬, 몰리브덴, 실리콘, 니켈 등과 같은 원료들을 첨가하여 합금될 수도 있다. 강철에 대한 최종적인 가공은 각각의 공급업자들의 선택된 기준에 의해 결정된다.

비용, 생산 능력, 사용을 위해 의도되는 원료의 작용뿐만 아니라 프레스 베셀(pressure vessel)의 생산에 대한 법적인 요구에 대한 고려가 필요하다. 강철의 생산은 용광로에서의 철의 용융과 합금 원소의 첨가를 포함한다.

용융된 강철은 이후 주형에 부어지며 이 주형에서 강철은 50톤 정도

의 무게를 가지는 주괴의 모양으로 응고된다. 이어서 이 주괴는 가열되고 곱롤의 원료로 사용될 수 있는 속이 빈 실린더 모양으로 만들어진다.

가장 우수한 품질의 곱롤들은 곱형의 단조에 의해 만들어진다.

속이 빈 강철이 가열되어 있는 동안 단조 과정을 행함으로써 표면이 거친 자연 상태의 구조를 가지는 강철을 깎고 제련하는 효과를 가지는데 이 작업을 행함으로써 밀도와 강도, 그리고 안정성을 향상시킨다.

안정성은 롤들이 열처리와 같은 연속적으로 이어지는 공정 중에 뒤틀리지 않도록 하기 위해 매우 중요한 작업이다.

모든 강철이 주철의 주괴를 괴철, 강편, 평판 등으로 개조하는 동안에 어느 정도 단조가 되기는 하지만 최종적인 모양을 위한 강철을 잡아당기거나 늘리는 작업을 단조 작업 이후에 행하기도 한다.

이 작업의 효과는 초기에 주물을 하는 동안 주괴의 중심부로 이동하는 경향이 있는 강철 고유의 불용성의 불순물의 이동을 막고 최종 생산물의 일부가 되는 것이다.

이는 목재에서 볼 수 있는 나뭇결 구조의 미세한 섬유 구조와 비슷한 모양을 가진다.

미세하고 조밀한 결을 가지는 활엽수와 거친 결을 가지는 침엽수의 비교를 유념한다.

이는 단조를 통하여 강철에 우리

가 원하는 우수한 품질의 미세하고 조밀한 결 구조를 생산하는 방법과 매우 유사하다.

롤의 기계 가공

단조된 실린더 형태의 미완성품은 선반에 놓여져 바깥쪽의 직경과 곱 부분의 표면이 어느 정도 가공되며 이 작업을 함으로써 양쪽의 곱 부분이 평행한 균일한 실린더를 생산하게 된다.

가공된 단조물은 주물의 모형을 제거하기 위해 다른 기계 장치로 이동된다.

실린더는 한쪽 곱 부분이 강하게 고정되며 롤러 위에서 길이방향으로 지탱된다.

주물의 모형은 마치 사과의 속을 파내는 것과 같이 구멍을 내어 원래의 주조 불순물과 함께 조각으로 배출된다. 이 단계에서 대부분의 공급업자들은 미완성품을 몇 주간 세워둔 상태에서 방치하는데 이는 내부 응력을 경감시키기 위함이다.

롤의 내부와 외부의 직경간의 상관관계는 열 전달에 영향을 미치는 매우 중요한 설계 기준인 벽의 두께를 결정짓게 된다.

부가적으로 롤의 질량과 강성은 자연적인 진동수나 롤의 진동 반응에 영향을 끼친다.

롤들의 곱 부분에서는 돌출되어 있는 구동 축이나 롤 저널을 수용하

도록 하기 위해 반대방향으로 구멍을 뚫으며 품질 검사는 롤 제조 공정의 중간에 행해지게 된다.

단조로부터 준비된 저널 끝 부분들은 거칠게 가공되며 모든 치수는 공정 후반부의 마무리를 위해 좀더 큰 치수로 남겨둔다. 이러한 저널 끝 부분들은 열 처리 과정을 통해 강철로 사출될 때에 가해질지는 응력을 완화시키기 위해 보다 부드럽게 되도록 한다.

이로서 저널 끝 부분은 롤의 빈 공간 내부에 조립하기 위한 준비가 끝나게 된다.

롤 빈 공간의 끝 부분들을 확대시키기 위해 가열하거나 저널은 수축시키기 위해 액체 질소에 순간적으로 담겨진다.

한번에 고정하고 평균적인 온도를 다시 가해주면 각 부분간의 고정된 접촉은 강한 접촉 영역을 만들며 이후 이것은 예비가열과 결합부를 용접하거나 볼트를 이용하여 결합이 완성된다. 이 결합 공정에서는 많은 주의와 관심이 필요하다.

제조가 마무리된 롤들은 높은 온도와, 프레스 베셀과 같은 내부의 증기 압력 등의 조건 하에서 작업을 행하게 된다.

결합 공정은 반드시 압력 검사를 하고 당국에서 규정한 결합강도에 대한 인증을 받아야한다.

조립된 롤은 받침대 위로 되돌려지며 모든 치수가 약간 더 큰 치수를

갖도록 재가공된다. 모든 치수는 작업 공정 중에 변화하게 되기 때문에 이 단계에서 서로 동심원 모양을 가지도록 해주어야 한다.

이러한 원의 중심이 같게 해주는 것은 편면기의 우수한 구동을 실현하는데 있어 매우 중요하다. 이 작업 이후에 다시 롤들에 대한 검사가 실행된다. 이 검사에는 앞에서 언급한 압력 테스트와 함께 균열을 찾기 위해 자기를 띠는 입자를 이용한 테스트가 포함된다.

다음 단계는 롤들을 골의 거친 형태를 만들어주는 플래닝 머신(planing machine)에 보내는 것이다.

이 작업이 행해질 수 있도록 싱글 포인트 툴(single point tool)은 롤의 길이 방향을 따라 가로질러지게 되며 따라서 홈을 만들 수 있게 된다.

이후 롤은 요구되는 골의 높낮이 정도와 같은 정도로 치수를 표시한 후 이 작업이 반복된다.

한번 롤의 원주를 따라 홈이 만들어지면 툴(tool)은 보다 낮게 위치되며 이 작업은 각각의 홈이 약간 더 깊게 만들어지도록 반복해서 행해진다.

오늘날에는 이러한 방법 대신에 보다 일반적으로 톱니를 이용하는 방법이 사용되고 있다. 톱니를 이용하여 홈을 만드는 동안에 원주 위의 모든 골은 동시에 만들어진다.

이 방법은 롤 자체가 회전하는 동안 롤의 축에 평행하게 가로지는 톱

니 장치의 조합된 구동에 의해 이루어진다. 이 공정들은 세밀한 작업이 아니며 대략적인 골의 모양만을 만들어준다. 최종적인 모양은 이후의 그라인딩(grinding)이나 밀링(milling)에 의해 만들어진다.

이러한 작업을 함으로서 롤들은 경화될 준비가 마쳐진 것이며 경화 작업은 롤의 표면에 내구력과 마모에 대한 저항성을 부여해주는 연속된 열 처리 공정에 의해 달성된다.

경화 작업 이후 진공 압력이나 핑거(finger)의 설치를 위해 필요한 모든 슬롯들은 구매자에 의해 사용되는 종이의 데클(deckle)이나 골의 형태, 혹은 표준적인 제조업자의 설계에 따라 간격을 두고 롤의 원주를 따라 절삭에 의해 제조된다.

슬롯들은 일반적으로 종이가(진공이나 압력) 백롤의 모서리에 가깝게 위치하도록 하기 위해 롤의 바깥쪽 모서리에 가깝게 위치하도록 배열된다. 이 슬롯들은 다이아몬드를 이용하여 롤을 가는 방법에 의해 롤에 만들어진다.

몇몇의 제조업자들은 경화 작업 이전에 롤을 갈아 슬롯을 만드는데 이는 부드러운 재료를 가공하는 것이 보다 쉽기 때문이다.

이론적으로 이 방법은 롤에 있어 이후의 열 처리 공정 시 문제점을 발생시킬 수 있으며 슬롯의 모서리에 경화에 의한 변화를 가져올 수 있다.

이 잠재적인 모순은 오직 공급자가 야금학적인 제한을 인정하고 열 처리과정에서 신중을 기할 경우에만 피할 수 있다.

이로서 이 제조 공정은 거의 완료되었다. 열 처리가 된 롤은 골의 형태를 완성시켜주는 그라인딩 머신(grinding machine)에 보내지게 된다.

요구되는 골의 형태는 다이아몬드 기구를 이용하는 그라인딩 휠(grinding wheel)로 절삭된다.

그라인딩 휠이 롤의 길이 방향을 따라 필요한 수만큼 지나가는 것이 완성될 때마다 골의 정확한 형태를 만들기 위해 마무리 작업을 해주어야 한다.

이 마무리 공정은 두 가지의 제약 을 가지고 있다. 첫째, 다이아몬드 마무리 장치는 매우 고가이며 어떠한 공급자도 경제적으로 단독으로 그가 투자한 다이아몬드 마무리 장치에 의한 골의 형태를 만들 수 없다는 것이다. 둘째로, 각각의 다이아몬드 마무리 장치는 롤의 직경에 대한 편면기 공급자들의 본래의 규정에 상응하는 롤의 직경, 골의 연속적인 높낮이와 정확하게 일치하는 형태 이어야 한다는 것이다.

