

산업용섬유의 기술개발동향-13

<고부가가치 Needle Punching 부직포의 제조기술 동향>

서 론

작년은, Needle punching 부직포의 품질향상을 위한 기본기술에 대하여, 요컨대 길이/폭방향의 중량편차의 개선책 및 Needle Mark의 개선 등에 대하여 해설을 행하였다. 금회는 이들 점에 관하여 더욱 깊이 고찰함과 동시에 부가가치가 높은 분야에서의 응용예로서 인공피혁을 다루면서 고부가가치 Needle Punching 부직포의 제조기술의 동향에 대하여 설명을 하고자 한다.

1. 세 denier 섬유의 carding기술

Medical용 위생재료, Pap(습포)재, Filter 및 인공피혁 등의 부직포 용도에 있어서 사용하는 섬유의 굵기가 점차로 가늘어지는 경향이 있다. 특히 2~3 denier의 굵기의 섬유를 경계로 하여 이것보다 가는 섬유는 종래의 card기에 걸 수 없게 된다. 결국 카드 와이어의 틈 속으로 가는 솜이 침입해 버려 card를 통하여 web화하는 기술에는 여러 가지 knowhow가 포함되어 있지만, 여기서는 그 기본적인 생각을 하는 방법에 대하여 설명한다.

그림 1은 카드를 구성하는 각종 Roll 배치의 일례를 나타낸다. 또 사용하고 있는 와이어의 실물크기의 copy를 그림 2에 나타냈다. 이하 각 Roll의 작용에 대하여 설명한다.

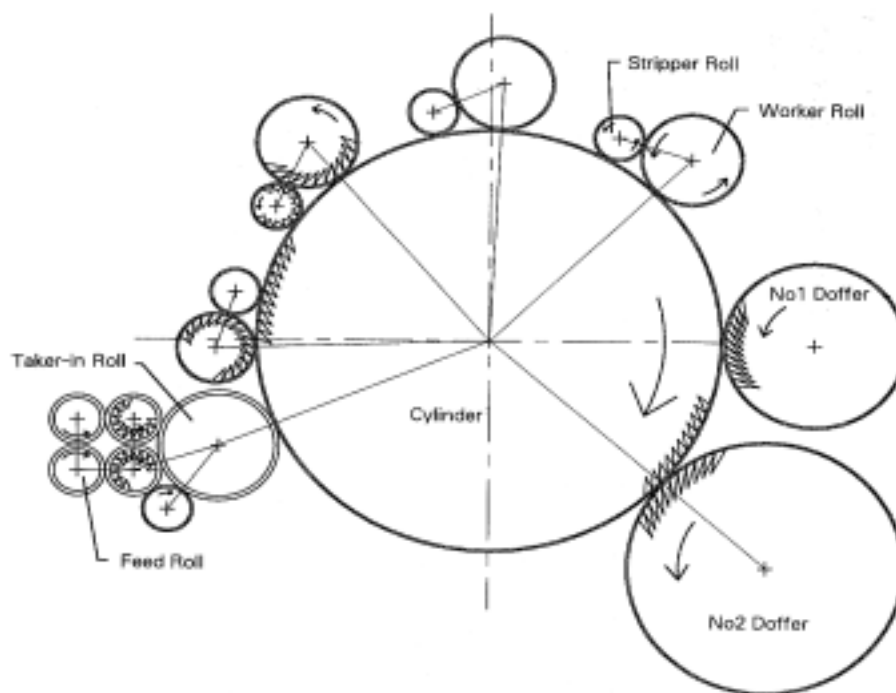
(1) Cylinder : Cylinder위에 공급된 면은 worker roll로 빗질 원리에 의하여 점차로 가지런하게 되어간다. Cylinder는 세 denier 섬유의 침입을 막기 위하여 점차 고속회전의 시대로 발전하여 왔다. 통상의 원주속도는 600m/min 정도였던 level에서 최근은 1000m/min.을 넘는 것이 나와있다. 와이어도 또한 섬유

