একক ১ □ বস্ত্র তন্তুর সংক্ষিপ্ত পরিচয়

গঠন

১.০ ভূমিকা

১.১ তন্তুর শ্রেণীবিভাগ

১.২ তুলা **(Cotton)**

১.২.১ তুলা তন্তুর ধর্ম

১.৩ ছাল তন্তু **(Bast Fibres)**

১.৩.১ পাট **(Jute)**

১.৩.২ লিনেন বা ফ্লাক্স **(Flax)**

১.৩.৩ শন **(Hemp)**

১.৩.৪ চীনা ঘাস বা রেমি **(Ramie)**

১.৪ উদ্ভিদ্‌জাত তন্তুর অবিশুদ্ধি **(Impurities)**

১.৫ ভিসকোজ রেয়ন **(Viscose Rayon)**

১.৬ অ্যাসিটেট রেয়ন **(Acetate Rayon)**

১.৭ প্রাণিজাত তন্তু **(Animal Fibre)**

১.৭.১ পশম **(Wool)**

১.৭.২ রেশম বা সিল্ক **(Silk)**

১.৮ সংশ্লেষিত তন্তু **(Synthetic Fibre)**

১.৮.১ নাইলন

১.৮.২ পলিয়েস্টার

১.৮.৩ পলি অ্যাক্রাইলিক বা অ্যাক্রাইলিক তন্তু

১.৯ তন্তুর সনাক্তকরণ পরীক্ষা

১.৯.১ অনুবীক্ষণ যন্ত্রে পরীক্ষা

১.৯.২ দ্রবণীয়তা পরীক্ষা

১.৯.৩ দহন পরীক্ষা

১.০ ভূমিকা

বস্ত্র তন্তু (Textile fibre) এক বিশেষ শ্রেণীর পদার্থ যা ব্যবহার করে সুতা (Yarn) এবং বস্ত্র (Cloth or Fabric) উৎপাদন করা যায়। এই সকল তন্তুর কিছু বিশেষ গুণ যেমন টান-প্রতিরোধ ক্ষমতা (Tensile strength),

নমনীয়তা (Flexibility), স্থিতিস্থাপকতা (Elasticity) অভিন্ন সূক্ষ্মতা (Uniform fineness) এবং দৈর্ঘ্য প্রস্থচ্ছেদের অনুপাত উল্লেখযোগ্যভাবে বেশী থাকা প্রয়োজন। তন্তুগুলি বস্ত্রের উৎপাদনকালে বা বস্ত্রের ব্যবহারকালে সহজে ছিন্ন হয় না; রৌদ্র, আবহাওয়া, তাপ এবং রাসায়নিক পদার্থের সংস্পর্শে সহজে নষ্ট হয় না। তন্তুর প্রকারভেদে উৎপাদিত বস্ত্রের শতকরা ৫ থেকে ৫০ ভাগ বা প্রসারণ সম্ভব।

দৈর্ঘ্য অনুযায়ী বস্ত্র তন্তুকে দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। স্বল্প দৈর্ঘ্যের তন্তুকে (যেমন তুলা) স্টেপল (Staple fibre) এবং অতি দীর্ঘ বা অবিচ্ছিন্ন তন্তুকে (যেমন রেশম) ফিলামেন্ট্ (Filament) বলে। তন্তু থেকে নির্দিষ্ট সূক্ষ্মতার অবিচ্ছিন্ন সুতা তৈয়ারী করা হয় এবং সুতা থেকে বয়ন (Weaving) বা বুনন (Knitting) যন্ত্রের সাহায্যে বস্ত্র উৎপাদিত হয়। তবে তন্তু থেকে সুতা তৈয়ারী না করেও সরাসরি বস্ত্র উৎপাদন করা সম্ভব এবং এই প্রকার বস্ত্রকে নন্-উভেন (Non-woven) বলা হয়।

অজস্র ধরনের তন্তু পাওয়া যায়, তবে সব তন্তুই বস্ত্র উৎপাদনের উপযোগী নয়। স্বাভাবিক ভাবে প্রশ্ন উঠতে পারে, বস্ত্র তন্তুর কি কি বিশেষ বৈশিষ্ট্য থাকা প্রয়োজন? তন্তুসমূহের ধর্মের যেমন টান-প্রতিরোধক্ষমতা, স্থিতিস্থাপকতা, আর্দ্রতা-তাপ ও রঙ ধারণক্ষমতা, রাসায়নিক প্রতিরোধক্ষমতা ইত্যাদির এত পার্থক্য হয় কেন? এই সকল প্রশ্নের যথাযথ উত্তর পেতে তন্তু সম্বন্ধে বিস্তারিত চর্চার প্রয়োজন।

প্রাচীনকাল থেকেই প্রাকৃতিক তন্তু দ্বারা বস্ত্র উৎপাদিত হচ্ছে। তবে সমস্ত প্রাকৃতিক তন্তুই এই কাজের উপযুক্ত নয়। কিছু তন্তু যথেষ্ট লম্বা নয়, কিছু অনমনীয়, আবার কিছু তন্তু যথেষ্ট শক্তপোক্ত নয়। ব্যবহারযোগ্য প্রাকৃতিক তন্তুগুলির ধর্ম প্রাণীর বা উদ্ভিদের প্রজাতি, উৎপাদনকালে ব্যবহৃত মৃত্তিকা, খাদ্য এবং পরিবেশের উপর নির্ভরশীল।

প্রাকৃতিক-তন্তুর ধর্ম এবং অপবস্তুর বা অবিশুদ্ধির (Impurities) প্রকার ও পরিমাণ তন্তুর উৎসের উপর নির্ভরশীল বলে এদের প্রস্তুতি প্রক্রিয়া সমূহ বিশেষভাবে নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন। সংশ্লেষিত (Synthetic fibres) তন্তুসমূহ কারখানায় উৎপাদিত হয় বলে ঐ সকল তন্তুর ধর্ম কম পরিবর্তনশীল এবং প্রাকৃতিক পরিবেশের উপর নির্ভর করে না। তবে উৎপাদনকালীন পরিস্থিতির (Production conditions) নিয়ন্ত্রণ বিশেষ প্রয়োজন; যেমন প্রস্তুতকালে প্রসারণবল (Tension) অভিন্ন না হলে তন্তুর রঙ ধারণ ক্ষমতা ইত্যাদি ধর্মের যথেষ্ট পার্থক্য হয়। তবে সাধারণভাবে সংশ্লেষিত তন্তুর প্রস্তুতি প্রক্রিয়াসমূহ যথেষ্ট সহজ এবং কম সময়ে সম্পন্ন হয়।