롤의 직경을 줄이기 위한 재연마 작업을 포함하는 롤의 재가공은 골 형태의 수정과 부가적인 작업 요소 가 늘어나는 것을 의미한다.

이러한 제약을 해결하기 위한 그 라인딩 휠의 형태에 대한 대체 시스템은 무한대의 골 구조를 가지는 그 라인딩 휠을 만들 수 있게 해주는 CNC 통제 다이아몬드 절단 장치와 같은 설비를 사용하는 것이다.

이 시스템을 사용하면 골 끝부분의 반경은 롤을 재연마하는데 영향을 미치는 해로운 요소를 감소시키거나 제거할 수 있도록 수정될 수 있다.

몇 가지의 롤들은 더 나아가서 크롬 도금이나 텅스텐 카바이드 코팅과 같은 표면 처리를 하게 된다. 롤들의 이동에 앞서 행해지는 최종 검사는 공급업자에 따라 다양하다.

치수에 대한 검사는 강도 검사와 함께 행해지며 편면기에서의 작업을 확실하게 보장하기 위한 가능한 모든 모의 구동 실험을 행한다.

차후에 수리를 위해 반송 될 경우 사용자와 공급자에 의한 문의를 돕기 위해 완전한 형태의 거래 계약서가 각각의 롤들의 세트와 함께 보내져야 한다.

골 롤의 마모

현재 골 롤의 표면을 제조하는 과정을 통해 롤 표면을 강화하고 코팅을 하는 것은 마멸에 있어 상당한 저항성을 부여해준다.

만약 롤을 깎으려 했을 때 롤 표면에 작은 자국만을 남기며 미끄러지게 된다면 이미 사용중인 골 롤은 종이와의 접촉을 통하여 마모가 발생

한다.

이것을 이해하기 위해서는 제조 시에 어떻게 종이 가 롤들을 가로질러 이동하는가를 이해하는 것이 가장 중요하며 또한 종이의 특성과 롤 위에서의 마모 원리를 이해하는 것이 중요하다.

만약 편면기에 투입되는 종이의 상대 속도를 측정한다면 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 라이너지의 속도는 편면기의 선상 속도와 같다. 골심지나 골 제조 종이는 골 롤들의 테이크업 비(take-up ratio)나 당김울에 의해 편면기의 선상 속도에 상승과 같은 속도로 구동될 것이다.

이러한 관계 속도의 차이점 때문에 골 제조 종이는 실질적으로 골 롤의 복잡한 구조를 통과하는 동안에 골 롤의 끝부분을 미끄러지며 이동하게 된다.

이 미끄러지는 과정동안 원료 물질의 매우 작은 양이 골의 끝부분으로부터 제거된다. 이 과정은 마멸이라 불리며 골 롤에 있어서 마모의 가장 중요 메커니즘이다.

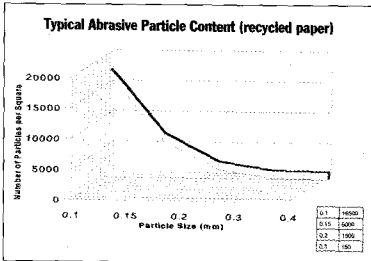
골 롤의 수명에 있어 가장 중요한 요소는 원료 물질이 골 끝부분으로부터 제거되는 정도를 줄여주는 것이다.

이를 위해 롤 공급자들은 다음과 같은 인자들을 포함하는 마찰에 의한 마모에 영향을 주는 기본적인 요소들에 대해 주의를 기울일 필요가 있다.

이러한 것들은 다음을 포함한다:

▶ 골심지의 상태

종이의 품질은 골 제조 롤의 수명에 있어 매우 큰 영향을 끼친다. 먼저 주목해야 할 중요한 인자는 종이에 포함되어 있는 광물질과 이물질이다. 이 광물질들은 종이의 원래 상태에 따라 매우 다양하지만 모래, 규토, 석영, 산화 알루미늄 등은 일반적으로 포함되어 있다.



전형적인 마모 입자 함량 (재생 용지)

이 함유 물질들은 매우 단단하기 때문에 골의 끝부분으로부터 원료 물질을 효과적으로 제거하는 작은 절단 장치와 같은 역할을 하며 롤의 예상 수명에 극심한 영향을 끼치게 된다.

이것은 종이 광물질 함유량이 잠재적으로 가장 심각하게 모든 영향을 끼치게 된다. 보다 적은 영향에는 종이의 뾰뾰이도나 구조의 변형에 대한 저항성이 포함되며 마지막으로 종지와 롤의 표면간의 마찰 계수가 포함된다.

▶ 테이크업 비(take-up ratio)

골심지와 골 끝부분간의 상대 속

도의 차이는 테이크업 비(종종 당김을 이라고 언급되는)의 작용이며 골을 가로지르는 종이의 미끄러지는 정도와 그 결과로서 롤들이 마모되는 정도에 직접적으로 연관된다.

▶ 다른 인자들

다른 인자들에는 롤에 투입될 때의 종이의 장력이 포함되고 보다 큰 영향을 끼치는 인자에는 골 구조 내에 이 장력이 축적되는 것이다(장력은 골 끝부분을 가로질러 끌리는 종이의 마찰 효과에 영향을 미친다).

종이의 전처리 정도는 롤에서 변형될 때 영향을 미치며 결과적으로 롤 수명에 영향을 미치게 된다.

닙(nip)(0.5mm나 그보다 큰)에서 압축된 이후에 골심지의 두께보다 두꺼운 오염물이나 종이의 함유물(불순물)은 롤의 표면을 분쇄하거나 망치질과 같은 현상이 일어나게 하여 마모를 촉진시키게 된다.

이 현상은(아직 완전히 밝혀지지 않았다) 골의 끝부분과 골사이에 존재하는 높은 기계적 압력에 의해 크게 영향을 받는다.

롤에서의 기계적인 하중은 편면기의 구조에 따라서 25kg/cm에서 50kg/cm 사이의 접촉 압력을 야기한다.

이 압력의 영향하에 큰 크기의 종이 함유물은 골 끝부분으로 스며들고 구멍이나 림 효과(rim effect)를 발생시키는 등의 강철의 변형을 일으킨다.

이 현상의 2차 영향은 롤의 슬롯 폭의 손실이며 이는 종종 브래스 핑거(brass finger)의 제거나 교체를 야기하며 봉합의 제거를 어렵게 한다.

마모 저항성의 향상

마모 저항성을 향상시키고 롤 표면의 마찰을 감소시키기 위해서는 강하면서도 내구성이 우수해야 한다.

내구성이 없는 강도는 롤의 표면에 작은 조각이나 파편과 같은 기계적 손상을 일으킨다.

이 손상은 롤들의 마모 정도를 급격하게 증가시킨다. 표면 기술의 최적화를 달성하기 위해서 공급업자들은 이 보고서의 뒷부분에서 언급되는 다양한 종류의 강화 공정과 코팅 공정을 개발해 왔다.

롤의 수명을 향상시키도록 조작하는 다른 인자에는 마모와 테이크업 비간에 가장 실질적인 절충을 제공하기 위해서 끝부분 반지름을 최적화하는 것과 마찰 계수와 결과적으로 발생하는 종지와 롤들 간에 장력이 축적되는 것을 최소화하기 위해 표면의 마무리를 향상시키는 것을 포함한다.

마지막으로 롤의 수명에 영향을 미치는 인자에는 모든 작업 속도에서 롤들이 부드럽게 구동할 수 있는 능력이 있다. 진동이 일어나거나 거칠게 구동되는 롤들은 롤의 끝 부분에서의 망치질과 같은 현상을 지나치게 발생시키며 결과적으로 롤 표

면의 마모를 발생시키고 롤의 수명을 감소시킨다.

골 롤의 진동

진동은 매우 복잡한 학문이며 이 문제에 대한 완벽한 이해를 하기 위해서는 특별한 공학적 지식이 필요하다. 하지만 진동에 대한 감응에 대해 논하기 위한 몇 가지의 기초 원리가 있으며 이것들은 편면기의 진동 특성을 이해하는데 도움이 될 수 있다.

만약 부딪치게 되면 터닝 포크(tuning fork)는 특정한 피치(pitch)를 발생시키기 위해 가해지는 진동수로 진동하게 된다.

터닝 포크(tuning fork)가 진동되는 진동수는 각 시간마다 부딪치는 수와 같다. 이 진동수는 진도의 자연 진동수라고 알려져 있으며 특정한 터닝 포크의 질량과 강성의 함수이다.

터닝 포크와 같이 골 롤을 포함하는 모든 장치는 자연 진동수를 가지며 다시 이 진동수 또한 질량과 강성의 작용에 의해 발생한다.

편면기에서의 충격 효과(striking effect)는 주로 골 롤의 각 끝부분에 부딪치는 하중 압력 롤의 작용에 의해 만들어진다.

편면기의 속도가 변화됨에 따라 부딪치는 진동수가 변화한다. 만약 일정 지점에서 압력 롤의 부딪치는 정도는 편면기의 중요한 구성 요소(롤들 중 하나) 중 하나의 자연 진동

수와 일치하게 되면 구성 요소는 자체의 자연 진동수로 진동하며 강하게 공명하게 된다.

이러한 효과가 일어나는 속도를 '임계 속도(critical speed)'라하며 이는 기계 장치와 구조에 따라 변화하게 된다.

골 롤에 대한 어떠한 설명에 있어서도 진동에 관련된 가장 중요한 인자들은 진동의 자연 진동수와 진동의 진폭(이동 정도의 측정치)이다.