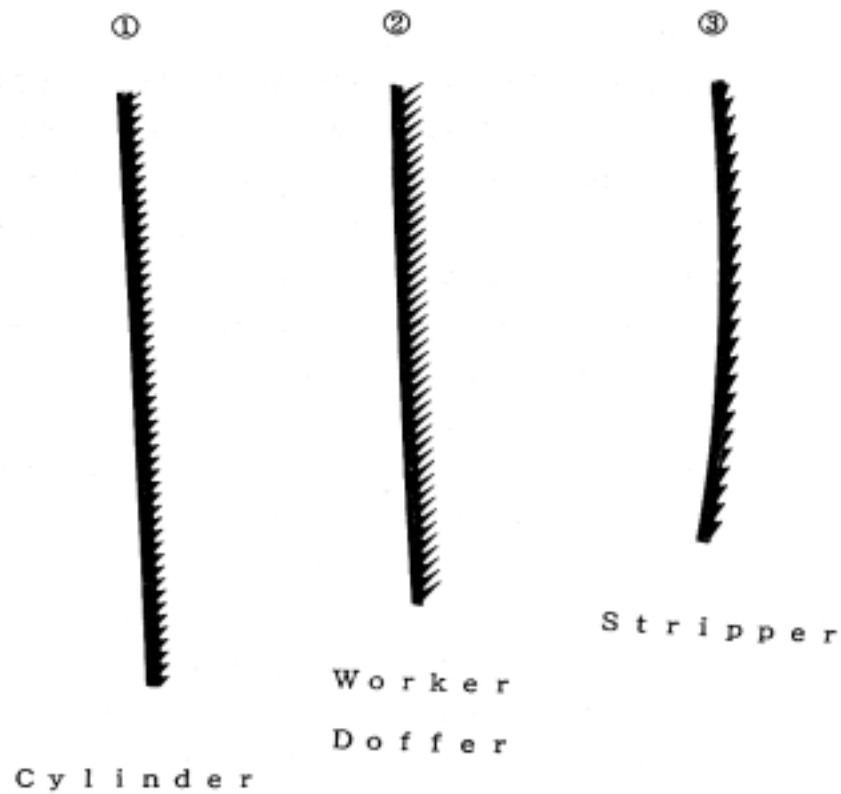
의 침입을 방지하기 위하여 산이 낮고, Pitch도 작은 것, 결국 point수(평방인치당 산수)가 큰 것이 사용된다.

(2) Worker : Cylinder상의 불균일하고 과잉부분의 솜을 한번 Cylinder로부터 인취하고 다시 Cylinder에 되돌리는 것을 반복하면 솜이 가지런하게 되어 간다. 이 때문에 worker roll은 Cylinder보다 원주속도를 떨어뜨리고 사용되는 와이어는 Cylinder roll에 사용되는 것보다 산이 높고(도랑이 깊다), 각도도 보다 경사면으로 되어 있다. Point수는 Cylinder의 것과 거의 같다. 수분있는 worker roll과 Cylinder와의 Clearance(간극)는 통상, 점차적으로 좁게 설정되어 있다.

(3) Stripper : Worker로부터 솜을 수취하고 다시, Cylinder로 되돌리는 역할을 담당한다. 면을 이행시키는 역할이고, 이 Roll상에 면이 남아있어서는 안된다. 이를 위하여 얇은 깊이의 도랑의 와이어가 사용된다. Worker보다 원주속도는 빠르게 되지 않으면 안된다.

<그림 1> Card기의 Roll구성 개략도





<그림 2> Card에 사용되는 wire의 형상

(4) Doffer : 가지런하게 정리된 솜을 Web로서 취출하는 일을 한다. Cylinder로부터 솜을 수취하기 위하여 원주속도를 떨어뜨리고 와이어는 worker의 것보다 더욱 산이 높고 경사도 작다. Point수는 worker와 같거나 작다.

이하에 상대치를 비교하기 위하여 구체적 수치의 일례를 나타낸다.

	원주속도	Wire point수
Cylinder	600m/min	300/inch ²
Worker	15	300
Stripper	150	130
Doffer	40	280

2. 고밀도화 기술

최근의 부직포의 punch밀도는 인공피혁분야로부터의 요구에 의한 바가 크지만, 점차로 높게 되는 경향이 있고, 3000본/cm² level의 것이 나와있다. 이 레벨의 punch밀도를 얻기 위하여서는 기술적으로 극복하지 않으면 안되는 과제가 많이 있지만 여기서는 특허(特公昭61-37379)를 참고하여 구체적인 설명을 행하고 싶다.

2-1 종래기술

지금까지, Needle punching의 원리로부터 하여 Web이 모두 산산이 흩어지지 않는 것이 바람직하다고 생각되어왔다. 요컨대 絡合(서로 엉킨) 섬유가 섬유 자신의 반발력에 의해 모두 원래대로 되돌아가거나, 그냥 빠져나가는 것 등을 생각하면, 극히 미끄러지기 힘든 섬유가 강고한 결합을 하는 것이 바람직하다고 생각하여 왔다. 그러나 Needle punch밀도를 높여도 부직포의 겉보기 밀도는 어떤 pick를 경계로 하여 오히려 저하하여 버리고, 고밀도로는 되지 않는다고 하는 한계가 있는 것을 알았다.