সকল বস্ত্র তন্তুই এক বিশেষ শ্রেণীর বহুলক বা পলিমার (Polymer)। বহুলক বলতে আমরা বুঝি অনেকগুলি একলককে (Monomer) একাদিক্রমে সংযুক্ত করে গঠিত বৃহৎ অণুবিশিষ্ট যৌগ। যে বিশেষ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এই অতি দীর্ঘ আণবিক শৃঙ্খল (Molecular chain) গঠিত হয় তাকে বহুলীভবন, বহু সংযোগ বিক্রিয়া বা পলিমারাইজেশন (Polymerisation) বলে। একটি পলিমারের অবিভক্ত অণুতে যত সংখ্যক সরল অণু বা একলক থাকে সেই সংখ্যাকে ডিগ্রী অফ্ পলিমারাইজেশন (Degree of polymerisation) বলে। উদাহরণস্বরূপ, তুলা এবং ভিসকোজ রেয়নের ডিগ্রী অফ্ পলিমারাইজেশন যথাক্রমে ৫০০০ এবং ৭৫০ (মোটামুটি হিসাব; ধ্রুব সংখ্যা নয়)। অর্থাৎ তন্তুর এক একটি অণু গড়পড়তা ঐ সংখ্যক সেলুবোইওস্ (celluboise) একলক দ্বারা গঠিত বহুলক। তন্তু

সমূহ এক বিশেষ ধরনের বহুলক যাদের কিছু বিশেষ রাসায়নিক এবং ভৌত বৈশিষ্ট্য আছে। বহুলক তিন প্রকারের। যেমন—

১ নং মনোমার : □

(১) সমবহুলক (Homopolymer) : একটিমাত্র একলক পুনঃপুনঃ শৃঙ্খলিত হয়ে এই বহুলক গঠিত হয়।

২ নং মনোমার : ○

(২) সহ-বহুলক (Compolymer) : একাধিক একলক পরস্পর শৃঙ্খলিত হয়ে এই বহুলক গঠিত হয়।

৩ নং মনোমার : Δ

(৩) শাখায়িত বহুলক (Grafted or Branched polymer) : এই জাতীয় বহুলকে অতিরিক্ত একলক মূল বহুলক অণুর সঙ্গে বহির্গত শাখা হিসাবে যুক্ত থাকে।

–□–□–□–□–□–□
–▽–▽–▽–▽–▽–▽
–○–○–○–○–○–○
সহ বহুলকের সাংকেতিক গঠন

–□–□–○–○–▽–▽–
–□–□–▽–▽–□–□–
সম বহুলকের সাংকেতিক গঠন

শাখায়িত বহুলকের সাংকেতিক গঠন

চিত্র ১.১ : বিভিন্ন প্রকার বহুলকের সাংকেতিক গঠন

১.১ চিত্রে উপরোক্ত তিনপ্রকার বহুলকের রাসায়নিক গঠন সাংকেতিকভাবে দেখানো হয়েছে। তিনটি একলকের রাসায়নিক গঠনের পার্থক্য বোঝাতে ঐগুলি চতুর্ভূজ গোলক এবং ত্রিভুজ হিসাবে দেখানো হয়েছে। তিনটি একলক দ্বারা গঠিত সম্ভাব্য তিনটি সম বহুলক, দুইটি সহ বহুলক এবং একটি শাখায়িত বহুলকের অণুগুলির কিছু অংশ ঐ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

বস্তু তন্তুর (Textile fibre) অত্যাবশ্যক ধর্মগুলি নিম্নরূপ ঃ—

(১) তন্তু অণুগুলি অতি উচ্চ আণবিক গুরুত্বের (High molecular weight) এবং অতি দীর্ঘ (অন্তত ১০০ ন্যানোমিটার বা $১০^{-৪}$ মিলিমিটার লম্বা) হয়। অতি দৈর্ঘ্যের কারণে অণুগুলি পরস্পর রাসায়নিক বন্ধন করতে পারে। ফলে তন্তুগুলি টেকসই হয় এবং বলপ্রয়োগে সহজে ছিঁড়ে যায় না।

(২) অণুগুলি একরেখীয় (linear) হওয়া বাঞ্ছনীয়, শাখাযুক্ত নয়। ফলে অণুগুলি সহজে পরস্পরের সন্নিকটে এসে রাসায়নিক আকর্ষণ বলপ্রয়োগ করতে পারে এবং কেলাসাকার অঞ্চল গঠন করতে সক্ষম হয়। তন্তু সম্পূর্ণ কেলাসাকার হলে তাহা ভঙ্গুর হয় এবং আর্দ্রতা ও রঙ ধারণক্ষমতা লোপ পায়। তন্তুর বাকি অংশ অনিয়তাকার (Amorphous)। এই অংশ তন্তুর নমনীয়তা, আর্দ্রতা ও রঙ ধারণক্ষমতা নির্ধারন করে। এই অংশে অণুগুলি অবিন্যস্তভাবে থাকে।

(৩) অণুগুলির মধ্যে পর্যাপ্ত রাসায়নিক আকর্ষণ বল কার্যকরী থাকা প্রয়োজন। বিভিন্ন রাসায়নিক বন্ধন এই আকর্ষণ বল সৃষ্টি করে, যেমন—