자연 진동수와 같이 진폭 또한 질량과 강성의 함수이다.

우수한 롤 설계에 있어 가장 중요한 인자는 롤 강성, 구조 설계, 크라운(crown)의 계산 최적화에 의한 진동의 효과를 최소화하는 것이다. 균형 인자는 설치될 기계 장치들의 자연 진동수와 일치하는 것을 피하기 위해 롤들의 자연 진동수를 최적화한다.

이것은 적은 구조적 견고함을 갖는 구형의 편면기에 있어 특히 중요하다; 잘못 조화된 강성 특성들은 진동의 반응에 있어 부정적 영향을 끼치는데 이는 기계 장치 구조의 높은 공명 효과 때문이다.

반대로 보다 새롭고, 단단하고, 무거운 기계 장치들에서의 롤의 공명 효과는 편면기의 진동 특성에 부정적인 영향 없이 보다 쉽게 흡수될 수 있다.

롤 강성 향상을 위해 롤의 벽 두께

를 증가시키는 것의 부정적인 부작용은 불필요하게 롤의 질량이 증가하는 것이며 또한 롤 내의 증기를 저장할 수 있는 공간도 작아지게 되어 결과적으로 롤의 벽을 통해 증기로 전이되는 열 전달이 저하되게 된다.

진동에 영향을 미치는 다른 인자에는 본래의 편면기 설계이다.

압력과 골 롤의 증가는 안정성을 향상시켰고 압력 롤 제거는 매우 경이적인 효과를 발휘하게 되었다.

압력 롤 조정 장치는 골판지 품질에 악영향을 끼치지 않으면서 롤 롤에 적용되는 증가된 압력을 받아들임으로서 진동 역시 감소될 수 있다.

이것은 압력 롤의 움직임 감소에 의한 영향이며 따라서 다시 압력을 가하기 위해 골 롤의 골 끝부분 사이의 골짜기에 압력 롤을 투입하기 위해 노력할 필요가 없다.

조절 장치는 또한 압력 롤의 진동을 기계 장치 자체에서 쉽게 막을 수 있게 해준다.

이러한 방법으로 조절된 편면기의 진동 특성의 또 다른 효과에는 베어링, 베어링의 덮개, 완충 장치와 같은 롤 고정 부분이나 기계 장치 측면의 축대, 특정 지지 장치, 그리고 그 외에 기계 장치와 함께 공급되는 진동 감소 시스템과 같은 구성 요소에 의해 진동 감소 효과를 발생시키는 것이다.

압력 롤의 구동 없이 상당한 양의 소음과 진동을 감소시키며 디스플

레이 장치를 갖춘 편면기를 사용함으로써 롤의 수명이 연장되었고 또한 마모 정도가 감소하였다.

골 롤 파라미터

모든 골 롤의 설명서는 중요한 파라미터들의 양을 정함으로서 명확하게 규정될 수 있으며 품질은 제조되는 동안의 오차 정도를 설명서에 기입함으로서 규정될 수 있다.

각각의 롤 파라미터는 생산되는 판지의 구조와 롤들이 설치되는 편면기의 동역학에 영향을 미치게 된다.

골의 형태를 선정할 때 우선 고려할 사항은 롤에서 제조되는 판지가 골의 지정에 대한 영국 표준 설명서(British standard specification)에 부합되어야 한다는 것이다.

BS 1133 하위 단락 7.5는 다음과 같이 명시한다.

골 형태	m당 질량	결합의 높이(mm)	합산적인 골조율
A 골	105-125	4.5-4.7	1.55±5%
B 골	150-185	2.1-2.9	1.33±5%
C 골	120-145	3.5-3.7	1.44±5%
D 골	290-320	1.1-1.2	1.27±5%

위의 표는 각 골의 구조에 대해 정당한 설명서의 폭 넓은 범위를 나타낸다.

이것은 상자 제조 공장 자체에서의 통제내에서 각각의 코루게이터에 있어서 명확한 구조의 작업을 위한 결정을 남긴다.

따라서 개개의 작업의 필요 조건들은 공장에서 필요로 하는 최적의

롤 설명서에 부합하도록 조절된다.

골 롤의 설명서를 규정짓는데 일반적으로 사용되는 중요한 파라미터들과 각각의 파라미터와 관련되는 몇 가지 성질들에 대해 아래에 기술하였다.

골 피치(pitch)

인접한 골 사이의 끝부분간의 거리로 정의되며 종종 선상 미터 당 골의 개수로 표시된다.

다른 파라미터들을 모두 같게 한 상태에서 피치를 감소 시키게 되면 인쇄용 골판지의 표면 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 일반적으로 골판지의 ECT와 FCT를 향상시키게 된다.

테이크업 비(take-up ratio)가 증가함에 따라 롤의 마모가 증가하게 된다. 진동과 기계적인 소음은 일반적으로 감소하게 된다.

골 높이

두 인접한 골의 끝부분에서부터 두 골간의 가장 낮은 점까지의 길이로 정의된다.

다른 파라미터들을 모두 같게 한 상태에서 골 높이를 감소시키면 일반적으로 ECT(Edge Crush Test)와 롤들의 마모율뿐만 아니라 테이크업 팩터(take-up factor)가 감소하게 된다.

골 끝부분과 골짜기의 반경

함께 작업되도록 하기 위해 골의 끝부분과 골짜기의 반경들은 특정한

구조의 종이를 형성시키기 위해 조합되게 된다.

이론적인 골판지의 작업을 최적화하기 위해서는 골 끝부분의 반경이 매우 작아야한다.

실제의 현행 반경은 소비자가 롤을 통과하도록 의도된 종이의 무게와 두께에 의해 결정된다. 끝부분 반경의 감소는 테이크업 비(take-up ratio)와 진동의 정도를 감소시킨다.

측면 간극

골심지와 골 구조 측면간의 접촉을 막기 위해 각 구조는 간극을 가지도록 떨어져 있어야 한다. 롤의 공급자들 사이에는 측면 간극의 자연 상태와 형태에 대한 많은 이론이 있다.

롤 캠버(Roll Camber)

세 롤들의 압력이 전 폭에 걸쳐 균일하게 가해지도록 하기 위해 골 롤과 압력 롤은 크라운을 위해 표면을 갈아주어야 한다.

즉 롤들의 중심부의 직경은 끝부분의 직경과 다르다(일반적으로 중심부의 직경이 끝부분의 직경보다 크다). 골심 원지를 고정시키는 롤은 보통 평행하게 연마된다.

롤 캠버(camber)의 보정은 기계 장치에서 롤들의 구부러짐에 대한 응력을 평가함으로서 이루어진다.

롤 폭과 강성이 중요하며 보다 강성이 높은 롤은 보다 적은 캠버를 필요로 하고 보다 적은 강성(넓은 폭이나 얇은 벽을 가지는)을 가지는 롤은

보다 강한 캄버를 필요로 한다. 또한 보정 시에는 강철이나 주철과 같은 롤의 구성 물질에 대해서도 고려되어야 한다.

이러한 작업의 목적은 압력 롤 형식의 편면기에서 라이너와 골심지간의 접착이 이루어지는 압력 롤과 이웃하는 골 롤간의 접촉점이 직선을 형성하도록 해주기 위한 것이다.

롤의 직경

편면기의 설계에 의해 명백하게 기술된 대로 롤의 직경은 편면기의 특성에 매우 큰 영향을 끼친다.

큰 직경의 롤들은 보다 강성이 크고 적은 캄버를 필요로 하며 보다 큰 증기 챔버를 가지고 진동 특성이 우수하다.

또한 일반적으로 작업에서의 안정성이 우수하다.

또한 이러한 큰 직경의 롤들은 원주가 길기 때문에 높은 작업 속도에서도 열 전달 시간이 길게 되어 골심지와의 접촉이 보다 오래 지속된다.

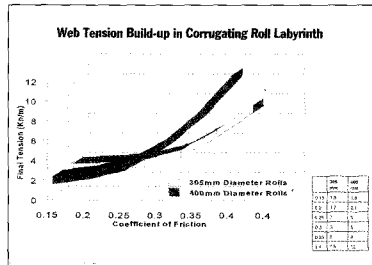
큰 직경의 롤들의 단점으로는 골 구조의 길이가 있다. 골심지가 골을 통과할 때 장력이 발생하며 만약 장력이 종이의 인열 강도보다 크다면 지필의 지필이 발생하게 된다.

큰 직경의 롤 들에서는 골 구조에서 종이와 접촉하는 골이 보다 많기 때문에 지필에 더 큰 장력이 발생하게 된다.

이것의 영향으로 롤들의 표면 마무리의 향상을 감소시키게 되며 이 롤

들을 종이와의 보다 작은 마찰 계수를 가지는 크롬과 같은 물질로 도금하여 장력의 발생을 감소시켜준다.

다음의 그림은 서로 다른 직경의 롤들이 종이와 롤간의 마찰 계수와 관련하여 어떻게 장력이 발생하는지를 보여준다.



골 롤의 구조에서의 지필 장력의 발생

다른 해결 방법은 작은 롤을 큰 직경의 롤과 결합시켜 구동시키는 것으로 이렇게 함으로서 큰 직경의 롤의 장점을 모두 취하면서 구조의 길이를 감소시킬 수 있다.

이 방법의 단점은 서로 다른 직경의 롤들의 마모도를 같게 하는 것이 어렵다는 것과 작은 롤의 편향이 발생한다는 것이 있으며 기계 장치는 이러한 문제점을 조절하기 위해 적절한 설계를 가진다.

