
섬유 개론

에코융합섬유연구원
이수진

섬유란 무엇인가?

- 직경 수백 μm 이하의 가늘고 긴 형태적 특징에 대해서 붙여진 명칭으로 소재와 기능 또는 단면 형상, 굵기의 차이가 있는 다양한 형태를 갖고 있다.
- 섬유길이를 기준으로 섬유를 분류 : 섬유장이 35~100mm인 경우는 스테이플(staple), 연속된 실 모양을 필라멘트(filament)로 제지용이나 복합재료의 보강용 등으로 사용되는 아주 짧은 섬유는 토우(tow)로 분류
- 합성섬유의 역사 : 1935년 Dupont의 Carothers에 의한 hexamethylene diamine 과 아디프산의 중합에 따른 나일론의 탄생, 1941년 영국ICI사의 Winfield와 Dickson에 의한 PET의 합성에서부터 시작

방사(紡絲), spinning

- 고분자를 용융하거나 적당한 용제에 용해하여 방사 원액을 만들고 이 방사원액을 노즐을 통하여 압출 냉각하거나 용제를 제거함으로써 실의 형태를 갖추는 것

유기섬유의 종류

천연섬유	목면(COTTON), 마(ramie)(동시에 cellulose섬유), 견(silk), 양모(wool), 기타 獸毛섬유, biocellulose섬유, 콜라겐섬유.
재생섬유	rayon(재생 cellulose섬유)
합성섬유 i)衣類用 産業用 ii)고성능 (耐熱性) iii)super섬유 고탄성率. 高强度	<ul style="list-style-type: none"> □ nylon 6, nylon 66(동시에 지방족폴리아미드), polyester, polyacrylonitrile(이상3대 합섬), polyvinylalcohol, polypropylene, polyvinylchloride, polyethylene등 폴리메타페닐렌 이소프탈 암나이드(PMIA), 폴리페닐렌 술피드(PPS), 기타 engineering plastic섬유 □ 굴곡성고분자 : ultra high molecular weight polyethylene(UHMWPE), polyoxymethylene, polyvinylalcohol등 □ 강직성고분자 : aramide(전방향족polyamide), 폴리아릴레트(전방향족 polyester), polyimide류, 복소환상고분자(폴리파라 페닐렌벤조비스티어졸, PBT등)
특수 기능성 섬유	<ul style="list-style-type: none"> □ 투석, 여과, 기타(中空絲):재생cellulose, PVA, PP, PMMA등 □ 光學(光fiber) : PMMA, 폴리-4-메틸펜텐-1(P4MIP)등

Process from fibres to fabrics to end use

Fibres



spun into yarns



finished



woven or knitted into fabric



made into products



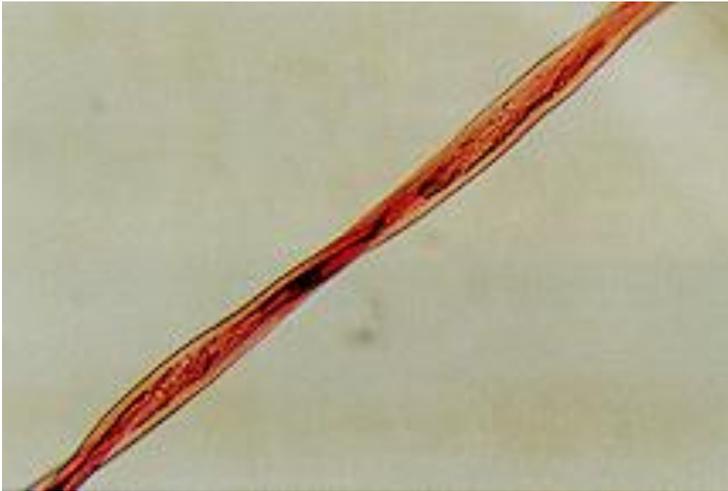
Natural fibres

Properties and end-uses of natural fibres	
Cotton 	Properties <ul style="list-style-type: none">• Cool to wear• Very absorbent, dries slowly• Soft handle• Good drape• Durable• Creases easily• Wash and iron
Linen 	Properties <ul style="list-style-type: none">• Fresh and cool to wear• Very absorbent, fast drying• Stiffer handle• Good drape• Durable• Creases badly• Wash and iron
Wool 	Properties <ul style="list-style-type: none">• Warm to wear• Absorbent, dries slowly• Breathable, repels rain• Soft or coarse handle• Can shrink - dry clean• Good drape• Not durable• Creases drop out
Silk 	Properties <ul style="list-style-type: none">• Warm to wear• Absorbent• Soft handle• Good lustre and drape• Durable• Creases drop out• Dry clean

Synthetic fibres

Properties and end-uses of synthetic fibres	
<p>Viscose</p> 	<p>Properties</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low warmth • Absorbent, dries slowly • Soft handle • Good drape • Not durable • Creases easily • Wash and iron
<p>Acrylic</p> 	<p>Properties</p> <ul style="list-style-type: none"> • Warm to wear • Non-absorbent, fast drying • Soft handle like wool • Good drape • Durable • Crease resistant • Easy care
<p>Nylon</p> 	<p>Properties</p> <ul style="list-style-type: none"> • Warm to wear • Absorbent, dries slowly • Breathable, repels rain • Soft or coarse handle • Can shrink - dry clean • Good drape • Not durable • Creases drop out
<p>Polyester</p> 	<p>Properties</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low warmth • Non-absorbent, fast drying • Soft handle • Good drape • Thermoplastic • Very durable • Crease resistant • Easy care • Can be recycled

▶ MICROSCOPIC PROPERTIES

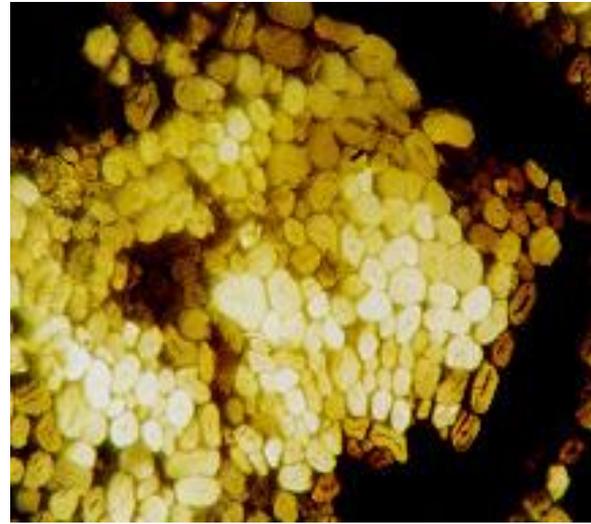
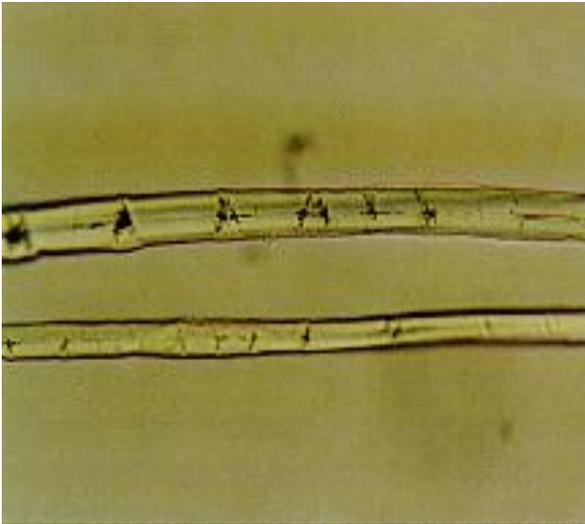


▶ END – USES

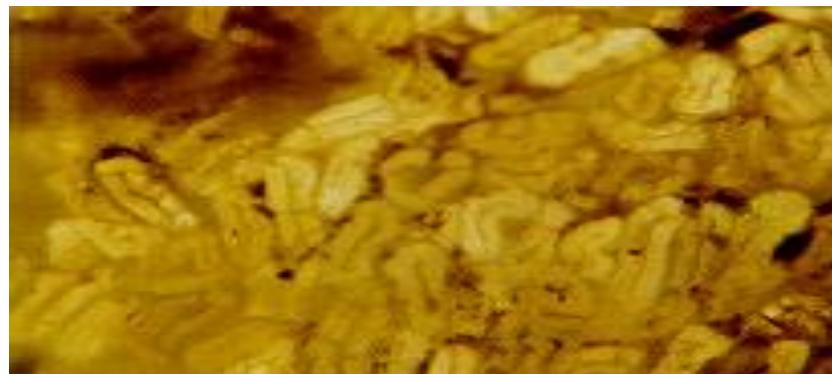
High grade cotton is usually woven into fine fabric for making shirts, handkerchiefs, sewing threads and hosiery. Medium grade cotton is used for ordinary products such as sheeting, towels, shirting material, and knitted goods. Low quality cotton is made into coarse yarn and thick fabric, e.g., trousers, wrapping cloth and rugs. Cotton is also blended with a variety of fibers such as polyester, wool and silk.

Flax is a vegetable bast fiber and is the raw material for producing linen goods. The major producing countries of flax are Russia and other eastern European countries; other producing countries are China, India, Japan, South Africa and some parts of the United States.