(ক) হাইড্রোজেন বন্ধন (Hydrogen bond)—একটি অণুর হাইড্রোজেন আয়ন অন্য অণুর অক্সিজেন, নাইট্রোজেন বা ক্লোরিন আয়নের সহিত হাইড্রোজেন বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। এই বন্ধন সাধারণত খুব দুর্বল। তবে প্রাকৃতিক তন্তুতে অসংখ্য হাইড্রোজেন বন্ধন থাকে বলে মিলিত শক্তি যথেষ্ট বেশি। এই তন্তুগুলির বিভিন্ন ধর্ম, যেমন দ্রবণীয়তা, গলনশীলতা (Melting) ইত্যাদি হাইড্রোজেন বন্ধনের উপর নির্ভরশীল।

(খ) ভ্যান্‌ডার ওয়ালস্‌ বলসমূহ (Vander waal's forces) : এটি এক বিশেষ ধরনের আকর্ষণ বলা যা সকল বস্তুর অণু পরমাণুর মধ্যে বিরাজ করে। নিকটস্থ অণুর বা পরমাণুর ইলেকট্রনের গতিশীলতার কারণে এই বলের উদ্ভব হয়। এই বল অতি দুর্বল। তবে অসংখ্য অতি দীর্ঘ বহুলক অণু পরস্পর ঘনিষ্ঠ থাকার জন্য এই বল তন্তুর শক্তি বৃদ্ধি করে।

(গ) সমযোজক বন্ধন (Covalent bond) : এটি সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী এবং দীর্ঘস্থায়ী রাসায়নিক বন্ধন। এই বন্ধন একজোড়া ইলেকট্রন দ্বারা সৃষ্ট বন্ধন, যাতে দুইটি পরমাণু একটি করে ইলেকট্রন দান করে এবং উভয় ইলেকট্রনকেই সমভাবে ব্যবহার করে যখন দুইটি বহুলক অণু পরস্পর সমযোজক বন্ধনে যুক্ত হয় তখন ঐ বন্ধনকে আড়াআড়ি সংযোজন (Crosstinking) বলে। উদাহরণস্বরূপ পশম তন্তুর একই অণুর বিভিন্ন অংশ বা বিভিন্ন অণু পরস্পর ডাই-সালফাইড আড়াআড়ি সমযোজক বন্ধনে যুক্ত থাকে। যদি বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রনদ্বয় যৌগে উপস্থিত একটি পরমাণু দান করে এবং অপর পরমাণু তাহা গ্রহণ করে তবে ঐ বন্ধনকে অসমযোজক বন্ধন (Coordinate bond) বলে।

(ঘ) তড়িৎযোজক বন্ধন (Ionic bond) : দুইটি মৌলের মধ্যে একটি মৌল প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অপরটি প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিকটবর্তী নিস্ক্রিয় গ্যাসের বহিঃকক্ষের ইলেকট্রনীয় গঠন লাভ করে এবং যে যোজক সৃষ্টি করে তাকে তড়িৎযোজক বন্ধন বলে। এই বন্ধন হাইড্রোজেন বন্ধন বা ভ্যানডার, ওয়ালস্‌ বলসমূহ অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী। এই বন্ধন মুখ্যত প্রাণিজাত তন্তু (রেশম, পশম) এবং সিনথেটিক তন্তুতে (নাইলন) বর্তমান থাকে।

(৪) অণুর বিন্যাস (Orientation) : তন্তুতে বহুলক অণুগুলির পারস্পরিক অবস্থিতির অভিমুখ (Direction) বা পারস্পরিক বিন্যাসের উপর তন্তুর বিভিন্ন ধর্ম বিশেষত বল ধারণ ক্ষমতা এবং স্থিতিস্থাপকতা নির্ভর করে। সিন্‌থেটিক তন্তুর উৎপাদনকালে লম্বালম্বিভাবে বলপ্রয়োগ করে (Drawing) অণুগুলি সুবিন্যস্ত (Oriented) করা হয়। তাপ সহনশীলতা মূলত তন্তুর রাসায়নিক গঠনের উপর নির্ভরশীল। তবে অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণ বল বৃদ্ধি করে এবং কেলাসাকার অঞ্চল বৃদ্ধি করে তাপ সহনশীলতার উন্নতি করা যায়। উৎপাদনকালে বা রঞ্জন এবং অন্যান্য প্রক্রিয়াকালে তন্তুতে যথেষ্ট তাপ প্রয়োগ করা হয়। তাপ প্রয়োগে বহুলক গলে গেলে বা অত্যধিক গরম হলে বিন্যাস নষ্ট হয় এবং বস্ত্র উৎপাদনের অনুপযুক্ত হয়ে পড়ে। সিন্‌থেটিক তন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলে যায় এবং ঐ তাপমাত্রা তন্তুর রাসায়নিক গঠন, আণবিক গুরুত্ব, কেলাসাকার অংশের পরিমাণ ইত্যাদির উপর নির্ভরশীল।

১.১ তন্তুর শ্রেণীবিভাগ

তন্তুর উৎস বহুল। উৎস অনুযায়ী তন্তুর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য হয়। পৃথিবীতে অসংখ্য ধরনের তন্তু পাওয়া যায় এবং এদেরকে সীমিত সংখ্যক শ্রেণীতে বিভাজন করা কষ্টসাধ্য। উৎস অনুযায়ী তন্তুগুলিকে দুইটি প্রধান শ্রেণিতে ভাগ করা যায় : প্রাকৃতিক ও সংশ্লেষিত।

প্রাকৃতিক তন্তু তিন প্রকারের : উদ্ভিদজাত, প্রাণিজাত, ও খনিজ।

উদ্ভিদজাত তন্তু মূলত সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। তবে উৎস অনুযায়ী অন্যান্য পদার্থ যেমন হেমি সেলুলোজ; লিগনিন ইত্যাদি কম বেশী পরিমাণে থাকে। উদ্ভিদজাত তন্তুগুলিকে আবার নিম্নলিখিত শ্রেণীগুলিতে ভাগ করা যায়।

বীজতন্তু : যেমন কার্পাস তুলা বা কটন (Cotton), ছাল বা বাকল (Bast) তন্তু যেমন পাট (Jute), ফ্লাক্স (Flax), শন (Hemp), রেমি (Ramie)।