롤 표면 처리와 도금

표면 과학기술의 도입

최근의 몇 년 동안 업계는 골 롤들의 작업을 향상시키기 위해 특별한 도금을 사용하는 것이 증가되어왔다. 도금되지 않은 롤들은 내구성을 부

여하고 강철의 표면에 내마모성을 부여하기 위해 경화 공정에 의존한다.

표면의 경화는 여러 다른 방법에 의해 이루어질 수 있는데 가장 일반적으로 쓰이는 방법은 이 부분의 뒤쪽에서 다룰 것이다.

이러한 모든 방법들은 강철의 표면층 구조를 개선하는 방법에 의존하며 처리된 표면 특성들은 사용되는 강철의 고유 성질에 의존한다.

전통적인 방법으로 경화된 강철 롤들의 한계는 경화될수록 깨지기 쉬워진다는 것이다.

깨지기 쉬운 롤들은 파편이 발생하고 금이 가는 경향이 강하다. 따라서 최적의 사용 가능한 표면 강도는 63 Rockwell C의 범위이다.

실제로 최근의 새로운 롤들은 이 보다 작은 60~61Rc의 범위를 가지지만 앞에서 소개된 경화 롤들은 사용되는 동안에 향상 될 수 있다.

이는 강철에 우수한 강도를 부여해주는 탄소가 경화 공정 중에 롤의 표면에서 손실 될 수 있기 때문으로 따라서 롤 표면의 막은 밀층의 물질 보다 미세하게 경도가 약하게 되기 때문이다.

따라서 롤들의 작업 수명 내내 각기 다른 정도로 마모가 발생하게 되며(롤 마모 부분 참고) 이 마모는 생산되는 골판지의 두께에 있어 점차적인 악화를 가져온다.

를 마모에 따른 악화에 의한 영향을 해결하고 작업 수명을 연장시키기 위해 도금은 경화된 강철 표면을 대체하기 위해 발전되어왔다. 이러한 도금은 보다 단단한 얇은 경계 층과 종이와 롤 표면간에 방책과 같이 작용하는 내마모성 물질을 사용한다.

이후에 사용 가능한 다양한 경화와 도금 공정의 세부 사항과 각각의 장점과 단점이 소개되었다.

경화 유도

모든 경화 공정들은 가열 과정이나 연속적으로 이루어지는 물질의 냉각 시에 발생하는 야금 구조의 변화에 의해 결정된다.

이론적으로 수직으로 설치된 롤들의 경우 경화 유도는 롤을 둘러싼 길이 방향을 따라 서서히 움직이는 전기성을 띠는 코일을 이용하여 롤의 표면에 강한 전자기장을 발생시킴으로써 이루어진다.

이 방법은 롤의 표면을 필요로 하는 온도까지 신속히 가열 시켜준다. 이후 표면을 냉각시키기 위해 즉시 코일을 제거하고 가열 도중에 발생하는 강철의 구조 변화는 68Rc 정도의 보다 강한 강도를 가지는 4~5mm의 표면 층을 부여하기 위해 고착된다.

롤들의 경화 공정 이후 템퍼링(tempering) 공정을 행하게 된다. 이 공정은 경화 공정에 가해진 것보다

낮은 온도의 재가열 공정을 포함하며 보다 천천히 냉각되도록 해준다. 이 공정들의 조합을 이용함으로써 63Rc 이하의 강도를 가지며 응력이 완화된 내구성이 우수한 표면을 가질 수 있게 해준다.

경화 유도는 신속하게 진행되며 비교적 낮은 비용으로 모든 전통적인 경화 강철 표면의 성질과 한계를 극복할 수 있다.

따라서 골심지와 경화된 골 끝부분간의 자연적인 마모 과정으로 인해 표면 악화의 정도가 보다 천천히 진행되게 된다.

질화(窒化)

롤들을 질소처리 하기 위해서는 특수한 노(爐)의 질소 환경에서 가열되어야 한다. 이 공정은 롤 표면에 0.75mm 깊이를 갖는 단단한 표피를 만들어낸다.

질소처리 된 롤들의 장점은 경화 공정 중에 자체적으로 발생하는 구조 변화에 의해 첨가되는 우수한 마모 특성이다.

하지만 만약 경화 과정 중에 롤이 왜곡된다면 상대적으로 얇은 표면 층은 원료 물질의 매우 얇은 층이 연마되어 버리는 문제가 있을 수 있다.

제조업자는 롤들이 실제 공정 상에 투입 된 후 만족스러운 수명을 가질 수 있도록 재 연마와 경화 공정의 반복을 실시해야 한다.

질소 처리 공정은 현재 훌륭히 발

전되었으며 폭 넓게 사용되는 기술로 이 공정에 소모되는 비용은 비교적 낮으며 표면의 상태에 있어서의 문제점도 매우 적다.

또한 질소처리 된 롤들은 경화된 표면 층이 없어질 때까지 낮고 안정된 마모 특성을 보이며 이후 마모는 비교적 빠른 속도로 진행된다.

이온 질소처리에 의한 극도 경화

마모 특성을 향상시키고 전통적인 질소처리시의 경화된 표면 층의 두께를 알게 하기 위해 몇몇의 공급자들은 이온 질소처리와 경화 작업을 조합시키는 새로운 과정을 개발하였다.

이 경화 방법의 수치는 63~64Rc의 범위를 가지지만 경화 층의 깊이는 1.2~1.4mm사이로 향상되었다.

전통적인 크롬 도금

크롬 도금은 현재까지 여러 해 동안 사용되어 왔으며 미국과 같은 특정 지역에서는 골 롤의 주된 표면 처리 방법이 되었다.

크롬 도금은 자체적으로 롤의 경화된 강철 표면의 윗 부분에 단단하고 내마모성의 경계 층을 부여한다.

크롬을 가하기 위한 전기 도금 공정은 도금 용 금속에 가까운 부분에 두꺼운 침전을 발생시키는 경향이 있다.

골 롤에 있어 이 현상은 골 구조의 끝부분이 측면이나 골짜기 부분 보다 두꺼운 크롬 도금 층을 가지게 된다는 것을 의미한다. 이 방법은 골 끝

부분이 골 롤의 자연적 마모 패턴에 대해 가장 민감한 부분이라는 점에 있어 매우 유용한 특성이라고 주장되었다(크롬 도금 층의 두께는 공급자마다 다르지만 일반적으로 골 쪽 대기에서 0.1mm의 범위를 가진다).

크롬 도금의 부가적인 이점은 크롬의 표면과 골심지 사이의 마찰 계수가 작다는 것이다. 이것은 골 구조에서의 장력 발생을 감소시켜주는 것이다. 얇은 크롬 층은 마찰력이 높은 종이의 경우 경화 롤보다 적합하지 않으며 깨끗한 천연 섬유 골심지의 경우에는 보다 적합한 경향이 있다.

이 방법은 종이에 0.5mm 이상의 커다란 입자가 존재한다면 작은 파편이 발생하는 경향이 있다.

이 작은 파편의 발생은 골심지의 움직임 고정시키고 골의 구조를 저해시키는 원인이 된다.

정상적인 종이에서 크롬 도금된 롤들은 전통적인 경화 롤들의 경우에 측정된 것보다 긴 작업 수명을 가진다. 하지만 초기의 구입 비용은 보다 비싸며 이와 관련된 경제적인 문제는 사용자 개개인이 판단해야 한다.

크롬 도금된 롤들이 사용될 때의 크롬 도금의 마모 상태에 대한 평가는 전통적인 경화 롤들처럼 간단하지는 않다.

크롬 경계층이 완전한 초기 상태로 존재할 때 마모는 매우 천천히 진행된다며 측정하기가 어렵다.

도금층이 깎여질수록 손상은 빨라지게 되며 전형적인 마모 패턴이 나

타나게 된다.

크롬 도금층의 상태는 일반적으로 이용 수명 동안에 다양한 간격(3개월)으로 황산구리 용액을 롤의 표면에 가함으로서 측정될 수 있다.

도금층의 손실이 일어난 부분에서는 황산구리 용액이 갈색으로 변화한다. 가장 손실이 일어나기 쉬운 부분은 롤 중앙의 슬롯 모서리이다.

롤의 교체에 대한 결정은 공장의 몫이다; 일반적으로는 크롬 표면으로 롤들을 구동시키고 원료 물질이 최소한의 두께에 도달할 때까지 밀어서 내리는 것이다.

다른 방법으로 황산구리 용액 검사에서 도금의 손실이 발생하는 것이 처음으로 발생할 때 가능한 한 롤의 교체를 하는 것이 경제적일 수 있다.

이 방법의 이점은 마모가 발생한 롤을 다시 갱신시키기 위한 표면의 제거와 연마, 재 도금 등이 필요하지 않다는 것이다.

이 방법은 롤의 완전한 재가공이나 재절단, 재도금 등에 비해 현저한 비용 절감을 이룩하게 해준다.

Nu 크롬(Nu chrome) 혹은 강화 크롬 코팅

시장에 비교적 새로운 제품인 'Nu 크롬(Nu chrome)'은 전통적인 크롬 도금 롤에 비해 비교적 긴 수명을 가지며 보다 강한 내마모성을 제공한다.

텅스텐 카바이드로 코팅된 롤에

의해 제공되는 수명에 근접할 수 있도록 만들어졌다고 주장되지만 비용은 매우 저렴하다.