► MICROSCOPIC PROPERTIES



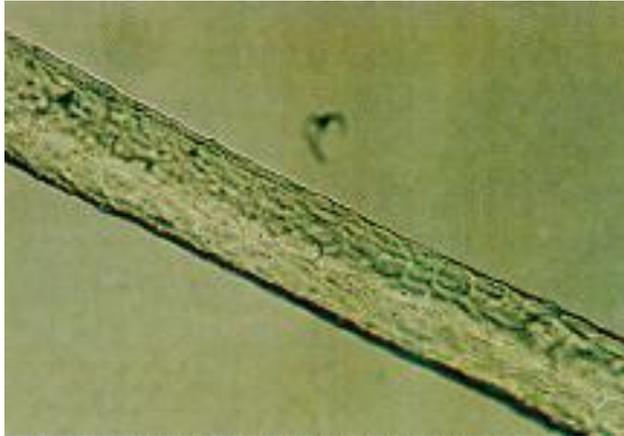
▶ MICROSCOPIC PROPERTIES



▶ END-USES

Ramie is used in a wide variety of apparel items including sweaters, shirts, blouses, and suitings. It is often blended with other fibers particularly with cotton. Other common end-uses include table linens, ropes, twines, nets and industrial goods.

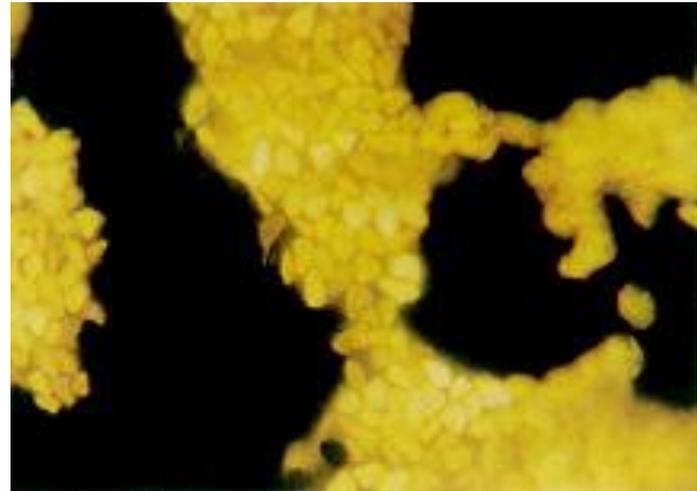
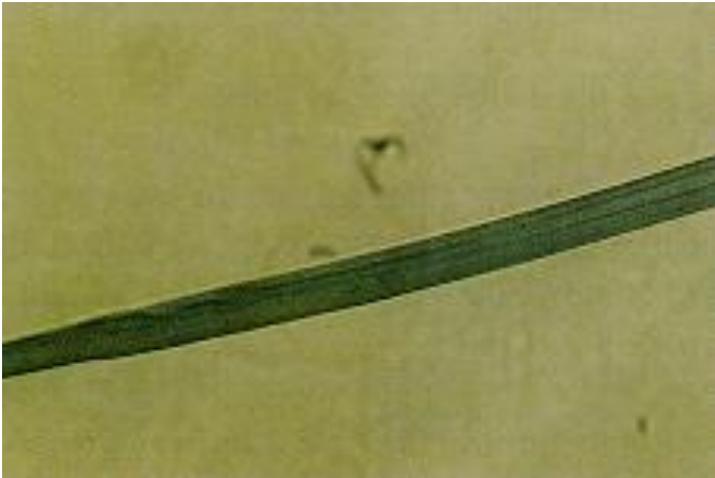
▶ MICROSCOPIC PROPERTIES



▶ END-USES

Wool is widely used because of its outstanding properties – being naturally crease-resistant, flexible, elastic, absorbent, warm, and comfortable. Fine Merino wool is combed and woven into worsted fabric which is used for making men's suits, coats, trousers and other tailored garments. Worsted fabric can be thick (heavy-weight) or thin (light-weight). Woolen yarns which are cheaper are generally manufactured into jumpers, sweaters, pullovers and other similar garments.

▶ MICROSCOPIC PROPERTIES



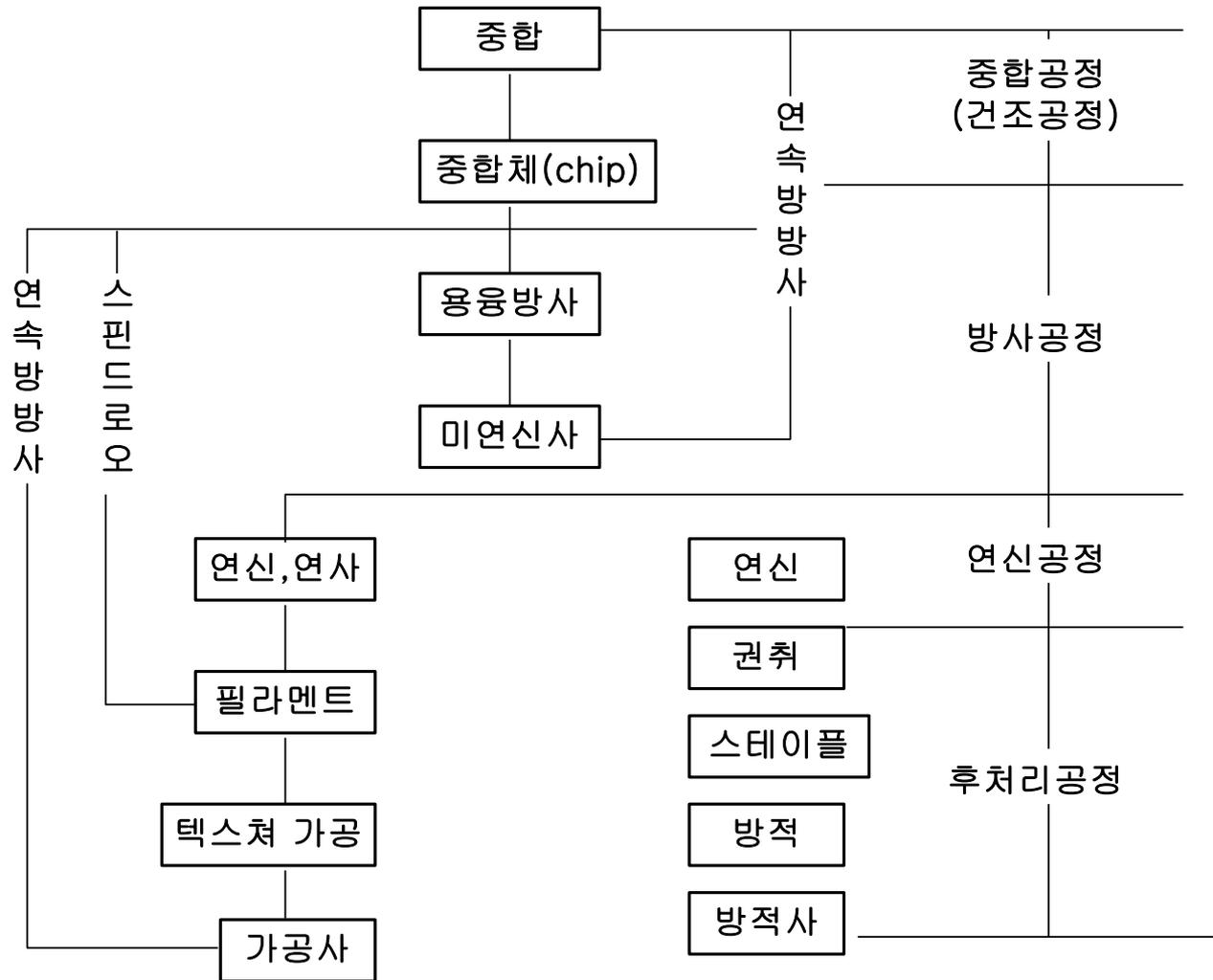
▶ END-USES

Silk has a high aesthetic appearance combined with several favorable properties; it is primarily used for luxury fabrics, high-fashion items, accessories and furnishings.