পত্র (Leaf) তন্তু : যেমন সিসল্ (Sisal), আনারস (Pineapple)।

প্রাণিজাত তন্তুকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায় : রেশম (Silk), পশম (Wool) এবং গৌণ লোম বা কেশ-তন্তু (Minor Hair fibres)। ছাগল (অ্যাঙ্গোরা বা মোহেয়ার), উট, গরু, ঘোড়া, খরগোস ইত্যাদি পশুর লোম থেকে উৎপাদিত তন্তু এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

খনিজ তন্তু মূলত তিনটি, অ্যাসবেস্টস্ (Asbestos), কাচ (Glass) ও ধাতব (Metallic)।

মনুষ্যজাত তন্তুগুলিকে দুইটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়—পুনর্জাত (Regenerated) এবং সংশ্লেষিত (Synthetic)। পুনর্জাত তন্তু বা রেয়ন (Rayon) মুখ্যত ভিসকোজ্ (Viscose) রেয়ন, গৌণ ও অ্যাসিটেট্ (Acetate) রেয়ন ও কিউপ্র্যামোনিয়াম (Cuprammonium) রেয়ন। উল্লেখযোগ্য সংশ্লেষিত তন্তুগুলি হল পলিয়েস্টার (Polyester), নাইলন (Nylon), অ্যাক্রাইলিক (Acrylic) এবং পলিপ্রপিলিন (Polypropylene)।

রাসায়নিক গঠন অনুযায়ী তন্তুগুলিকে নিম্নলিখিত শ্রেণিগুলিতে বিভাজন করা যায় :

(১) সেলুলোজ : তুলা, ছাল তন্তু, পত্র তন্তু, রেয়ন।

(২) রূপান্তরিত সেলুলোজ : অ্যাসিটেট্।

(৩) প্রাকৃতিক প্রোটিন : রেশম, পশম, গৌণ লোম তন্তু।

(৪) সংশ্লেষিত প্রোটিন : নাইলন, অ্যারামাইড (Aramid)।

(৫) পলিয়েস্টার : টেরেলিন, ডেক্রন, সি. ডি. পলিয়েস্টার (C. D. Polyester)।

(৬) পলিঅলিফিন : পলিপ্রপিলিন।

(৭) ভিলাইল : সারান (Saran), টেফ্লন (Teflon)।

(৮) পলিইউরেথিন : স্পানডেক্স (Spandex)।

১.২ তুলা (Cotton)

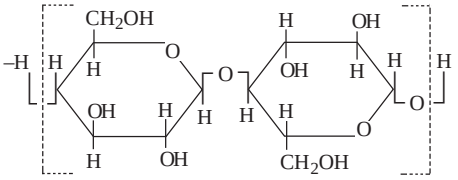
তুলা (Cotton) উদ্ভিদজাত (Grossypium variety) বীজ তন্তু। প্রধানত দুই প্রকারের তুলা পাওয়া যায়; কার্পাস তুলা এবং শিমুল তুলা। শিমুল তুলা হাল্কা এবং এর গঠন দণ্ডাকৃতি (Cylindrical) বলে সুতা তৈয়ারী সম্ভব নয়। কার্পাস তুলাই বস্ত্র উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। উৎকৃষ্ট কার্পাস তন্তু (২৫-৫০ মিলিমিটার লম্বা), উত্তর ও দক্ষিণ আমেরিকায় (Sea island cotton), মিশরে ও তার সংলগ্ন অঞ্চলে (Egyptian cotton) উৎপাদিত হয়। ভারত ও পাকিস্তানে উৎপাদিত তুলা নিকৃষ্ট মানের; দৈর্ঘ্যে ছোট (১৯-২৫ মিলিমিটার), মোটা, তুলনামূলকভাবে ঘস্‌ঘসে ও কম সাদা।

রাসায়নিকভাবে তুলা প্রায় সম্পূর্ণভাবে (৯০-৯৫ শতাংশ) সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। সেলুলোজ (Cellulose) হইল জলে অদ্রাব্য এক প্রকারের বহু শর্করা (Polysaccharide) যা কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দ্বারা গঠিত যৌগ। পাইরানোজ (Pyranose) নামের এই রাসায়নিক গঠন গ্লুকোজ বলয় (Glucose ring) দ্বারা গঠিত। জলে দ্রবণীয় দ্রাক্ষা শর্করা বা Glucose-এর অণুতে পাঁচটি কার্বন একটি অক্সিজেন পরমাণুর দ্বারা গঠিত বলয় থাকে। ঐ

অণুতে হাইড্রক্সিল মূলকগুলির পারস্পারিক অবস্থান অনুযায়ী দুই প্রকারের গ্লুকোজ পাওয়া যায়, যথা আলফা (α) এবং বিটা (β)। বিটা গ্লুকোজে দুইটি হাইড্রকসিল মূলক বলয়ের দুই প্রান্তে পরস্পর বিপরীত দিকে থাকে। কিন্তু আলফা গ্লুকোজে মূলক দুটি একই দিকে থাকে। হাইড্রক্সিল মূলকগুলি সংঘনন বহুলীভবন বিক্রিয়ার (Condensation polymerisation) মাধ্যমে গ্লুকোজের বহুলক সৃষ্টি করে।

$$- OH + - OH \rightarrow - O - + H_2O \qquad (১.১)$$

বিক্রিয়া বহুলকের এক একটি গ্লুকোজ অণুর অবশেষকে Anhydroglucose unit বলে। তুলা তন্তুতে এই unit এর সংখ্যা প্রায় ১০,০০০ হইতে ১৬,০০০। দুটি বিটা গ্লুকোজের অণু ১, ৪ অবস্থানে পরস্পর সংযুক্ত হয়ে একটি celloboise unit গঠন করে। এই বিক্রিয়াকালে অণু দুটি ১৮০° কোণে ঘূর্ণিত হয়। সেই কারণে সেলুলোজ বহুলকের প্রকৃত একলক সেলোবায়ওস (১.২চিত্র), গ্লুকোজ নয়; অর্থাৎ সেলুলোজ হল সেলোবায়ওজ দ্বারা গঠিত বহুলক। এই বহুলক অণুগুলি একরেখায় (Linear) অবস্থিত বলে পরস্পর ঘনিষ্ঠভাবে থাকতে পারে। ঐ অবস্থায় অণুগুলির মধ্যে বিভিন্ন রাসায়নিক আকর্ষণ বল (বিশেষত হাইড্রোজেন বন্ধন) ক্রিয়া করে বলে এটি জলে অদ্রবণীয়। শ্বেতসার (Starch) আলফা গ্লুকোজ দ্বারা গঠিত বহুলক এবং ঐ বিশেষ গঠনের হাইড্রোজেন বন্ধনের সম্ভাবনা কম থাকে ও শাখায়িত মূলক থাকবার জন্য অণুগুলি পরস্পরের ঘনিষ্ঠ হতে পারেনা। ঐ কারণে শ্বেতসার জলে আংশিক দ্রবণীয়।