도금 공정에 사용되는 물질은 전통적인 크롬 도금에 사용되는 물질과 다르지 않으며 전기도금 과정에서 발전이 이루어졌다.

'Nu 크롬'은 조밀한 도공을 할 수 있도록 해주며 발전된 작업 성능을 제공해준다. 실제 사용 시에 이는 전통적인 크롬 도금 롤과 같은 방법으로 처리되고 관리되어야 한다.

Nu 크롬을 사용하는 일반적인 도금 두께는 골 끝부분에서 약 0.15mm의 두께를 가지게 된다.

텅스텐 카바이드 코팅

텅스텐 카바이드 코팅된 골 롤은 1990년대 후반 유럽에서 높은 호응을 얻으며 개발되었지만 미국에서는 그리 오래 가지 못했다.

코팅은 매우 단단한 텅스텐 카바이드가 서로 결합하거나 모형(일반적으로 코발트)에 의해 롤의 표면위에 결합함으로 이루어진다.

니켈이나 크롬과 같은 다른 성분을 내부식성과 같은 추가적인 성질을 부여하기 위해 코팅에 첨가된다.

코팅은 몇 개의 다른 방법으로 롤에 가해질 수 있으며 이러한 방법에는 HVOF(High Velocity Oxy Fuel)가 있는데 이 방법은 분말 상태의 코팅 물질이 이 물질의 용융점보다 높은 온도로 가열된 가스 줄기에 투입되

어 롤의 표면에 분사되는 것이다. 공정의 특성 때문에 HVOF는 코팅제가 90°의 각도로 표면에 가해질 수 있도록 적용하는 것이 가장 적합하다(골 롤의 측면에서는 어려운 작업이다).

하지만 상대적으로 성공적인 코팅은 가능한 한 60°의 각도로 낮추는 것이며 HVOF는 골 롤 시장에서 한 부분을 차지하고 있다.

다른 일반적으로 사용되는 코팅 과정에는 디토네이션 건(Detonation Gun)과 이의 발전형인 슈퍼 D-건(Super D-Gun)이 있다.

간단히 말해 두 과정 모두 코팅을 위해 표면에 매우 작은 원형의 코팅 물질을 매우 빠른 속도로(D-건의 경우 760m/s, 슈퍼 D-건의 경우 900m/s) 쏘아넣어서 이루어진다.

이 과정을 매우 조심스럽게 통제함으로써 원형의 입자는 매우 우수한 작업 특성을 가지는 고밀도의 안정한 코팅을 할 수 있다.

이 과정의 가장 중요한 장점은 코팅 각도를 45°도로 낮추어 최적의 작업성으로 코팅을 할 수 있는 능력을 부여해주는 것이다.

또한 코팅 물질의 치밀한 밀도 층의 우수한 성질을 가지고 있다는 것과 적절히 통제될 경우 롤의 표면에 균일한 두께의 코팅을 하기 위한 원형 도금 물질의 쏘아내는 정확한 위치를 구현할 수 있는 능력 등을 부여해준다는 등의 장점이다.

단점에는 코팅 후의 불필요한 거

친 표면을 매끄럽게 마무리하는 과정이 필요하다는 것과 다른 표면 처리 방법들에 비해 이 과정에 드는 비용이 비싸다는 것이다.

다른 코팅 물질과 마찬가지로 텅스텐 카바이드를 적용하는데 있어 매우 중요한 인자는 도금이 표면에 우수하게 접착되도록 하는 것으로 코팅은 균일하게 가해져야 하며 코팅 표면의 최종 마무리는 골심지가 생산이 될 때 롤의 구조를 자유롭게 통과할 수 있도록 낮은 마찰 계수를 가지도록 충분히 부드럽게 해야 한다.

역사적으로 이러한 것은 텅스텐 카바이드 도금의 실패를 겪어온 몇몇 선지자들의 몫이었다.

이러한 개발은 코팅 이전의 롤들의 준비 단계에서 이루어졌으며 코팅 기술의 발전은 코팅 물질 자체에 대한 연구와 표면을 부드럽게 해주는 효과적인 기술의 개발에 의해 이루어졌다.

텅스텐 카바이드 코팅은 상대적으로 고가의 작업이며 대부분의 롤 제조업자들에게는 공장내에서 실시하기에는 어려운 것이었다.

반면에 이점은 매우 얇고 단단하면서도 높은 내마모성을 가지는 내구성이 우수한 롤을 만들 수 있다는 것이다.

또한 기본적인 이점은 롤의 수명을 연장시키고 롤의 전 수명에 걸쳐 균일한 작업 성능을 발휘시켜 준다는 것이다.

만약 텅스텐 카바이드 롤이 적절하

게 통제되는 코루게이터 롤 프로그램의 일부로서 사용된다면 도금의 마모가 진행되는 대로 제거 될 것이다.

이것은 롤의 전 수명동안 판지의 두께에 있어 발생하는 마모는 무시해도 된다는 것을 의미한다. 따라서 롤들은 최소한의 비용으로도 재가공이 가능하다.

텅스텐 카바이드 롤의 명세서를 기입할 때에는 롤이 사용될 때의 마모에 필요한 최소한의 요구치만이 필요하다.

최적 작업의 결과로 파라미터들은 하루만에 지정될 수 있으며 당김율은 최소화될 수 있다.

롤이 사용되는 동안에 롤 위의 텅스텐 카바이드의 원형은 크롬 도금된 롤에 적용되는 것과 같은 황산구리 테스트를 함으로서 평가될 수 있다.

코팅 자체는 제조업자와 투입 방법에 따라 최소 0.04mm에서 최대 0.14mm의 매우 얇은 두께를 가지며 따라서 편면기 롤들의 물리적 측정은 매우 어렵다.

텅스텐 카바이드 코팅 롤들에 있어 재가공은 매우 얇고 가볍게 재연마된 구조를 가지는 잔여 도금 면을 벗겨내고 다시 도금하여 마무리하는 과정으로 이루어진다.

따라서 재가공된 롤은 새로 제조된 롤의 구조와 마무리, 수명과 차이점 없이 동일한 성질을 가지게 된다. 이렇게 함으로서 같은 롤의 세트 당 보다 긴 수명을 가질 수 있다.

골물의 가열

가열의 필요성

골 물에 있어서의 가열에 대한 필요성은 골 제조 공정에 있어서의 두 가지 기초적인 요구에 의해 제기되었다.

우선 가열은 접착제의 온도를 호화 온도까지 올리기 위해 필요하며 이는 폭 넓게 이해되고 있는 공정으로 전문에 관한 장에서 논의되었다.

둘째로 보다 적게 이해되고 있는 것으로 골심지의 골 제조과정에서의 열의 역할이다.

제조 과정에서 부적절한 열을 사용하여 종이의 골을 부여한다면 부적절한 골을 가지는 종이를 제조하게 되며 이는 형성된 구조를 변형시키려는 종이의 자연적인 저항력 때문이다. 골심지는 공장을 떠나면서부터 평평한 형태로 돌아가려고 한다. 이 저항력은 섬유와 섬유를 결합시키고 종이에 강도를 부여해주는 원자(수소) 결합 강도와 특성의 결과이다.

성공적으로 골의 구조를 형성하고 유지하기 위해서 섬유 결합은 구조의 재형성이 이루어질 수 있도록 약화되어야 한다. 이 가소화 과정은 스팀 샤워를 이용해 수분을 공급하고 예비 전처리기와 골 물에서 공급되는 열을 이용하여 종이에 열을 가한다.

가열 원리

산업에서 사용되는 대부분의 골 물들은 증기에 의해 가열된다; 그 목적을 이루는데 있어 상대적으로 저

가이면서도 높은 효율을 가지는 수단이다. 이 가열 과정은 다수의 시스템을 통하여 이루어지지만 몇 가지의 일반적인 열역학 법칙이 이들 모두에게 적용된다.

대기압(1 bar)의 베셀(vessel)에서 증기를 만들기 위해서는 물을 100°C로 가열하여 끓을 수 있도록 해야한다.

만약 계속해서 열을 가해준다면 물은 증기로 전환될 것이다. 그러나 물이 모두 증기로 전환되기 전까지는 온도가 100°C이상으로 올라가지 않을 것이다. 이 단계에서의 스팀을 '건조 포화(dry saturated)' 상태라 부른다. 끓는 물이 건조 포화 증기로 변화하는데 필요한 에너지를 살펴보면 0°C의 물을 끓는점까지 올리는데 필요한 에너지의 약 5.4배에 달한다.

물의 상태 변화에 필요한 에너지는 '잠열(latent heat)' 이라고 불린다.

증기로 변화한 후에도 계속 열을 가하게 되면 증기의 온도가 상승하게 되는데 이 상승을 '초 가열(super heating)' 이라 부른다.

골 물을 대기압 하에서 건조 포화 상태의 증기를 가하며 구동시키게 되면 100°C의 최고 온도를 얻게된다.

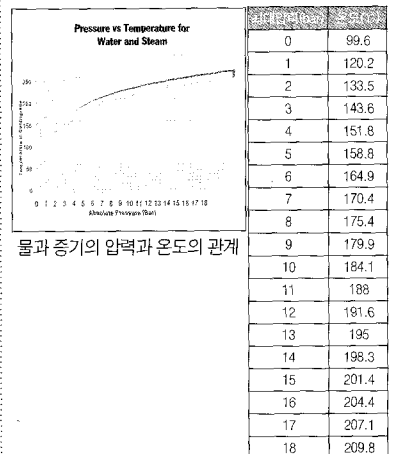
우수한 품질의 판지를 만들기 위해 정확한 온도를 만들어주는 것에는 여러 가지 영향인자가 있지만 특히 물의 표면을 140°C에서 180°C사이의 온도 범위에서 맞추어주는 것이 가장 중요하다.