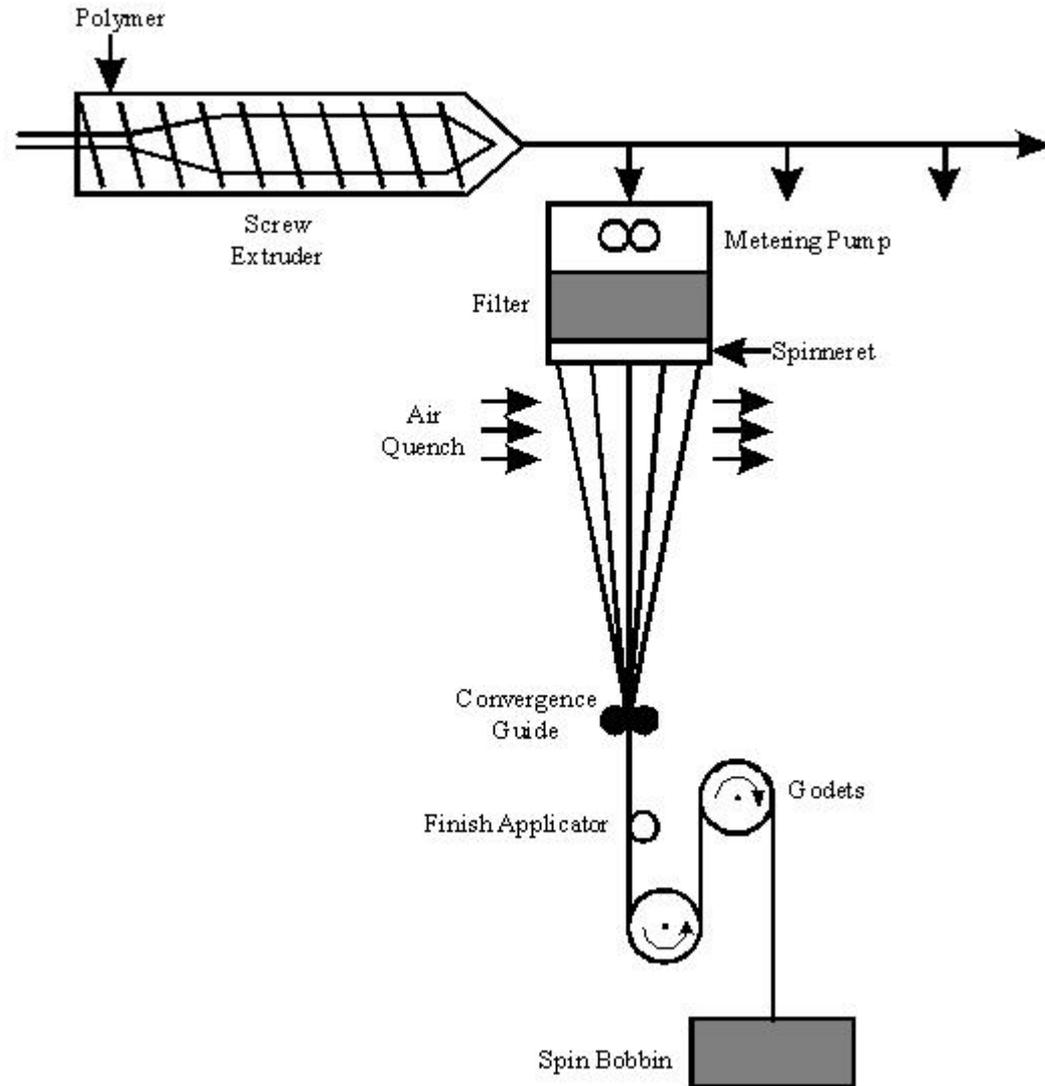
용융, 건식, 습식방사법의 특징

방사법	용융방사	건식방사	습식방사
방사원액의 상태	용융액	용액	용액 또는 변성체용액
원액의 점도 (poise)	1,000~10,000	200~4,000	20~2,000
방사구 크기(mm)	0.1~0.8	0.02~0.2	0.01~0.1
고화매체	냉각 공기	가열 공기	응고액
고화기구	냉각	용매의 증발	탈용매 또는 반응을 동반한 탈용매
일반적 특징 권취속도 방사구수 용매회수	대 소~중 불필요	중 소~중 필요	소 소~대 필요
대표적 예	PET, 나일론6 나일론 66 폴리프로필렌	아세테이트 스판덱스 아크릴 일부	비닐론(스테이플) 비스코오스레이온 구리암모늄레이온 아크릴(대부분)

스테인플과 필라멘트사의 제조와 후가공 공정



Melt spinning



용융방사는 용매 회수공정을 사용하지 않아 가장 경제적인 섬유제조방법으로 열적으로 안정한 용융체를 형성할 수 있고 수분에 민감한 고분자의 섬유화에 주로 이용

□ 수지의 건조 및 혼합공정

고분자의 중합물은 중합반응이 끝난 후 회수하여 칩(**chip, pallet**)으로 만들고, 2차 전이온도와 용융온도 사이에서 건조(건조공정은 중합물의 용융시 가수분해에 의한 분자량 저하와 미세기공 형성에 의한 물성저하를 방지하기 위함)

□ 수지의 용융 및 토출공정

압출기에 **chip**을 넣고 고분자의 용점이상으로 가열하여 용융된 고분자는 **spin beam**내의 여러 분기관에서 나뉘져 계량펌프에서 정량토출이 이루어지고 **spin pack**내의 여러개의 분배판(**distributor**)을 거치면서 고분자의 흐름이 균일해지고 용융된 고분자는 **nozzle**을 통과하면서 섬유형상을 갖음.

- 이물질 제거 공정

- **Nozzle**의 정밀도에 따라 섬유의 균제도 차이가 있음

- 균일한 방사온도 유지 **system**의 구비가 필수 : 전기히터나 다우섬(**Dowtherm**) 과 같은 열매체를 사용
- 최적의 온도와 습도하에서 냉각 고화되고 **godet roller**를 거치면서 미연신사 또는 연신사 형태로 제조하여 권취(**winder**)함

□ 유제 도포 및 권취공정

- 미연신사의 권취시 안정성과 연신, 가연 등의 후처리 공정에서 실의 취급이 용이 하도록 권취 직전에 필라멘트사에 유제를 도포
- 유제는 주로 평활제, 유화제, 대전방지제, 집속조제 등을 조합시킨 수성유화계를 사용하나 비수계(非水系)를 사용하기도 함
- 유제 도포할 때는 유제공급장치와 실과의 접촉저항을 가능한 줄이고 균일하게 유제를 부착
- 권취방법 : **filament**는 지관에 권취, 스테이플의 경우는 일정한 길이로 절단하여 **bail**포장

□ 연신공정

- 최근공정은 방사공정과 연신공정이 일원화된 스피ن-드로우(**spin-draw**) 방식을 많이 채용
- 방사와 연신공정을 일원화하여 별도의 독립된 공정에서 처리(필라멘트의 경우 미연신사는 습도가 일정한 방에서 일정시간 방치하여 흡수도를 조절한 후 연신기에 공급)
- 연신기구성 : 미연신사를 일정하게 안정적으로 송출하는 공급롤러와 핀(**pin**) 또는 롤러를 사용하는 연신고정장치, 가열판 및 권취롤러, 최종적으로 실에 꼬임을 주면서 편(**pirn**)에 권취하는 스피들(**spindle**)로 이루어져 있음.

□ 열고정, 권축가공 및 절단공정

▪ Filament 제조

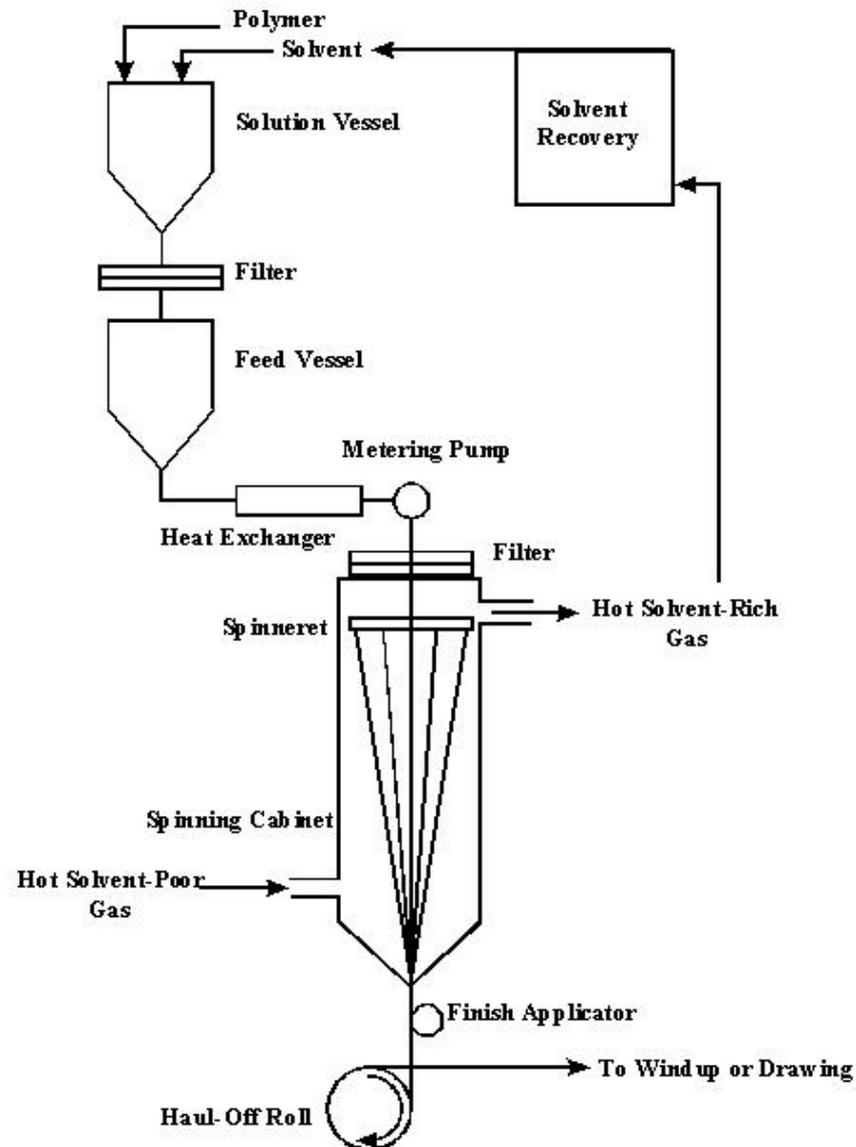
- 필라멘트나 스테이플은 치수안정성의 향상을 위해 연신 후 열고정공정이나 건조공정을 거침
- 필라멘트는 실의 벌키성(bulkiness)을 높이기 위해 가연(假撚)방법에 의해 권축가공을 실시

- 최근에는 3,000m/분 이상의 속도로 방사하여 생산된 부분배향사(partly oriented yarn : POY)를 사용하여 연신과 가연을 동시에 행하는 연신-가연(draw-texturing)법이 가연사 제조의 주류
- 카펫 등의 특수분야에 사용되는 실의 제조에는 방사-연신-권축(대부분 공기 분사 압출식)을 연속적으로 행하는 방식도 채용되기 시작.