চিত্র ১.২ : সেলোবায়ওস্

সেলুলোজ অণুগুলি পরস্পর অত্যধিক হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ থাকলে কেলাসিত অঞ্চল গঠিত হয়, যেগুলিকে মাইক্রোফাইব্রিল (Microfibril) বলে। আবার তন্তুর কিছু অংশে ঐ সেলুলোজ অণুগুলি অবিন্যস্ত অবস্থায় থাকবার ফলে অনিয়তাকার অংশের সৃষ্টি হয়। ঐ অঞ্চল অপেক্ষাকৃত কম ঘন এবং এর মধ্যে জল, আর্দ্রতা, রঞ্জক এবং রাসায়নিক দ্রব্য সহজে প্রবেশ করতে পারে। তুলা তন্তুতে শতকরা প্রায় ৭০ ভাগ কেলাসিত অঞ্চল ও প্রায় ৩০ ভাগ অনিয়তাকার অঞ্চল থাকে। প্রতি anhydroglucose unit-এ তিনটি হাইড্রক্সিল গ্রুপের উপস্থিতির কারণে সেলুলোজ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিশেষ সক্রিয় (Reactive)।

প্রতিটি তুলা তন্তু একটি দীর্ঘায়িত কোষ, তন্তুর এক প্রান্ত সরু ও ছুঁচালো এবং অন্যপ্রান্ত চওড়া যা তুলাবীজের সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং তুলা সংগ্রহ করবার সময় ginning প্রক্রিয়ায় কর্তিত হয়। তুলা তন্তু দেখতে পাকানো ফিতার (Twisted tape) মতো। এই পাককে কুণ্ডলী বা convolution বলে এবং তন্তুর প্রতি মিলিমিটারে প্রায় ৬-১২টি পাক থাকে। তুলা তন্তুর প্রস্থচ্ছেদ (Cross-section) কিড্‌নি বা চুপসানো টিউবের মতো, মধ্যবর্তী স্থান ফাঁপা অর্থাৎ তন্তুর কেন্দ্রস্থলে একটি গর্ত আছে যেটিকে ল্যুমেন (Lumen) বলে। তন্তুর গঠনকালে এই গর্তের মধ্যে দিয়ে উদ্ভিদের রস প্রবাহিত হয়। তন্তুর অভ্যন্তরীণ অংশ গৌণ প্রাচীর (Secondary wall) নামে পরিচিত। এই পুরু এবং শক্ত অংশে সেলুলোজ অণুগুলি সুবিন্যস্ত ও ঘনিষ্টভাবে কেলাসিত থাকে। এই অংশে মাইক্রোফাইব্রিলগুলি তন্তু অক্ষের সঙ্গে ২৩° কোণে এককেন্দ্রবিশিষ্ট (Concentric) স্তরে বিন্যস্ত থাকে এবং এই অংশের পরিমাণ তন্তুর পরিপক্কতা (Maturity) নির্ধারণ করে। অপরিণত (Immature) বা মৃত (Dead) তুলা তন্তুতে গৌণ প্রাচীর খুব সরু হয় বা স্বল্প পরিমাণে থাকে এবং সেই কারণে ঐ তন্তুগুলি রঞ্জক পদার্থ ধারণ করতে সক্ষম হয় না।

তন্তুর পাতলা উপরিভাগ মুখ্য প্রাচীর (Primary wall) নামে পরিচিত এবং এটি অপেক্ষাকৃত কম কেলাসাকার। তন্তুর সর্বোপরি অংশ বা বহিঃত্বককে cuticle বলে। এই অংশে পেকটিন, চর্বি ও মোমজাতীয় পদার্থ বেশি থাকার জন্য জল এবং অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ সহজে এই বহিঃত্বক ভেদ করতে পারে না।

১.২.১ তুলা তন্তুর ধর্ম

তুলা তন্তুর উল্লেখযোগ্য ধর্মগুলি সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হল :

(১) কেলাসাকার অংশ বেশী (৭০ শতাংশ) থাকায় তুলা তন্তু মোটামুটিভাবে শক্ত। ভিজা অবস্থায় এই তন্তু বেশি শক্তিশালী (শতকরা প্রায় ২০ ভাগ বেশি)। এই তন্তুর ঘনত্ব অন্যান্য তন্তু অপেক্ষা বেশি এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) ১.৫৪।

(২) এই তন্তুর তাপ পরিবহন ক্ষমতা বেশী। ১২০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় অল্প সময় রাখলে তন্তুর প্রাকৃতিক ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। ১৬০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় তন্তু আর্দ্রতাশূন্য হয়, তবে ঠাণ্ডা করলে আর্দ্রতা ফিরে পায়। ২৫০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় এই পরিবর্তন স্থায়ী হয় এবং তন্তু বাদামী রং ধারণ করে। জ্বলন্ত শিখার সংস্পর্শে তুলা তন্তু দ্রুত জ্বলতে থাকে এবং পোড়া কাগজের গন্ধ পাওয়া যায়।

(৩) তুলা সাধারণ দ্রাবকসমূহে (Solvents) দ্রবীভূত হয় না। একমাত্র কিউপ্র্যামোনিয়াম হাইড্রকসাইডের এবং কিউপ্রিইথিলিন ডাই-অ্যামিনের জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