이러한 높은 온도의 상승을 위해 증기에 압력을 가해준다.

이는 산의 정상에서 물을 가열하면 100°C이하의 온도에서 끓게 되며 자동차의 냉각장치의 물이 끓는 것을 멈추게 하기 위해서 대기압 보다 0.2 바(bar) 정도 더 높게 압력을 가해주는 것과 마찬가지로이다. 이 압력은 끓는점의 온도나 포화 온도가 높아지도록 하기 위해 상승되며 온도와 압력의 그래프를 그려보면 곡선을 얻을 수 있게 된다. 이 곡선으로부터 얻어지는 정보는 증기 표를 얻을 수 있게 해준다. 13 바(bar)의 압력에서의 포화온도는 195.1°C이며 15 바(bar)에서는 201.45°C로 상승하게 된다.

골 물의 안쪽과 바깥쪽간의 온도차 때문에 대부분의 공장에서는 기계 장치의 형식이나 작업 속도에 따라 차이가 있기는 하지만 이 범위의 증기 압력을 사용한다.

보다 고온이기는 하지만 높게 가열된 증기는 응축에 의한 막대한 양의 에너지를 얻을 수 있는 건조 포화된 증기와 달리 신속히 자체의 열 에너지를 얻지는 못한다.



물과 증기의 압력과 온도의 관계

증기를 가장 효율적으로 사용하기 위해서 증기 시스템은 고압에서(일반적으로 13에서 15 바) 건조 포화 증기를 코루게이터로 전달해야 하며 증기에서 물로 변환되는 과정에서 발생하는 에너지인 잠열 에너지는 물에 열을 전달하는데 사용되어야 한다.

증기는 응축액인 물로 다시 응축되게 되며 에너지는 상승되고 이 변환은 균일한 온도에서 발생하게 된다.

편면기의 작업을 최적화하기 위해 응축수는 물로부터 신속하게 제거되어야 하며 이는 이 부분의 뒤쪽에서 다루어질 여러 방법에 의해 이루어진다.

코루게이터로 증기를 분배할 때의 일반적인 문제는 '선상 손실(line losses)'이나 보일러에서부터 코루게이터로 이동시의 스팀으로부터 손실로부터 비롯된다.

불량하게 격리된 파이프의 긴 배관은 압력(결과적으로 온도)의 손실과 증기 상태의 악화를 야기되고 잠열 에너지가 파이프의 벽을 통하여 손실된다.

증기는 이러한 환경하에서 응축을 시작하고, '습한' (일부에서 사용) 상태에서 편면기에 도달하게 된다.

일반적으로 잘못 생각되고 있는 것은 골 제조 공정에서 필요한 것보다 높은 압력의 증기를 만들어주어야 한다는 것과 기계 장치에서는 압력을 낮추어주어야 한다는 것으로

이 압력의 감소는 증기의 이상 가열의 원인이 되며 이상 가열된 증기는 잠열을 가하기 전에 물에서 냉각시켜야 할 필요가 있다. 이는 가장 비효율적이며 가장 불리한 골 제조 공정이라 할 수 있다.

몇몇의 공장에서는 코루게이터에서의 압력을 감소시킴으로서 긴 작업에 의한 영향과 불충분한 단열을 완화시킨다.(습한 증기의 압력의 감소는 응축을 촉진시키고 편면기에 사용되기 전에 증기를 세척하는 효과를 가진다.)

하지만 이 방법은 부적절하게 설계되었거나 주된 증기관이 불충분하게 단열되어 있는 경우에는 응축 과정에서 비용과 에너지를 낭비하게 된다.

응축수 제거 시스템

응축수와 응축이 불가능한 가스의 효과적인 제거는 모든 편면기에 있어서 매우 중요한 작업이다.

물 내에 아주 적은 양의 물이 있더라도 열 전달을 현저하게 감소시키고 물의 온도 또한 현저하게 감소시키게 된다. (1mm의 공기가 가지는 열 전달에 대한 저항은 550mm의 구리와 같은 반면 1mm의 물의 열 전달에 대한 저항은 55mm의 강철과 같다.)

관속에 존재하는 응축수의 또 다른 부작용은 물에 있어 바나나 모양의 뒤틀림을 발생시킨다는 것이다. 이는 시작 시에 현저하게 나타나며 판지의 품질에 부정적인 영향을 끼친다.

증기가 고여지지 않거나 고여지는

응축수를 조절하고 이를 다시 보일러로 보낼 수 있는 많은 종류의 시스템이 있으며 이 보고서에서는 실질적으로 물에서 응축수를 제거하는 공정에 대해서만 다루었다.

오랜 기간동안 이 영역에서는 한 가지의 시스템 -사이폰 튜브- 이 사용되었으며 최근 들어 다수의 새롭고 보다 색다른 방법들이 이 작업의 효율을 높이기 위해 제공되고 있다.

다음에 이어질 부분은 사이폰 튜브(siphon tube)의 한계와 보다 일반적으로 사용되는 대체 방안들에 대해 자세히 다루었다.

사이폰 튜브

사이폰 튜브는 오랫동안 응축수의 제거를 위해 폭넓게 사용되었다. 이 장치는 간단하며 저가로 작업이 쉬웠다.

하지만 최근 들어 다른 대체방안을 개발하고 받아들이기 시작한 이유는 고속의 코루게이터를 사용할 때나 요구되는 품질을 향상시키는데 있어 사이폰 튜브의 한계가 나타났기 때문이다.

사이폰 튜브 자체는 대체 안의 하나였다; 이 장치는 물의 벽과 튜브의 끝 부분간의 간격의 크기만큼만 작업이 가능하다.

이 장치가 물에 설치가 되면서 이 간격은 조절이 불가능했다. 만약 이 간격이 너무 작다면 튜브는 물의 벽과 접촉하게 되며 응축수의 흐름을 제한하게 되고 응축수가 되돌아오거

나 튜브가 끊어지는 현상이 발생하게 된다.

이 간격이 너무 크다면 응축수가 물 내에 퍼지게 되며 이는 물의 온도를 낮추고 진동을 발생시키게 된다.

간단히 말해 사이폰 튜브는 항상 정비를 해 주어야하며 고속의 장치의 경우 한계를 가진다.

물이 높은 회전 속도에 도달하게 되면 원심력은 물의 내부의 원주를 응축수가 링의 형태로 둘러싸게 되는 원인이 된다.

이 링은 증기로부터 물로의 열전달에 심각한 감소를 일으키며 표면 온도의 저하도 가져오게 된다.

따라서 사이폰 튜브가 이러한 한계를 가지고 있으며 이에 대한 대처 방안과 문제 해결 방법에 대해 알아 보겠다.

조절된 응축 시스템(controlled condensate system-CCS)과 열물 시스템

열 물 시스템은 응축수가 물을 따라 저장 영역으로 이동하는 통로 역할을 하는 세로 방향의 슬롯을 내부에 새겨 넣은 골 물들로 구성된다.

물은 탄소 베어링(carbon bearing)에 장착되어 신속하게 물 내로 투입이 가능하도록 설계된 짧은 사이폰 튜브를 가지고 있는 CCS 시스템을 이용하여 저장 영역으로부터 흡수되어 나오게 된다.

이 시스템의 이점은 높은 회전 속

도에서도 응축수는 슬롯으로 이동하게 되고 증기에 노출되는 물의 내부의 표면으로부터 배출된다는 것이며 또한 사이폰 튜브의 매우 짧으며 정확한 배치는 전통적인 사이폰 튜브보다 물을 더 건조한 상태로 만들어 준다.

이러한 이점들은 균일한 물 온도를 얻을 수 있게 해주고 비틀림을 최소화해준다.

이 시스템의 부가적인 이점은 만약 필요하다면 전통적인 사이폰 튜브 시스템으로의 변환이 가능하다는 것이다.

일반적으로 이전의 증기 시스템에 CCS를 사용하는데 있어 별도의 변형을 필요하지 않다.

이 시스템의 기본적인 단점은 초기에 부가적인 비용이 필요하지만 CCS는 기존의 물에 역방향으로 설치가 가능하다는 것이며 열 물 시스템은 특정 일에 물을 설치할 필요가 있다.

바우만 시스템(The Baumann system)

바우만(Baumann) 디스크는 물이 제조되는 동안 내부에 설치되는 또 다른 대체 방법이다.

증기는 일반적인 방법처럼 물의 중심부로 투입되지만 물은 응축수를 제거하기 위한 사이폰 튜브를 가지고 있지 않다.

대신에 한 쪽 끝 부분에 디스크를 가지고 있으며 이 바깥쪽의 모서리와 물 벽의 안쪽 면 사이에는 1-

1.5mm의 작은 간격이 존재한다. 이 간격은 물을 빠져나가는 증기와 응축수의 양을 조절한다.

흡입구와 이 시스템의 응축수 부분과의 압력의 차이를 신중하게 조절함으로써 바우만 디스크는 물로부터 응축수를 신속하고 균일하며 효과적으로 제거하게 된다.

바우만 디스크를 장착한 물과 적절한 증기 시스템은 최적의 작업 온도를 가질 수 있게 해주고 작업시의 비틀림을 최소화 해준다.