▪ Staple fiber 제조

- 스테이플 생산공정은 필라멘트에 비해 훨씬 단순
- 권축(crimp), 절단, 포장(bale)까지 연신에 직결처리
(권축가공은 기계적인 stuffing box 방법을 주로 사용)
(스테이플의 열처리는 주로 권축(crimp)을 고정하기 위함인데 crimp를 부여한 후 컨베이어로 자동이송하면서 일정온도로 건조한 후 일정 길이로 절단한 후 bail포장

Dry spinning



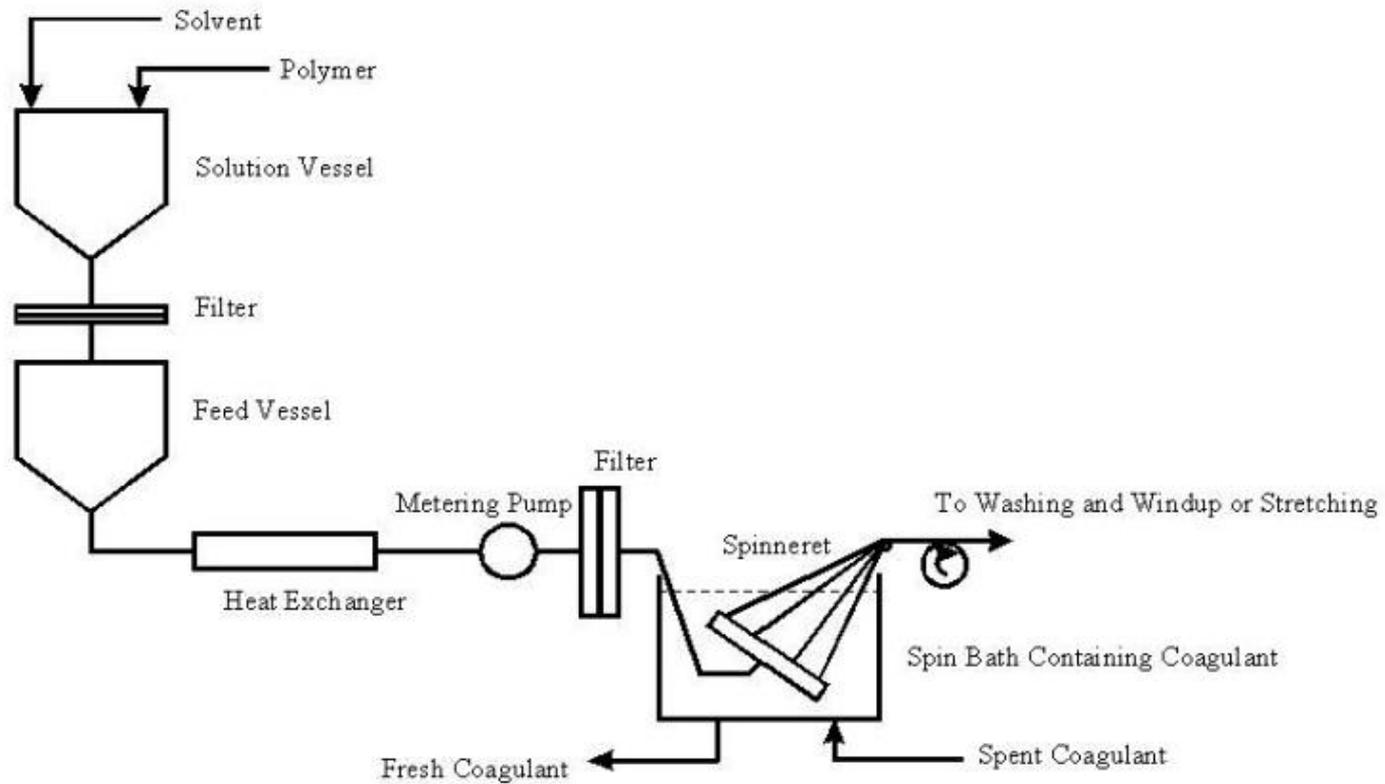
- 고분자의 고화과정에서 가열에 의한 열전달과 용매휘발에 의한 물질전달이 동시에 일어나는 방사공정
- 용매로는 휘발성이 크고 증발잠열이 작은 아세톤, 테트라히드로퓨란, 저급 알코올 등이 유리
- 건조기체로는 공기, 비활성기체, 초가열된 증기 등이 사용.
 - 방사 전 원액의 온도를 용매의 비점보다 약간 더 높게 가열한다. 용매휘발용 기체는 통산 사조에 대하여 역류하도록 되어 있으나 스판덱스의 경우는 순류가 섬유유 의 균제도 향상에 도움
 - 권취속도는 1,000m/분 이하이나 최근의 스판덱스는 1,500m/분 이상에서 생산가능한 기술이 개발됨
 - 권취 및 연신 이후의 공정은 제품의 형태(필라멘트, 스테이플 또는 토우)에 따라 다르나, 용융방사나 습식방사와 거의 동일.

□ 고분자의 용해 및 방사

- 고분자는 비슷한 용해도 파라미터를 갖는 용매에 잘 용해
- 고분자용액의 농도는 예사성을 고려하여 적정 농도로 조절하여 용해시킨 후 여과하고 탈포한 후 방사
- 건식방사공정은 방사구를 통한 토출, 토출사의 건조, 그리고 섬유의 권취의 3가지 기본공정으로 구성(이들 공정 중 건식방사 특유의 공정은 토출사의 건조공정이며 다른 공정은 공통된 기술임)
- 용매건조를 위한 열풍으로서는 가열공기를 이용하는 것이 일반적이나 연소폐가스를 써서 용매증기의 폭발위험성을 감소시킨 방법,
- 용매를 비점 이상으로 가열한 것을 사용하여 용매회수공정을 간략화시킨 방법이 있음

- 열풍의 방향은 순풍 또는 역풍이나 중요한 것은 방사구 부근에서는 토출된 직후의 액류가 요동하지 않도록 기류를 조절해야 하고 기류의 온도가 풍속을 균일하게 해야 하며,
- 고분자가 고화된 후에는 섬유에 빨리 열을 전달하여 용매건조를 촉진시킬 필요가 있으므로 기류는 난류상태가 되는 것이 바람직하다.
(통상 방사통 내에 와류 발생장치가 설치되어 있으며, 가연성 용매를 사용하는 건식방사에서는 건조기류 중의 용매증기농도가 폭발농도의 하한점 이하로 유지되도록 열풍의 열량을 조절해야 된다).

Wet spinning



- 습식방사는 고분자 물질이 안정된 점성용융체를 형성하지 않으나 용융이나 건식방사가 안되는 고분자가 용매에 용해되는 고분자물질인 경우 섬유화에 유용
- 응고액은 고분자용매와 혼화성이 있는 비용매를 사용하며, 응고액 중에서 겔화되어 섬유화가 진행된다.
- 권취속도는 응고액과의 마찰저항 때문에 제한이 있으나 방사구를 촘촘히 뚫을 수 있어 많은 수의 섬유를 동시에 제조하는 스테이플섬유나 토우의 제조에 적합하다.
- 그러나 습식방사로 필라멘트 제조시에는 공정유지의 어려움으로 생산성을 올리기 어려운 단점이 있다.

□ 응고액에서의 응고현상

- 습식방사에서 사조가 응고액 중으로 토출되면 사조로부터 용매가 응고액쪽으로 확산되고 응고액 중에 비용매가 사조 내부로 침투하여 응고가 일어난다.
고분자(P)-용매(S)-비용매(N)로 이루어지는 3성분계의 phase diagram에서 거동을 예측하여 방사를 진행한다.

□ 방사조건과 섬유의 구조 및 물성 간의 관계

- 습식방사에서는 열이동은 없으나 물질이동, 상변화, 겔화, 화학반응 등의 복잡한 형상이 동반되므로 방사조건이 섬유의 단면구조, 피브릴구조 및 이에 따른 섬유의 물성에 큰 영향을 미친다.

- 고분자 농후용액의 겔화

겔화는 유동성의 점성액체가 탄성의 고체로 변하는 것으로 균일한 겔을 다량의 비용매로 처리하면 겔이 수축하면서 용매를 축출하게 되며, 겔화가 되기 전의 고분자 농후용액을 비용매로 처리하면 미세기공이 있는 취약하고 불투명 겔이 생성된다. (습식방사에서 균일한 구조와 양호한 물리적 성질을 갖는 섬유를 얻기 위해서는 응고액으로 압출되기 전에 원액을 겔화시킬 필요가 있다).