2-2 개선기술

섬유상호의 미끌림을 어느 임계치 이상으로 함에 의하여 Punch거동은 급격하게 일변하여, punch중의 크기를 안정시켜 단위 면적당 중량저하가 억제되어 표면이 평활하고 초고밀도, 고락합(高絡合)의 펠트화가 가능하게 되었다. 섬유상호의 미끌림 용이함을 규정하는 특성치로서 마찰계수가 유효하고, 동마찰 정마찰 모두 0.3이하, 바람직한 것은 0.25이하로 하는 것이 필요조건이 된다. 또 동시에 섬유와 금속간의 마찰계수도 큰 폭으로 저하시키는 것이 바람직하고 동마찰 · 정마찰 모두 0.3이하가 양호하게 된다. 섬유 상호간의 마

찰계수를 저하시킴만으로도 극히 커다란 효과가 있지만 고밀도의 Needle punch로 고밀도의 부직포를 얻으려고 하는 경우에는 섬유와 금속간의 마찰 계수의 저하도 섬유상호간과 같게 실시하는 것이 바람직하다.

섬유상호간의 마찰계수를 저하시키기 위한 방법으로서 유제에 의한 평활화를 들 수 있다. 유제로서는 실리콘계가 좋다. 실리콘계 유제에는 수용성, emulsion계가 있지만, 평활효과, polymer에 부여하는 영향이 없음 등의 면으로부터 에멀전계가 바람직하다. 이들의 유제는 방사공정에서 부여하는 것이 일반적이다. Web 성형중 혹은 punch중에 부여하는 것도 한 수단이지만 균일하게 부여하는 것이 일반적이다. 유제 부착량은 에멀전 실리콘의 유효성분을 섬유에 대하여 0.1~0.3 중량 퍼센트로 하는 것이 좋다.

2-3. 구체적 실시 예

Nylon 6를 60wt%, 비정성 polystyrene을 40wt% Chip blend한 후 페레다이를 통과시켜 chip화 한다. 이 chip을 통상의 방사기에서 방사하고 미연신사를 얻는다. 또한 이 때의 방사온도는 290°C이었다. 얻어진 미연신사를 3.9배로 가열 연신하고 4 denier의 연신사를 얻는다. 그 후 15출/inch의 crimp를 형성시키고 51mm로 cut하고 원솜으로 했다. 그 후 도레이 실리콘사제의 에멀전 실리콘, type SH-7036을 섬유에 대하여 유효성분 0.3% 스프레이방식으로 부여했다. 그 후 이 원솜을 건조, 혼합했다. 본 원솜의 마찰계수를 측정한 바, 동마찰계수는 섬유-섬유간에서 0.25, 섬유-금속간에서 0.26이었다. 본 원솜을 통상의 card에 통과시켜 균일하게 개섬하고서, Crosslapper를 통과시켜 web로 하였다. 본 web의 단위 면적당 중량은 380g/m²이었다. 이 web을 Needle선단으로부터 4mm의 곳에 barb수가 1개 설치된 needle로 단위평방 cm당 3000본 punch했다.

본 Felt의 단위 면적당 중량은 437g/m^2 이었다. 또 부직포 밀도 비율로서 0.24라고 하는 극히 높은 밀도를 갖는 부직포를 얻었다. 또 부직포의 내부구조는 대단히 균일하고 표면도 평활했다.

주) 부직포 밀도 비율 : 부직포 겉보기 밀도를 부직포를 구성하는 섬유의 밀도로 나눈 값

이상과 같이 고밀도화를 위하여서는 섬유의 마찰계수가 중요한 역할을 한다는 것을 설명하였지만 당연히 사용하는 Needle의 형상에도 주의가 필요하다. 참고문헌 ‘특공평 5-40057’에 기술하여 있듯이 Kickup이 작고 under cut angle이 0에 가깝고 1 barb의 Needle이 섬유에 손상을 주지 않기 위하여서 적합하다.

3. Needle mark의 개선

작년, 니들패턴과 advance/stroke(APS)가 니들 마크 개선의 키포인트이라는 것에 대하여 설명하였다. 금회는 자료로서 첨부하고 있는 문헌 ‘최적 니들패턴의 분류와 선정’(Prof. L. Kis)을 인용하여 조금 더 상세한 설명을 하고자 한다.