동적 방출 시스템(Dynamic Discharge System)

이 시스템은 바우만 시스템과 비슷한 방법으로 작업이 이루어지지만 안쪽으로 점점 가늘어지는 구멍을 만들어 물의 한 쪽 끝으로 응축수를 이동시키는 시스템이다. 이 시스템은 디스크 대신에 타륜 모양의 튜브들의 연속적인 조합을 사용하며 이는 응축수와 증기를 연속적으로 물의 바깥쪽으로 흘러보내기 위해 특별하게 설계되어 설치된다. 이 시스템의 장점과 단점은 바우만 시스템과 유사하다.

주변 가열 시스템(Peripheral Heating System)

Terdeca에 의해 RVL 시스템으로 처음 소개되었던 이 시스템은 물의 제거 시스템이 아니라 골 물의 증기 가열에 있어 완전히 새로운 개념을 이용한 것이다. 이 시스템은 골 물의 바깥쪽 원주에 연속적으로 뚫린 작

은 직경의 구멍을 이용한다.

이 구멍들은 두 개씩 짝지어 조합되어 있으며 첫 번째 통과에서 물을 통과하며 증기를 입구의 노즐로부터 물의 다른 쪽으로 이동시키게 되고 두 번째에서는 증기가 노즐의 바깥쪽으로 물을 통과하여 되돌아오게 된다.

이 시스템의 특성상 어떠한 순간에도 이 시스템 내에는 매우 작은 양의 증기가 존재하게 된다. 이 증기는 매우 빠른 속도로 이동하기 때문에 응축수는 물에 고여지지 않고 통과하게 된다.

롤 조합의 중앙에 위치하는 첫 번째의 골 물을 통과한 후, 증기는 두 번째 물을 통과하면서 캐스케이드(cascade)가 형성될 수 있으며 압력 물이나 예비가열기와 같은 또 다른 베셀에 보내져 이 증기에 존재하는 잡열을 추출하게 된다.

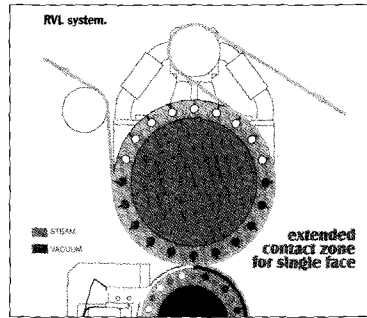
RVL의 장점은 다음과 같다.

- 롤 가열 효율(롤은 차가운 상태에서 단 몇 분만에 가열된다)
- 균일한 온도와 초기 가동시의 최소한 왜곡
- 어떠한 종류의 편면기에도 설치할 수 있으며 증기 압력을 줄이고 작업할 수 있다.
- 증기 챔버의 크기가 작기 때문에 프레스 베셀의 조절이 불필요하다.

그 외의 이점에는 이 시스템은 사용자가 사용하기 편하고 정비·유지 필요사항이 적다는 것이다.

기존의 증기 시스템을 주변 가열

시스템으로 적용시키기 위해 몇 가지의 수정이 필요하며 기존의 롤들은 다른 편면기를 가지고 있지 않는 한 사용될 수 없다.



편면기의 조달과 정비

골 롤 조달의 경제적 측면

유효한 골 롤의 조달에는 두 가지의 중요한 방법이 있는데 첫 번째는 대부분이 일반적인 선택사항으로 직접적으로 이 장치들의 조합을 구매하는 것이다. 두 번째 선택 사항은 롤 관리 프로그램의 일부로 골 롤을 임대하거나 사용에 따라 비용을 지불하는 것이다. 두 가지 방법 모두 가장 중요한 고려 사항은 운전 자본, 비용, 골 구조와 롤의 수명간의 관계이다.

롤 구매를 고려할 때 첫 번째 경제적 고려사항은 골의 구조이다.

B 골, C 골, E 골 등과 같은 가장 일반적으로 사용되는 구조에 대해 권고된 표준내에서, 골 구조를 정하는데 매우 많은 선택 사항이 있다. 골 높이, 피치, 끝부분 반지름은 롤에서 생산되는 판지에 다른 특성을 부여하기 위해 조정될 수 있다(롤 파라미터 부분 참고). 각각 개개의 사업에

있어 조건 설정에 대한 선택은 매우 중요한 전략적 결정이다.

제조 공정을 만드는 데 있어 가장 중요한 결정 인자는 골조율로 이것의 상업적 요구액은 전체적 비용에 있어 매우 큰 영향을 끼친다.

예를 들어 테이크업 비에 있어 2%를 감소시키면 롤들의 작업 수명 동안 종이의 절약에 있어 롤들 자체에 드는 비용을 효과적으로 절감시켜준다.

다음의 공식은 골조율에 관련하여 작업 비용을 설명하는데 이용될 수 있다.

1. 골조율(TUR: take-up ratio)

$$TUR = \frac{\text{원래의 비} - \text{새로운 비}}{\text{원래의 비}}$$

예 : 두 개의 가상 B 골의 TUR = $\frac{(1.3504 - 1.3165)}{1.3504} = 0.0251$

이는 백분율로 표시된다(100을 곱하여), 2.51%

2. 롤의 작업 수명을 통한 종이 비용 절감(유로, euro)

$$\text{종이비용 절감} = \text{톤당 절감되는 종이의 무게(Wts)} \times \text{톤당 종이 비용}$$

$$Wts = TUR \times \text{평균 종이 무게} \times \text{롤 위에 이동하는 골 제조 종이의 총 면적}$$

또는,

$$Wts = TUR \times \{ \text{종이의 평균 무게} \times (\text{롤 수명} \times \text{원래의 TUR} \times \text{평균 덕클 폭}) \}$$

예 : 종이의 평균 무게 = 105gsm, 롤 수명 = 40 million liner meter, 평균 덕클 폭 = 2m, 종이 비용

= 톤당 300 유로

$$Wts = 0.0251 \times \{105 \times (40 \times 1.3504 \times 2)\} = 284.7 \text{ 톤}$$

(비고 : 무게 단위인 gsm과 수명의 단위인 million linear meter은 상쇄되어 없어진다. 또한 당김율이 증가한다면 당김율 비(draw factor ratio)는 음수가 되고 비용의 축소는 비용의 증가를 가져온다.)

따라서 롤의 수명을 통한 비용의 절약 = $300 \times 284.7 = 85,410$ 유로
위의 문제들은 근사값이며 마모도의 차이에 영향을 받는다는 것을 알아둘 필요가 있다. 하지만 이 식들은 다른 구조들의 상대 비용을 평가하는데 간단한 방법을 제공한다.

두 번째의 경제적 고려사항은 비용에 대한 롤의 상대적 수명이다. 이들간의 관계를 계산할 때에는 롤의 총 비용, 베어링 등 설치될 때 사용되는 다른 부분, 롤을 설치할 때 필요한 인건비 등을 고려해야 한다.

Million linear meter당 롤의 비용을 계산하는 간단한 공식은 다음과 같다:

$$\text{비용} = (\text{롤의 비용} + \text{베어링과 기타 장치들의 비용} + \text{설치에 필요한 인건비}) / \text{롤의 수명}$$

예) 롤의 비용 : 57,000 유로, 베어링과 다른 기타 장치의 비용 : 8,000 유로, 설치에 필요한 인건비 : 1,600 유로, 수명 : 40 million linear meter 이상일 경우 비용 / 수명(C/mlm) 관계는:

$$C/mlm = \text{총 비용} / \text{총 작업 수명}$$

$$C/mlm = 66,600 \text{ 유로} / 40mlm = 1,665 \text{ 유로} / mlm$$

이러한 형식의 공식은 재연마 이

후의 두 번째와 세 번째의 기간과 같은 롤의 총 수명을 통하여 만들어지는 다양한 결정에 대한 결과를 평가하는데 적용된다.

가상으로 400mm 직경을 갖는 한 쌍의 크롬 도금 롤이 있다면 선택 사항들은 크롬 도금이 마모되거나 롤이 재연마될 때, 혹은 롤이 재연마되기 전에 40 million linear meter의 길이를 운행하였을 때(경화된 강철 골구조에 마모가 발생하므로) 롤들을 교체할 수 있도록 해준다.

두 가지의 선택사항 모두 사용 기간 중 첫 번째 기간에 사용가능하며 적용시킬 수 있지만 두 번째의 선택사항이 보다 비용 대 수명 비율이 우수하다. 보다 오랜 기간을 사용하기 위해서는 롤들의 사용 이후 기간에 있어서의 두 가지 선택사항의 효과에 대해 알아보아야 한다.

선택사항 1

롤의 초기 구매 비용 = 67,000 유로
첫 번째 사용기간 = 30 million linear meter

재연마, 베어링의 재도금, 재설치 비용 = 40,000 유로

롤들은 도금된 면의 일부만이 닳아 없어짐으로서 손상이 일어나기 때문에 롤의 직경에 대한 재작업을 하게 되며 롤의 구조는 원래의 정해진 구조에 가깝게 재형성되고 종이의 비용은 0이 된다.

두 번째 기간 = 30 million linear meter

재연마, 베어링의 재도금, 재설치 비용 = 40,000 유로

롤의 구조는 이전과 같다.

세 번째와 마지막 사용기간 = 30 million linear meter

롤들은 부분별로 해체되는데 이는 베어링 연결 부분에 있어서의 광범위한 재작업을 위해서이다.