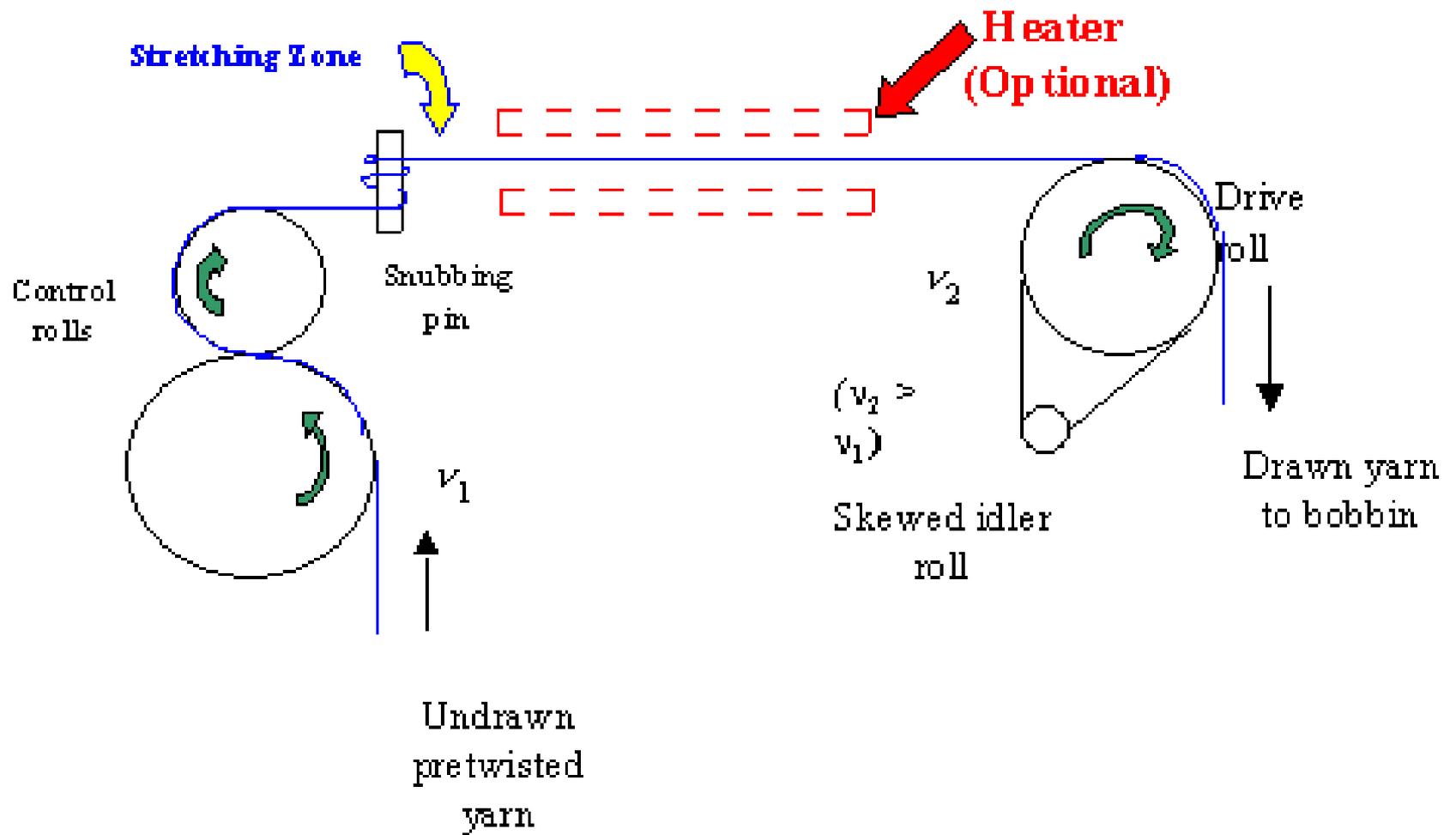
- 응고과정에서의 거시구조 형성

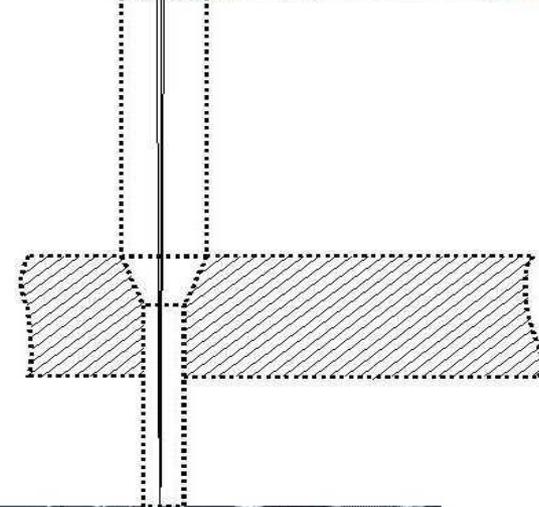
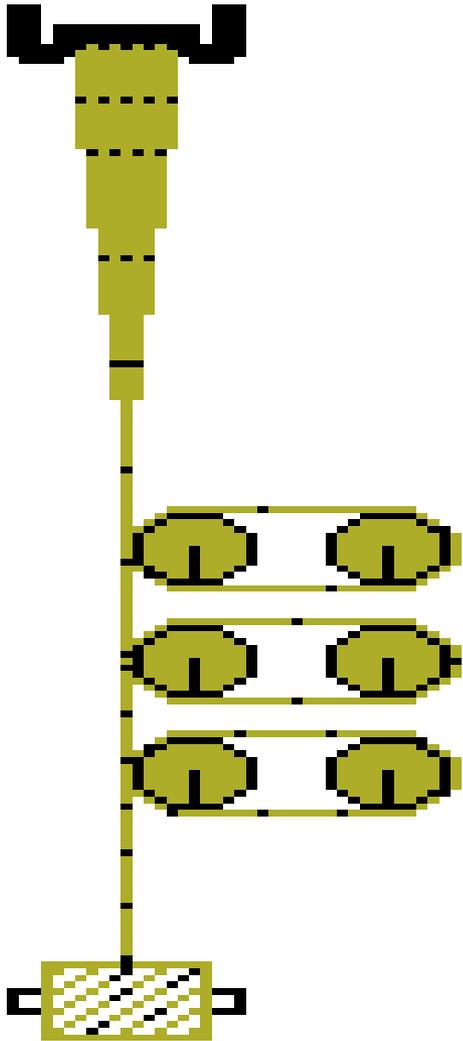
- a. 섬유의 단면현상은 섬유의 광택, 저분자에 대한 흡착성, 섬유의 역학적 성질 등에 영향을 미치는 중요한 거시적 구조의 특징이다. 용매와 비용매의 유속비가 1보다 작고 표면층이 부드러운 경우에 섬유의 단면은 단면적이 큰 원형을 취하고, 유속비가 1보다 크고, 표면층이 변형되기 쉬운 경우에는 단면적이 작은 원형의 단면을 취하는 반면에, 표면층이 변형되기 어려운 경우에는 아령모양의 단면을 갖게 된다.
- b. 일반적으로 응고액의 온도, 원액농도, 응고액 중의 용매성분의 농도가 높으면 단면이 원형에 가까운 섬유가 얻어진다. 유속비가 1에 가깝고 원형단면을 갖는 섬유에는 기공(void)이나 모세관이 많이 생기는데 특히 응고속도가 빠를수록 많이 생성된다. 기공, 모세관의 생성은 응고속도를 감소시키거나 겔화를 촉진시켜 줌으로써 방지할 수 있다.

□ 습식방사의 가장 큰 특징은 섬유의 반경방향으로 구조가 변한다는 것이다.

습식방사로 얻어진 섬유는 바깥층, 스킨(skin), 코어(core)의 구조가 다른 3개의 층을 가지고 있다. 스킨층은 치밀하고 균일하며 염료흡수성과 역학적 특성이 양호하나 코어층은 구조가 거칠고 염료흡수성도 나쁘다. 습식방사의 경우 연신이나 열처리에 의해서 분자배향이나 결정화도가 변하여 물성이 변하지만 단면의 구조, 미세구조의 변화에 의한 물성변화에 비하면 부수적인 문제에 불과하다.

FIBER-DRAWING

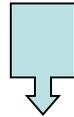




Manufacturing Process of PET

TPA+EG or DMT+EG :

Melt Polymerization



Poly(Ethylene Terephthalate)

(IV ; 0.65)

Solid State Polymerization

(IV ; 1.0)