(৪) তুলা তন্তুর অজৈব (Inorganic) অম্লের লঘু দ্রবণে ক্ষতিগ্রস্থ হয় না। তবে অজৈব অম্লের ঘন দ্রবণে হাইড্রোসেলুলোজ (Hydrocellulose) উৎপন্নের ফলে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। শতকরা ৭০ ভাগ (ওজনের অনুপাতে) সালফিউরিক অ্যাসিডে তুলা তন্তু দ্রবীভূত হয় এবং ঠাণ্ডায় বর্ণহীন দ্রবণ তৈরী করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সেলুলোজের দ্রবণ অঙ্গারীভূত (Carbonised) হয় অর্থাৎ অদ্রবণীয় কার্বনে রূপান্তরিত হয়। জৈব (Organic) অম্ল তুলা তন্তুর তেমন ক্ষতি করতে পারে না এবং রঞ্জন ও অন্যান্য প্রক্রিয়ায় অ্যাসিটিক্, অক্সালিক্ ও টারটারিক্ অ্যাসিড তুলা তন্তুর উপর প্রয়োগ করা হয়।

(৫) তুলা তন্তুর ক্ষার প্রতিরোধক্ষমতা উল্লেখযোগ্যভাবে বেশি। কস্টিক সোডার (Sodium hydroxide) ঘন দ্রবণে (প্রায় ২০ শতাংশ) তুলার সুতা বা বস্ত্র স্বল্প সময় (প্রায় ১ মিনিট) টানটান অবস্থায় নিমজ্জিত করলে তন্তুর ঔজ্জ্বল্য, রং ও আর্দ্রতা ধারণক্ষমতা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায় এবং তন্তুর কোন ক্ষতি হয় না। এই প্রক্রিয়াকে মারসিরাইজেসন্ (Mercerisation) বলে। উপযুক্ত অবস্থায় এই প্রক্রিয়া সুতার বা বস্ত্রের টান প্রতিরোধক্ষমতা বা শক্তি বৃদ্ধি করে।

(৬) জারক দ্রব্য যেমন সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaOCl), সোডিয়াম ক্লোরাইট ($NaClO_2$), হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)-এর লঘু দ্রবণে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তুলা তন্তু স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত (Bleached) হয় অর্থাৎ তন্তুতে অবস্থিত প্রাকৃতিক রঞ্জক পদার্থ বর্ণহীন হয়। তবে জারক দ্রব্যের ঘন দ্রবণে বা অসাবধান প্রয়োগে অক্সিসেলুলোজ (Oxycellulose) উৎপন্ন হয় এবং তন্তুর শক্তি কমে ও ক্ষারে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। বিজারক পদার্থ, যেমন সালফার ডাই অক্সাইড (SO_2) বা সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইট ($Na_2S_2O_4$), তুলাকে স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত করতে পারে না।

১.৩ ছাল তন্তু (Bast Fibres)

কিছু কিছু উদ্ভিদের ছাল বা বাকলের ভিতর দিকের নমনীয় আঁশযুক্ত অংশ থেকে যে সকল তন্তু পাওয়া যায় তাদের ছাল তন্তু বা বাস্ট তন্তু (Bast fibre) বলে। পাট (Jute), লিনেন (Flax), শন (Hemp), চীনা ঘাস বা রেমি (Ramie) ইত্যাদি এই জাতীয় তন্তুর উদাহরণ। এই তন্তুগুলি উদ্ভিদের উপরিভাগের বা ছালের অবিচ্ছেদ্য অঙ্গ এবং পচন বা রেটিং (Retting) প্রক্রিয়ার মাধ্যমে উদ্ভিদের টিস্যু ও অন্যান্য অংশ থেকে পৃথক করা হয়। পচন প্রক্রিয়া তিন প্রকারের; যেমন :

(১) জল পচন (Water retting)।

(২) শিশির পচন (Dew retting)।

(৩) রাসায়নিক পচন (Chemical retting)।

জল পচন প্রক্রিয়ায় উদ্ভিদগুলিকে নির্দিষ্ট সময় বা নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধির পর কেটে বাণ্ডিল করে পুকুর বা নদীর স্থির জলে প্রায় পনের দিন থেকে এক মাস নিমজ্জিত করে রাখা হয়। জলের ব্যাক্টেরিয়া সন্ধান প্রক্রিয়ার মাধ্যমে (Fermentation) উদ্ভিদের ক্লোরোফিল এবং অন্যান্য টিস্যুগুলি নষ্ট করে এবং তন্তু পৃথক হয়।

শিশির পচন প্রক্রিয়ায় কর্তিত উদ্ভিদগুলি ঘাসের উপর রাখা হয়। শিশিরে, বৃষ্টিতে এবং পুনঃপুনঃ জল ছিটিয়ে পচন প্রক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। এই পচন সময়সাপেক্ষ। তবে এই প্রক্রিয়ালব্ধ তন্তুর চেহারা এবং গুণমান অপেক্ষাকৃত উৎকৃষ্ট। অনেক সময় জল পচনের পর কিছুদিন ঘাসে ফেলে রেখেও পচন ক্রিয়া সম্পূর্ণ করা হয়।

রাসায়নিক পচন প্রক্রিয়ায় টিস্যুগুলিকে ক্ষার বা অ্যাসিডে নিমজ্জিত করে নরম করবার পর পুনঃরায় জলে ধোলাই করা হয়। এই পদ্ধতিতে সময় অনেক কম লাগে, তবে এই প্রক্রিয়াটি খরচ স্বাপেক্ষ।

পচন সম্পূর্ণ হওয়ার পর শিক্ত তন্তু বাঁশ বা দড়িতে টাঙিয়ে বা এক জোড়া রোলারের মধ্য দিয়ে চালনা করে অতিরিক্ত জল নিস্কাশন করা হয়। পরে খোলা জায়গায় রৌদ্রে রেখে তন্তু সম্পূর্ণ শুকানো হয়। শুষ্ক তন্তু breaking প্রক্রিয়ায় একজোড়া অমসৃণ রোলারের (Flutted roller) মধ্য দিয়ে চালনা করে অবশিষ্ট উদ্ভিদ টিস্যুগুলিকে ভেঙ্গে তন্তু থেকে আলাদা করা হয়।