그러므로 총 생산 운행 = 90 million linear meter

총 구매 비용, 재작업, 재설치 비용 = 147,000 유로

따라서 총 비용 생산 비 = 1,633 유로/million linear meter

선택사항 2

롤들의 초기 구입 비용 = 67,000 유로

첫 번째 사용기간 = 40 million linear meter

재연마, 베어링의 재도금, 재설치 비용 = 40,000 유로

롤들은 총 도금된 면과 일부 원료 물질의 손실에 의한 손상이 일어나기 때문에 재작업의 결과로서 골조율은 증가하게 되며 따라서 다음 번에서의 40 million linear meter를 작업할 때 25,000 유로의 종이 비용이 들게 된다.

두 번째 기간 = 40 million linear meter

재연마, 베어링의 재도금, 재설치 비용 = 40,000 유로

두 번째 재작업 후의 종이 비용 = 50,000 유로

세 번째와 마지막 사용기간 = 40 million linear meter

롤들은 세 번째 사용 이후에 부분별로 해체되는데 이는 롤의 직경이 감소함에 따라 롤은 제조업자가 정한 최소한의 직경보다 작아지게 되기 때문이다.

그러므로 총 생산 운행 = 120 million linear meter

총 구매 비용, 재작업, 재설치, 종이 비용 = 222,000 유로

그러므로 총 비용 생산 비 = 1,850 유로/million linear meter

두 번째 선택 사항에서 롤의 해체는 두 번째 주기에서 행하는 것이 좋는데 이는 40,000 유로의 재작업 비용과 50,000 유로의 종이 비용의 합이 새로운 롤을 설치하는 비용을 초과하기 때문이다. 이러한 두 번째 선택 사항을 수정을 하게 되면

총 생산 운행 = 80 million linear meter

총 구매 비용, 재작업, 재설치, 종이 비용 = 132,000 유로

그러므로 총 비용 수명 비 = 1,650 유로/million linear meter

위의 예들은 순수하게 가설적인 것이고 실제적인 부분을 더하면 매우 복잡해진다. 하지만 이 예들은 가장 경제적인 롤의 제거와 재작업 시간이 연마기로 들어가기 전이라는 것을 보여주고 있다.

또한 재작업을 행하기 전에 공급업자는 제거될 필요가 있는 물질들에 대한 양의 평가를 제공할 수 있으

며 따라서 보다 적합한 경제적 결정을 내릴 수 있도록 해주는 당김율을 수정하게 된다. 스스로 이것을 행하는 대신에 롤 관리 프로그램을 이용하고 경제적인 수명에 대한 평가는 공급업자에게 양도해야 한다.

롤 관리 프로그램

코루게이터의 작업과 조달에 관계되는 많은 회사들에 있어 그들의 롤 구입이나 임대 계약시 롤 관리 프로그램에 제조업자들을 포함시키는 것은 유익하다는 것이 증명되었다.

이 프로그램의 정확한 성질은 각기 다른 제조업자들에 의해 변경될 수 있으며 구조는 개개의 요구에 따라 주문된다. 하지만 각각 프로그램의 기초 구성 요소는 상태 감시 체제에 의해 미리 계획되어진다.

일반적인 관리 프로그램은 제조업자의 롤의 마모 정도와 발생율에 대한 주기적인 측정이 포함되어야 한다(텅스텐 카바이드와 같은 도금의 두께와 마모를 측정하기 위한 특별한 장치가 필요하다).

또한 이 시스템은 작업 진행에 의한 손상의 경향이나 기계적 결함에 대한 보고가 이루어져야 한다. 이 프로그램은 마모도에 따른 롤의 마무리를 포함할 수 있어야 하며 이 보고서는 롤이 경제적으로 교체될 시점을 예견할 수 있어야 한다.

이러한 프로그램의 이점은 롤의 수명을 최적화하고 예비 롤을 제때에 맞추어 투입할 수 있게 해주며 품

질 시스템은 QA 방식의 일부로서 보고서로 사용할 수 있다.

또한 조직내의 정비·유지와 관리 시간은 자유롭게 정할 수 있으며 어디에서도 사용할 수 있다.

이 프로그램에 포함될 수 있는 부가적인 서비스에는 탁송 지료가 포함되며 비상 상황을 타개하거나 기존의 롤들이 재가공될 때 사용될 수 있는 서비스 롤이나 카세트는 수명을 보장시켜 주고 그룹의 표준에 부합되도록 해준다.

유용 수명 평가와 최대화 방법

편면기에 롤이 설치되고 나면 골 롤의 무익한 수명 감소를 방지하기 위한 몇 가지의 간단한 측정 방법이 존재한다. 다음은 그 측정 방법을 간단히 설명한 것이다.

롤의 마무리

독특한 양상으로 마모되는 골 롤은 롤의 표면에 걸쳐 단계별로 나타난다.

마모는 롤의 중심부에서 가장 심하게 나타나며 이 마모의 단계는 롤 위의 각각 텍클이 이동함에 따른 종이 모서리의 위치와 일치하는 지점에서 나타난다. 이는 압력 롤의 닙(nip)에 불균일한 압력 라인이 발생하게 하며 접착제의 균일한 투입을 저하시킨다.

롤들은 이 마모 양상의 영향이 판지의 품질에 악영향을 끼치기 시작할 때 교체되어야 할 것으로 보이지

만 종종 이러한 경우에도 두께의 경우 적합한 정도의 두께를 가지고 있게 된다.

이 문제점을 극복하기 위해 다이 아몬드로 재연마하거나 롤 말단의 롤 끝부분에서 0.05mm 정도로 물질을 깎아내는 것이 가능하다. 이는 매우 어려운 작업이며 골의 위쪽에 과도한 연마에 의한 평평한 면이 생기는 것을 피해야 한다.

많은 정비 작업과 같이 이 방법에 의한 롤의 잘못된 마모를 개선하는 것은 조금씩 자주 해주는 것이 바람직하다.

몇몇 공장은 작은 지그(jig, 절삭 공구를 정해진 위치로 이끄는 장치)를 설치하여 편면기를 고정시켜 연마작업을 정확하고 손쉽게 할 수 있도록 하고 있다. 적합한 롤 수명은 도금되지 않은 롤을 이용하는 롤 마무리 프로그램을 사용하여 현저하게 연장될 수 있다.

골 롤의 조정

골 롤의 압력은 텍클의 변화나 중간 정도로 조절되어야 함을 알고있다(압력은 롤의 말단부에서 금속과 금속이 접촉하는 것을 피하기 위하여 폭이 좁은 텍클로 감소되어야 한다).

정확한 조절의 정도를 만들어 주는 것은 롤 말단부에서의 마모를 방지하고 수명을 최대화하기 위해 필요하다.

롤들은 기계장치 내에서 다른 롤과 서로 평행하게 설치되어야 한다는 것

또한 중요하다. 이러한 것의 확인은 골 구조에 텔렉스 페이퍼(telex paper)를 통과시켜 상부롤과 하부롤의 상대적 위치의 형태를 얻음으로서 이루어질 수 있으며 이는 일반적으로 롤들이 처음 설치될 때 이루어진다.

롤이 설치되면 롤들의 작업을 위해 평행 상태로 유지되어야 한다. 이후의 검사에서 발견되는 상대 위치의 어떠한 변화도 기계 장치의 잠재적 문제점이 될 수 있다.

골 롤의 청소

0.5mm의 크기를 넘는 광물 입자들에 의한 롤의 손상은 이미 연구되었다. 롤들과 편면기 모두 롤의 골 구조 내의 크고 단단한 입자의 불필요한 유입을 막기 위해 청결한 상태로 유지되어야 한다.

롤 마모에 대한 공장내 감시

상당한 직선 거리를 진행한 후 마모가 이루어지는 경화된 강철 롤의 경우 골 높이의 정기적인 측정이 이루어져야 하고, 정확한 평가는 예상 수명 동안의 작업을 가능하게 하고 교체 시기를 결정할 수 있도록 해준다(롤 관리 부분 참고). 측정은 다이얼 테스트 게이지(dial test gauge)나 전통적인 작은 핀을 접합한 깊이 측정기의 두 종류 모두를 사용하여 이루어질 수 있다. 골 높이의 측정은 각각의 텍클 마모도를 측정하기 위해 롤을 가로질러 간격을 변화시켜 가며 측정되어야 한다.

만약 경화 강철 롤의 상대적 마모도의 정확한 측정이 이루어진다면 구동되는 롤들의 각각의 텍클 백분율에 부합시킬 수 있다.

크롬이나 텅스텐 카바이드로 도금된 롤들의 경우에는 조금 다르다.

도금된 면의 마모도는 같은 정도의 강철 롤에 비해 낮으며 발생하는 마모의 양도 적으며 특별한 장치 없이 편면기에서의 정확한 측정은 매우 어렵다.

이는 롤 수명을 유지하는데 있어 가장 중요한 요소는 도금 면의 보전이라는 것을 의미한다.

도금 면의 보전성은 연구실의 공급자들로부터 공급이 가능한 황산구리 용액을 롤 표면에 가함으로서 측정될 수 있다.

만약 도금 면에 손상이 이루어지지 않았다면 황산구리 용액은 푸른색을 띠게 되며 강철이 황산구리에 닿게 되면 약 2분 후에 갈색으로 변하게 되며 강철의 표면에 녹이 슬게 된다.

롤 중심부의 슬롯 모서리에서 처음으로 도금 면의 마모가 발생하게 된다.



번역 | 조병목 교수
강원대학교 산림과학대학 제지공학부