Melt Spinning

Drawing

High Drawability
High Orientation
High degree of Crystallization

PET Yarn

Diagram of Facility of 1-Step Process

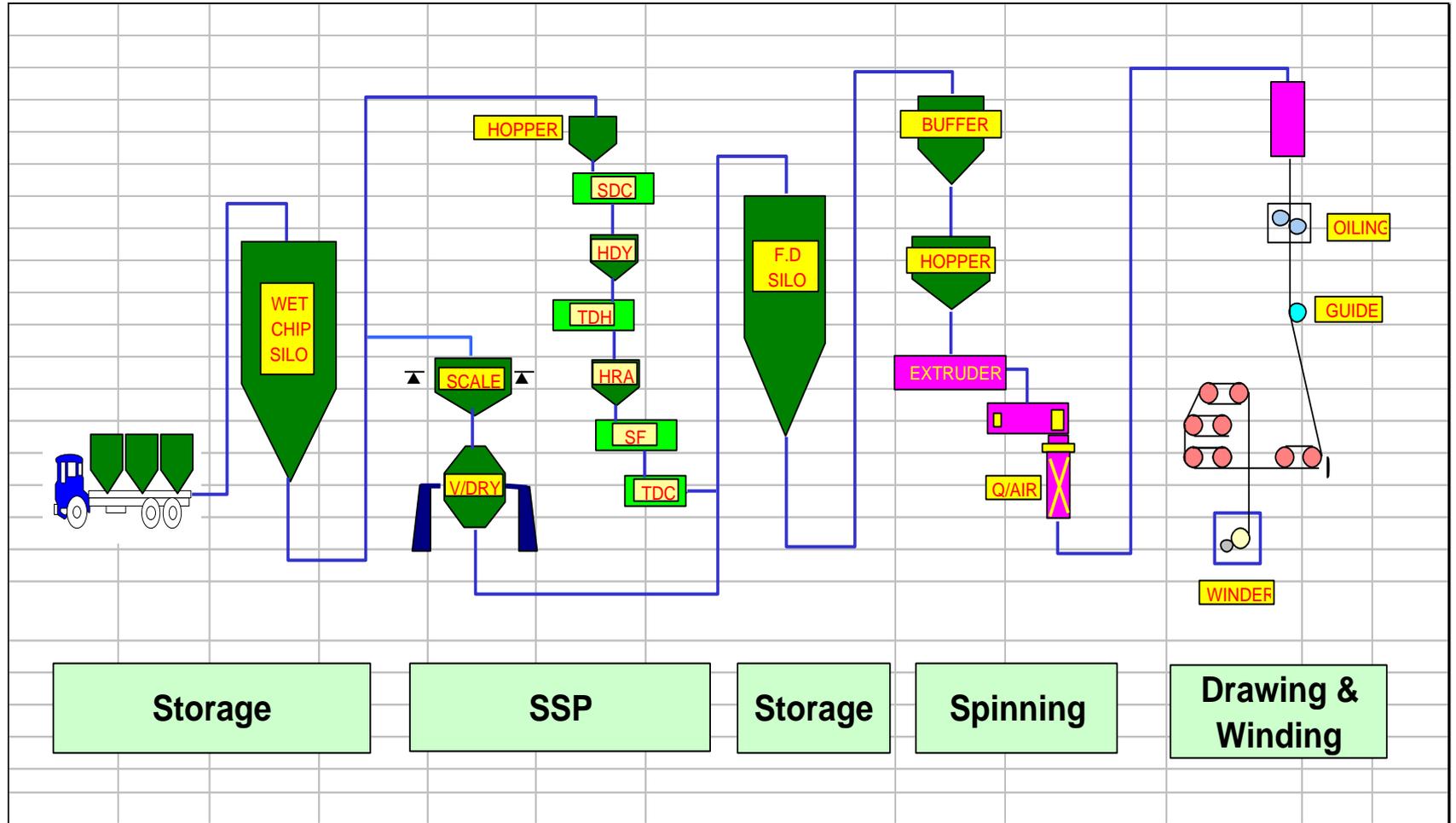
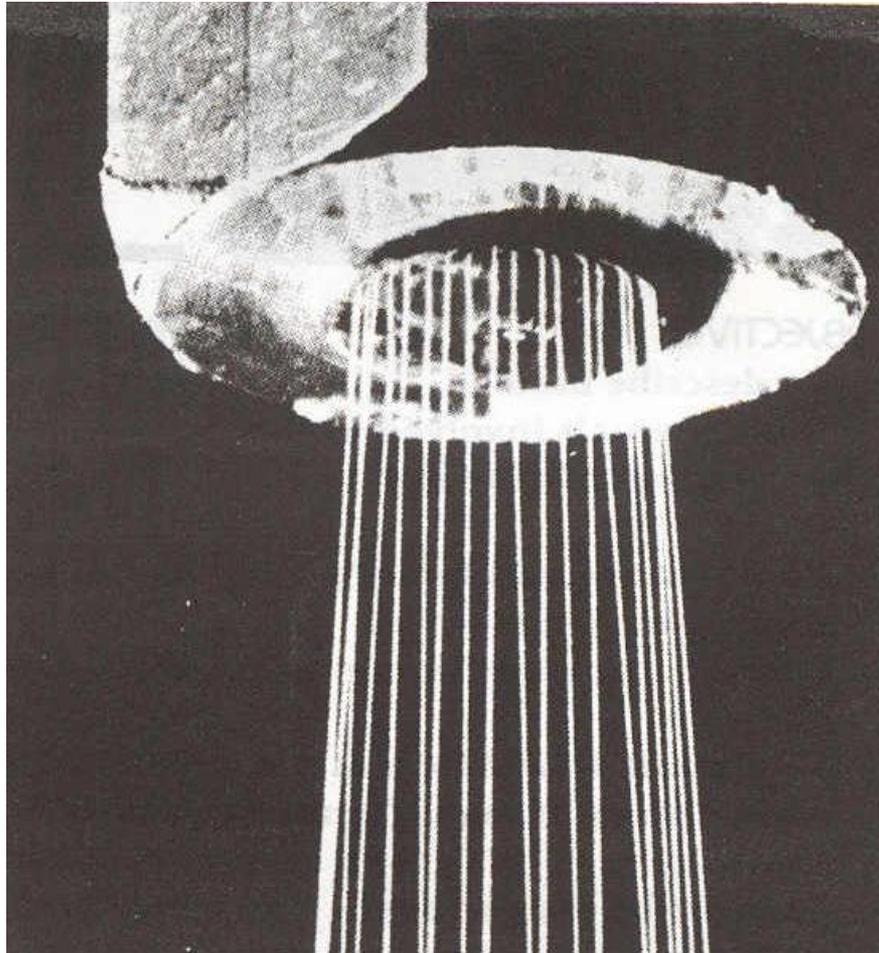


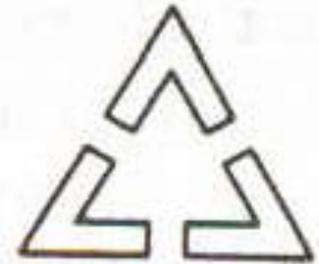
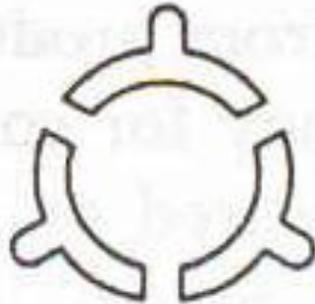
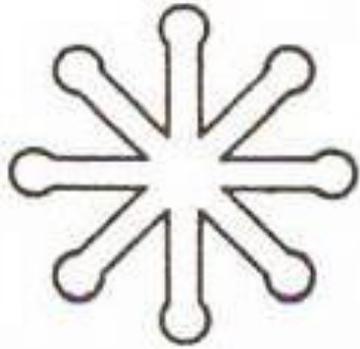
Diagram of Facility of 2-Step Drawing Process

Part	연신사 Winding		Heat Setting Zone		2nd Drawing Zone			1st Drawing Zone		UDY해사부		
	Yarn	After	Trio									
설비명칭	Winder	Break	Oiling	Stand	#4 Hot Oven	#3 Hot Oven	#3 Draw Stand	#2 Hot Oven	#1 Hot Oven	#2 Draw Stand	#1 Draw Stand	Creel Stand
	Dete'	Device										
Diagram												

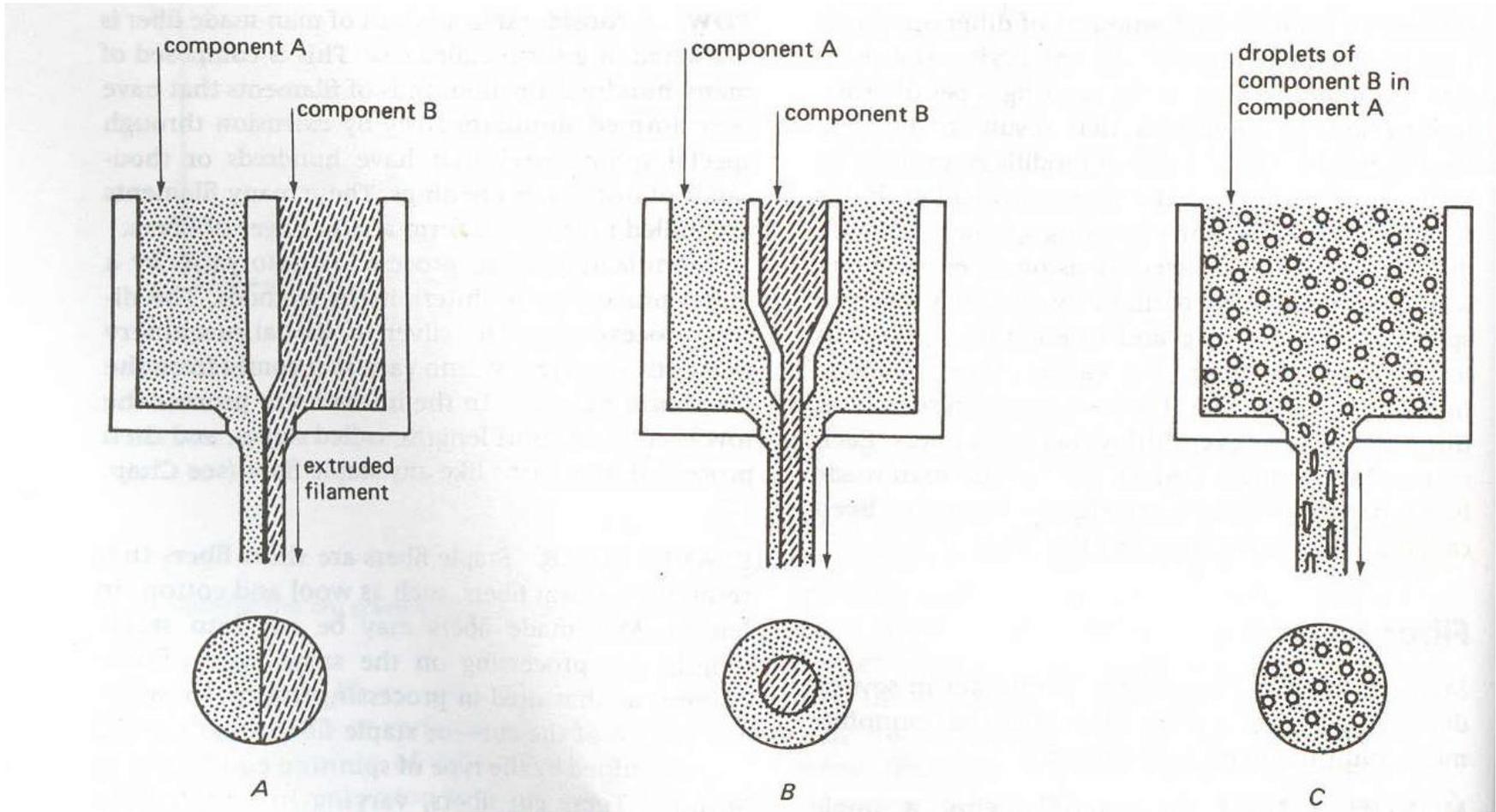
Multi Filament 방사



이형 단면 방사구금



Bicomponent Fiber



Non-woven Fabric

Fabric made directly from fibres which are held together by bonding agents or by some other bonding method. There are many types of fibres which can be used to produce non-woven fabric such as cellulosic fibre (e.g., cotton), animal fibre (e.g., wool) and synthetic fibre (e.g., rayon, acetate, nylon, polyester, acrylic).