ছাল তন্তুগুলি বহুকোষী। একাধিক কোষ লিগনিন্ এবং অন্যান্য আঠাজাতীয় পদার্থের সাহায্যে পরস্পর সংযুক্ত থাকে। এই সকল তন্তুর বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়াকালে যথেষ্ট যত্নবান হওয়া প্রয়োজন। লিগনিন ইত্যাদি পর্যাপ্ত পরিমাণে নিস্কাশিত করলে তন্তু শক্তিহীন বা দুর্বল হয়ে পড়ে। ছাল তন্তুর কোষগুলি অতি দীর্ঘ এবং দৈর্ঘ্য বরাবর বাঁশের গিটের (Node) ন্যায় অংশ দেখা যায়।

১.৩.১ পাট (Jute)

ভারত ও বাংলাদেশে সবচেয়ে বেশি পাট উৎপন্ন হয়। সেই কারণে এই দুই দেশে পাটের ব্যবহারও বেশী। দাম কম ও মোটামুটি শক্ত বলে মূলত বস্তা ও ব্যাগজাতীয় সামগ্রী প্রস্তুতিতে পাট বেশী ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে সজ্জা বস্ত্রে (Furnishing fabric) ও পোশাক বস্ত্রে (Apparel fabric) কিছু পরিমাণে পাট ব্যবহার হচ্ছে।

পাটের বোটানিক্যাল নাম করকোরাস্ (Corchorus)। পাট তন্তুর কোষগুলির প্রস্থচ্ছেদ অনিয়মিত, কোথাও খুব মোটা, আবার কোথাও খুব সরু। কোষগুলির আকৃতি সাধারণত পঞ্চভূজ বা ষড়ভূজ। কোষের মধ্যভাগের ফাঁপা অংশ

বা ল্যুমেনগুলি অনিয়মিত মাপের। অন্যান্য ছাল তন্তুর তুলনায় পাটের শক্তি এবং দীর্ঘস্থায়িতা কম। অবিভক্ত কোষগুলি দৈর্ঘ্যে খুব ছোট, মাত্র ০.২৫ সেন্টিমিটার। পাট তন্তু অপেক্ষাকৃত অনমনীয় এবং অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা (Moisture regain) খুব বেশী নয়। অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা বলতে বোঝায় শুষ্ক অবস্থায় তন্তুর ওজনের শতকরা পরিমাণে উহার মোট আর্দ্রতা। ব্যবহারকালে পাট তন্তু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে ভেঙ্গে পড়ে এবং এই ধর্মকে shredding বলে। অপরিশোধিত অবস্থায় এই তন্তু রেশমের ন্যায় উজ্জ্বল, তবে প্রক্রিয়াকালে উজ্জ্বলতা অনেকাংশে নষ্ট হয়। ব্যবহারকালে আলোকের (Light) প্রভাবে তন্তু বাদামী বা হলুদ রঙ ধারণ করে। অতিরিক্ত পরিমাণে (প্রায় ২০ শতাংশ) লিগনিনের উপস্থিতিই এই বিবর্ণতার জন্য দায়ী।

১.৩.২ লিনেন বা ফ্লাক্স (Flax)

লিনেন সবচেয়ে উৎকৃষ্ট ছাল তন্তু এবং এটির বোটানিক্যাল নাম লিনাম (Linum)। এই তন্তু উল্লেখযোগ্য ভাবে টেকসই। বাইবেলে এই তন্তুর উল্লেখ আছে। মিশরীয়, গ্রীক ও রোমান সভ্যতায় লিনেনের ব্যবহার ছিল। লিনেনের বহু প্রাচীন বস্ত্র বিভিন্ন সংগ্রহশালায় দেখতে পাওয়া যায়। ইউরোপ, বিশেষত রাশিয়াতে, প্রচুর লিনেন উৎপন্ন হয়। লিনেন উদ্ভিদ থেকে তিসির তেল (Linseed oil) পাওয়া যায় যা পেইন্ট এবং ভার্ণিশ প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। আমেরিকায় মূলত তেলের জন্যই ঐ উদ্ভিদের চাষ হয়। লিনেন তন্তু অতি উজ্জ্বল। ভারী মসৃণ রোলারের মধ্য দিয়ে সঞ্চালন করলে উজ্জ্বলতা আরও বৃদ্ধি করা যায়। এই তন্তু তুলা অপেক্ষা মসৃণ। উত্তম তাপ পরিবহনক্ষমতার কারণে এটি গ্রীষ্মের পোশাক প্রস্তুতিতে বিশেষ উপযোগী। বলধারণক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশি বলে কিছু বিশেষ প্রকারের বস্ত্র উৎপাদনে এটি তুলা অপেক্ষা বেশী উপযোগী। একক অবিভক্ত লিনেন তন্তু প্রায় ২৫ হইতে ৭৫ সেন্টিমিটার লম্বা হয়। কোষগুলির ব্যাস (Diameter) বেশ নিয়মিত এবং দেখিতে লম্বা রডের ন্যায়। তন্তুর অভ্যন্তরে সরু অথচ স্পষ্ট ছিদ্র বা ল্যুমেন বিদ্যমান। উপরি ত্বকে ব্যাস বরাবর স্থানে স্থানে সংকোচনের কারণে দৈর্ঘ্য বরাবর অনেক দাগ (Straitions) দেখা যায়। অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা প্রায় ১৩.৭৫ শতাংশ।

লিনেনের রাসায়নিক ধর্ম তুলার ন্যায়। অম্ল, ক্ষার এবং বিরঞ্জন দ্রব্যে এটির প্রতিরোধক্ষমতা অপেক্ষাকৃত বেশী। অতিরিক্ত আর্দ্রতা ও উত্তপ্ত আবহাওয়া ব্যতীত অন্যান্য পরিস্থিতিতে কীট-পতঙ্গ ও ছত্রাক দ্বারা লিনেন সহজে আক্রান্ত হয় না।