부직포의 니들링은 가능한한 Smooth하고 Trace가 없는(편치의 자국이 없는)상태에서의 고밀도화를 목적으로 하고 있다. 이들의 외관은 최종제품의 중요한 품질을 결정지운다. 니들 편치기의 기술수준으로부터 판단하면 상기의 고품질은 일정조건하에서만 가능하다. 불규칙한 니들링은 외관상의 문제를 일으키고 여러 가지의 용도에서 생기는 결점의 예고가 된다. 니들링 공정에 영향을 주는 요인은 하기와 같이 분류된다.

변경가능	변경곤란	↑ 보다좋은 효과
APS비	니들패턴	
침심도	니들침	
	신장가 수축	

니들링의 품질은 상위 2개의 factor, 즉 APS비와 니들패턴에서 거의 결정된다고 하여도 과언이 아니다.

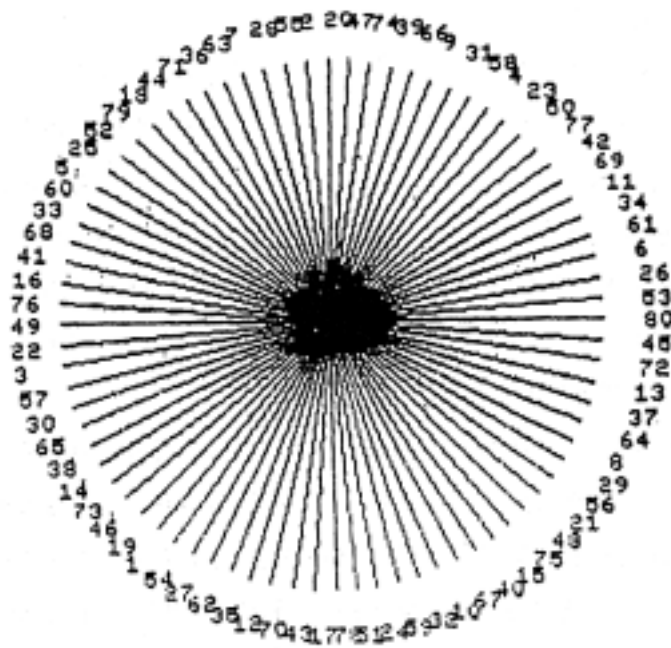


<그림 3> Needle pattern

3-1 Needle pattern

Needle board에 식침한 니들 전체의 위치관계를 나타내는 것이 니들패턴(침배열)이다. Needle board의 침배열에 있어서 횡방향(원료 web의 흐름에 직각방향)은 일정한 반복 pitch로 되어있다. 일례로서 A사의 침배열의 일부이지만 이 1반복 내에서 횡방향의 침이 어떻게 되어있는가를 그림3에 나타내었다. 상부가 원료의 입구에서 횡방향의 침배열의 순번으로, 위로부터 1, 2, 3 · · · 으로 번호를 붙여있다. 종의 2분의 선이 1 Pitch를 나타내고 있다.

1 Pitch의 거리를 360도라고 간주하고 침의 횡 방향의 간격을 각도로 변환하여 그 위치를 원료흐름 방향의 입구로부터 출구까지 순번으로 극좌표상에 놓은 것이 그림4이다. 1~79까지의 각침의 위치관계를 등간격을 갖고 있고 이상적으로 분산되어 있는 것을 알 수 있다. 이 경우 종근은 발생하기 어렵다고 생각된다.



<그림 4> 횡방향의 Needle 위치의 극좌표도

3-2 Advance/stroke 比(APS比)

예컨대 전술한 것과 같이 Needle pattern을 최적화하여도 Punching의 집중, 분산 결국은 Needle Mark의 유무는 Advance/stroke에 의존한다.

생산라인에 있어서 필요한 침밀도 $Pd(\text{본}/\text{cm}^2)$ 은 하기에 나타내었듯이 Needle board중의 침본수 $Nm(\text{본}/\text{m})$ 와 APS비(mm/S)에 의하여 결정된다.

$$APS = (v/n) \times 1000$$

v : 라인속도(m/min)

n : 회전수(S/min)