Nonwoven fabrics

Non-woven fabric is made by bonding or felting:

1. Bonded-fiber fabrics are made from webs of [synthetic](#) fibers bonded together with heat or adhesives. They are cheap to produce, but not as strong as woven or knitted fabrics. Bonded-fiber fabrics are mainly used for [interlining](#). They are easy to sew, crease-resistant, do not fray and are stable to washing and dry-cleaning.
2. Wool felt is a non-woven fabric made from animal hair or wool fibers matted together using moisture, heat and pressure. Felt has no strength, [drape](#) or elasticity but is warm and does not fray. Wool felt is expensive. It is used for hats and slippers and in handcrafts.

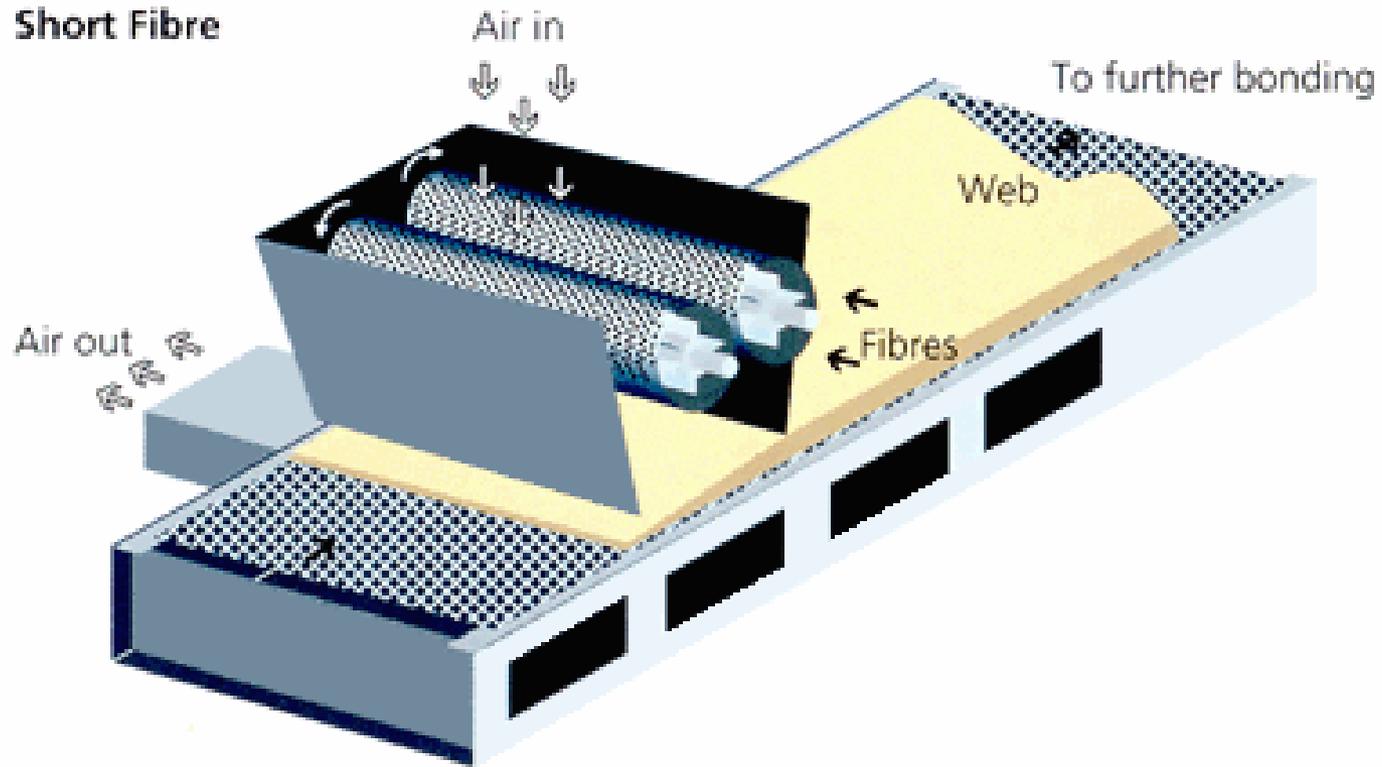
Nonwoven fabrics

The fiber content, fabric construction and finishing processes determine the fabric's [aesthetic](#), [functional](#) and comfort properties.

Aesthetic properties	Functional properties	Comfort properties
Handle Drape Color Appearance	Strength Durability Crease-resistance Flame-resistance Stain-resistance Water-resistance Aftercare Cost	Absorbency Breathability Elasticity Softness Stretch Warmth