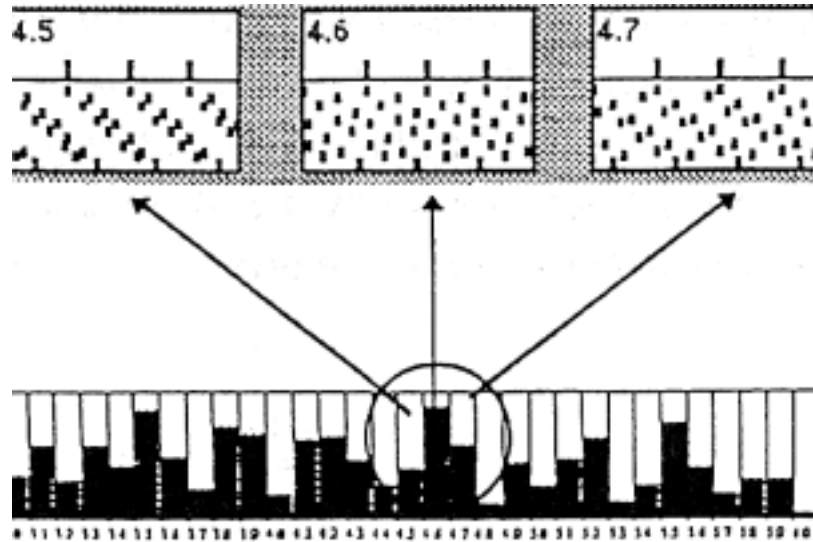
$$Pd = NM/10 \times APS$$

덧붙여 말하면 $Pd=3000\text{본}/\text{cm}^2$, $NM=5000\text{본}/\text{m}$ 의 조건을 설정하면 $APS=0.17\text{mm}/\text{s}$ 가 구하여 진다.

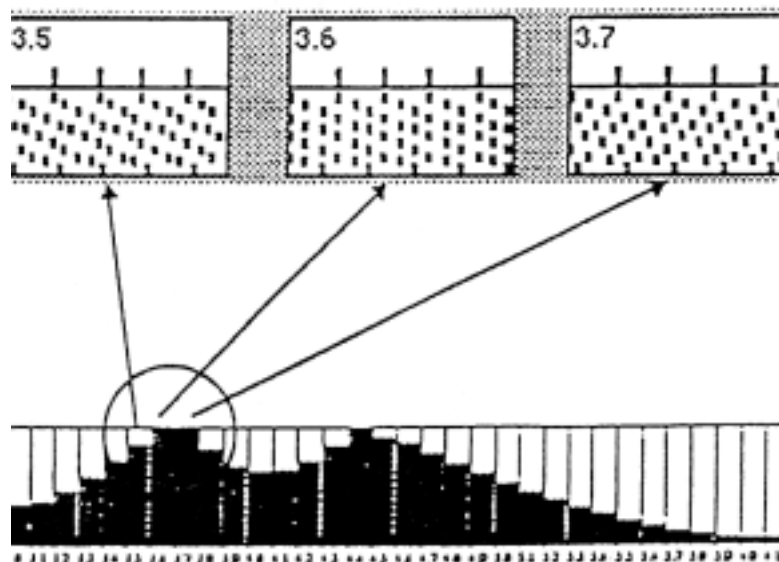
이때 Punch기의 회전수 $n=1000\text{S}/\text{min}$ 라고 가정하면 line 속도 $v=0.17\text{m}/\text{min}$ 라고 대단히 낮은 값이 되어버린다. 이것은 1대의 punch기에서 침밀도 $3000\text{본}/\text{cm}^2$ 을 얻으려고 하는 것에 무리가 있다. 1대에서 침밀도 $300\text{본}/\text{cm}^2$ 을 얻으려고 하면 APS는 10배의 1.7mm 로 할 수가 있다. 이 경우 최초의 침밀도 $3000\text{본}/\text{cm}^2$ 을 얻기 위하여서는 10대의 punch기가 필요하다. 이와 같이 APS는 최종제품의 침밀도와 라인속도를 결정하는 중요한 인자임과 동시에 인용문헌의 최후의 그림에 나타내고 있는 Needle Mark의 유무를 결정한다.

설비를 설계하는 단계에 있어서 최종제품의 침밀도의 범위가 결정되고 필요한 라인 속도의 목표도 결정한 단계에서, 기대되는 APS의 범위에서 Needle mark의 양호 한 Needle pattern을 설정할 필요가 있다. 인용문헌의 2개의 예를 확대하여 그림 5-1, 2에 나타내었다. 5-1은 5-2에 비하여 APS의 바람직한 범위가 좁고, 조금만 어긋나도 Needle mark가 발생하기 쉬운 pattern이 되는 것을

알 수 있다.



<그림 5-1> APS와 Needle mark(불량)



<그림 5-2> APS와 Needle mark(양호)