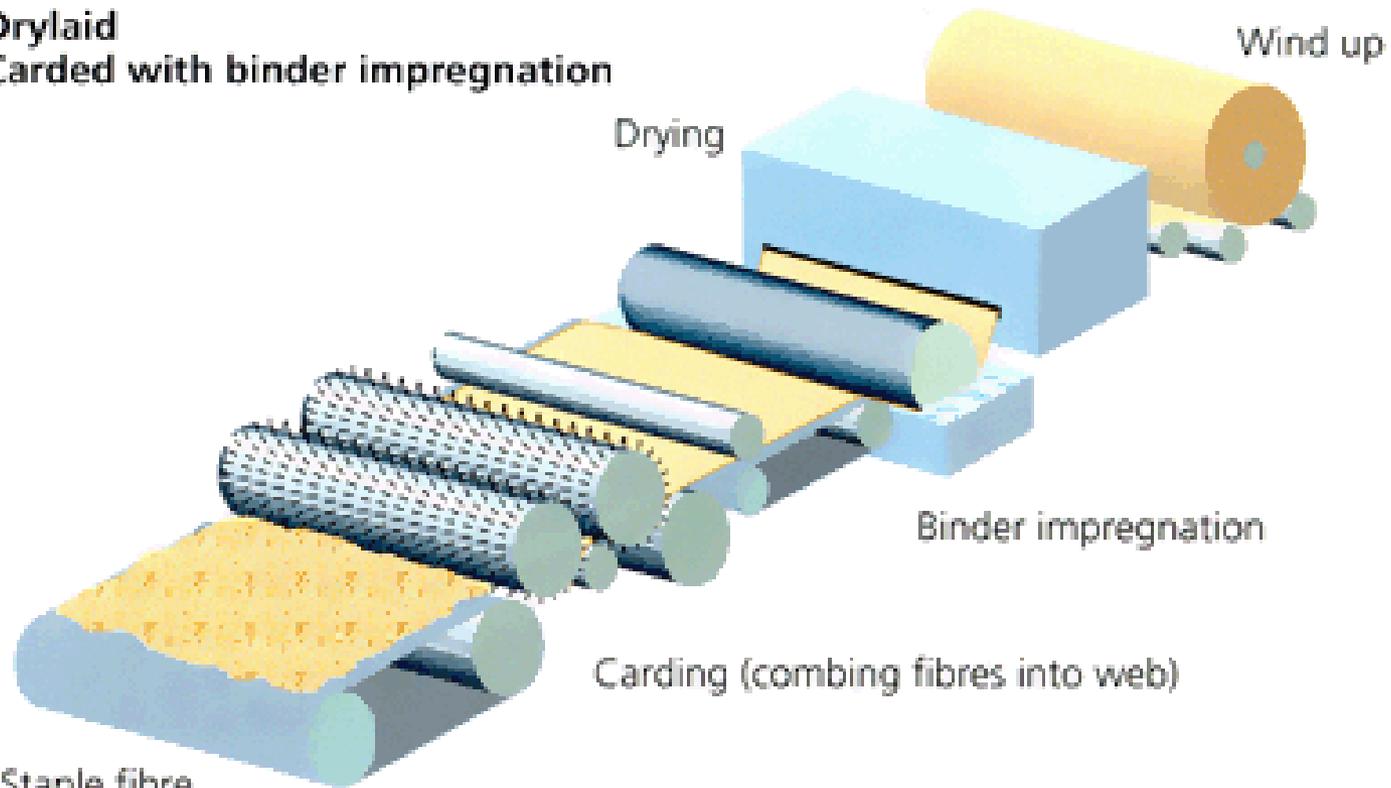
웹형성

Airlaid
Short Fibre



Moving wire mesh

Drylaid
Carded with binder impregnation



Staple fibre
from bale opener or blender

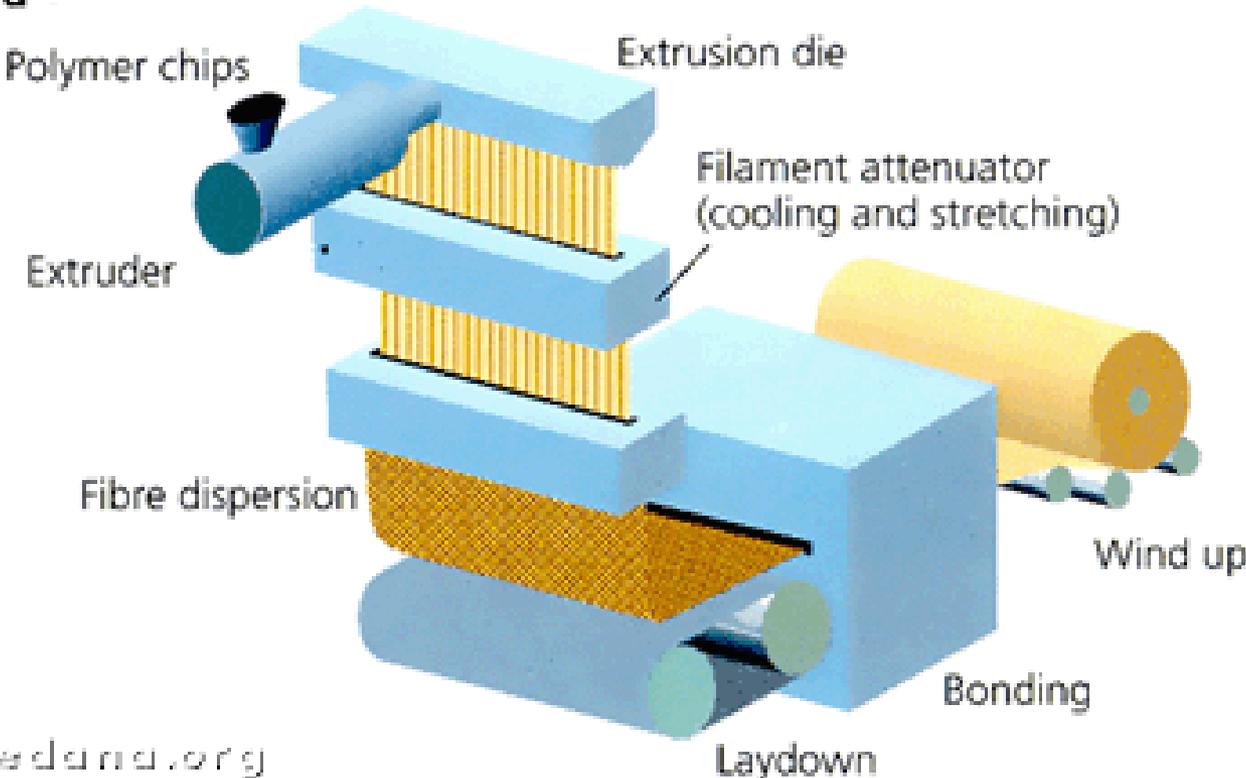
Carding (combing fibres into web)

Binder impregnation

Drying

Wind up

Spunlaid



Wetlaid

Fibre and water slurry

Binder
impregnation

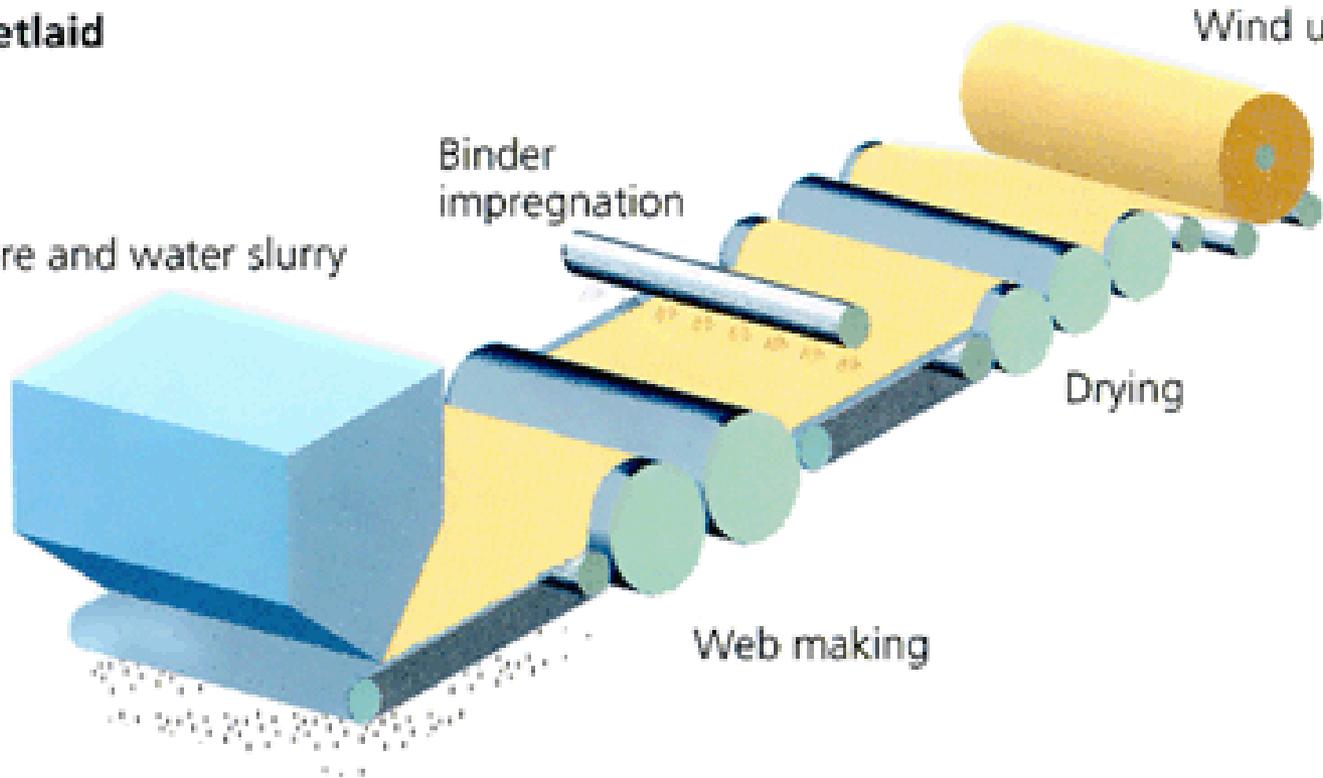
Drying

Web making

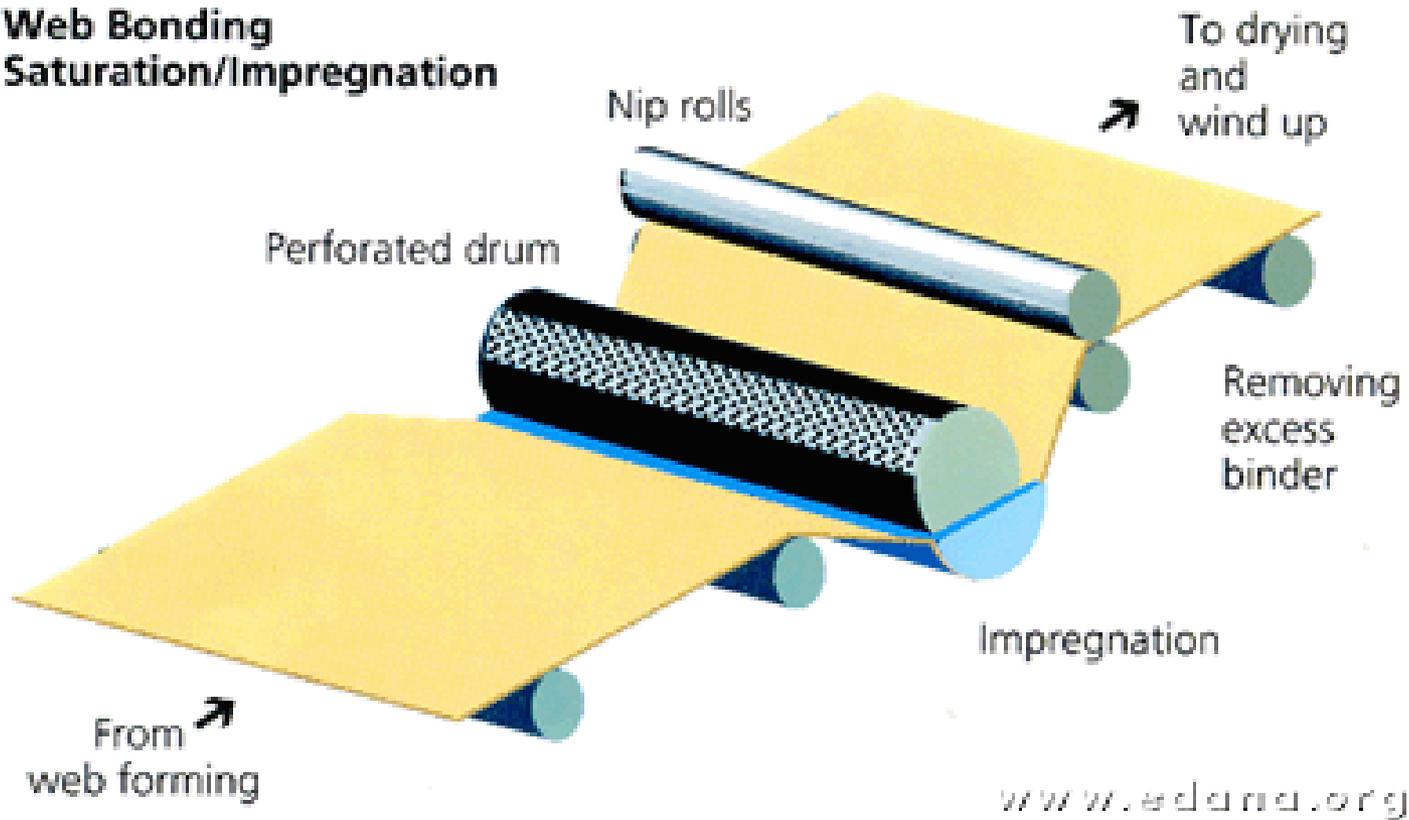
Wind up

Extracted water

www.edana.org



Web Bonding Saturation/Impregnation



Web Bonding Calendering