১.৩.৩ শণ (Hemp)

শণ প্রধানত রাশিয়া, ইতালি, ফ্রান্স, ভারত ও চীনে উৎপন্ন হয়। এই তন্তু লিনেন অপেক্ষা মোটা ও গাঢ় বর্ণের, খুবই শক্ত ও দীর্ঘস্থায়ী, বিরঞ্জন করা কঠিন। এটি অন্যান্য ছাল তন্তুর ন্যায় কোষগুচ্ছ দ্বারা গঠিত এবং ১৮০-২০০ সেন্টিমিটার বা অধিক লম্বা হয়। শণে প্রচুর লিগনিন থাকে এবং এই তন্তু খুব অনমনীয়। শণ সাধারণত মোটা কাপড় (যেমন বস্তা, ক্যানভাস) ও মোট সুতা বা দড়ি তৈয়ারীর কাজে ব্যবহৃত হয়।

১.৩.৪ চীনা ঘাস বা রেমি (Ramie)

চীন এবং প্রশান্ত মহাসাগরীয় দ্বীপপুঞ্জে এটির চাষ হয়। এই তন্তুর পচন হস্তচালীত সহজে করা যায় না। প্রথমে বা যান্ত্রিক পদ্ধতিতে তন্তুগুলি পৃথক করা হয় এবং পরে শুধু জলে বা চুন জলে নিমজ্জিত করে অন্যান্য পদার্থ থেকে পৃথক করা হয়। এই তন্তু সাধারণত সাদা রংয়ের যথেষ্ট শক্ত, মোটা, অনমনীয় এবং উজ্জ্বল। জাহাজে ব্যবহারের জন্য শক্ত টেকসই দড়ি তৈয়ারীতে এটি ব্যবহৃত হয় এবং অপেক্ষাকৃত মিহি তন্তুর সঙ্গে মিশিয়ে বস্ত্র উৎপাদন করা যায়। শিল্পজ বস্ত্র উৎপাদনে রেমি যথেষ্ট উপযোগী।

১.৪ উদ্ভিদ্‌জাত তন্তুর অবিশুদ্ধি

উদ্ভিদ্‌জাত তন্তুতে বিভিন্ন প্রকারের অবিশুদ্ধতা বা অপবস্তু থাকে। তন্তুর প্রকারভেদ, উৎপাদনস্থল, জলবায়ু এবং বিভিন্ন কারণে এদের প্রকার ও পরিমানের যথেষ্ট তারতম্য হয়। কিছু উল্লেখযোগ্য অপবস্তুর বিবরণ নিম্নে বর্ণনা করা হল :

(১) হেমি সেলু লোজ (Hemi cellulose) : এটি বিভিন্ন পদার্থের মিশ্রণ, এবং আপেক্ষিক পরিমাণ উৎসের উপর নির্ভর করে। এটির সাধারণ ধর্ম কার্বোহাইড্রেটের ন্যায়। তন্তুর কোষ প্রাচীর গঠনে এটির গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে। ডিগ্রী অফ পলিমারাইজেশন সেলুলোজের তুলনায় কম বলে এটি ১৮ শতাংশ কস্টিক সোডার দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। ইহাতে ইউরোনিক অ্যাসিড থাকে।

(২) পেক্‌টিক অ্যাসিড ও পেকটিন : উদ্ভিদে পেক্‌টিক অ্যাসিড (Pectic acid) ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবন বা পেক্‌টিন (Pectin or Methyl pectale) রূপে থাকে। বিভিন্ন ফল, যেমন আপেল, ন্যাশপাতি, বীট ইত্যাদিতে এটি পর্যাপ্ত পরিমাণে থাকে। পেক্‌টিক অ্যাসিড বহুশর্করা সদৃশ বহুলক যাতে CH_2OH গ্রুপের পরিবর্তে -COOH মূলক থাকে। এটি জলে অদ্রবণীয়, তবে ক্ষারীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। ডি-গ্যালাক্টোরনিক অ্যাসিড শৃঙ্খলিত হয়ে পেকটিন গঠিত হয় এবং কোষের মধ্যচ্ছদা গঠনে অংশ নেয়।

(৩) লিগনিন (Lignin) : সকল ছাল তন্তুতে কম বেশি পরিমাণ লিগনিন থাকে এবং সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কোষগুলিকে একত্রিত রাখতে সাহায্য করে তবে লিগনিনের উপস্থিতির কারণে ছাল তন্তু ধীরে ধীরে হরিদ্রাভ হয়। এটির রাসায়নিক গঠন সঠিকভাবে জানা যায় নাই। কার্বনের অনুপাতে হাইড্রোজেন কম থাকে বলে সম্ভবত এটি একটি অ্যারোমেটিক্ (Aromatic) বা বেনজিন্ ঘটিত যৌগ এবং বিভাজনকালে উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য ৩, ৪ dihydroxyphenylpropane, যা সম্ভবত লিগনিনের একটি প্রাথমিক গঠন অংশ। লিগনিন্ বিরঞ্জক দ্রব্য যেমন সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট, ব্লিচিং পাউডার ও সোডিয়াম ক্লোরাইটের দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

(৪) চর্বি ও মোম জাতীয় পদার্থ : তুলা তন্তুতে চর্বি ও মোম জাতীয় পদার্থ খুব কম পরিমাণে থাকে বলে এটির গঠন সম্পর্কে বিস্তারিত পরীক্ষা করা সম্ভব হয় নাই। মোমজাতীয় পদার্থসমূহ (Waxes) মোনোহাইড্রিক অ্যালকোহল যেমন সেরাইল (Ceryl), গসিপাইল (Gossipyl), মনটানাইল (Montanyl) ইত্যাদির দ্বারা গঠিত। তীব্র ক্ষারে ফুটালে তেল ও চর্বিজাতীয় পদার্থসমূহ সাবানে পরিণত হয় ও জলে দ্রবীভূত হয়। এই বিক্রিয়াকে সাবানীভবন বা স্যাপোনিফিকেসন্ (Saponification) বলে। কিন্তু মোম জাতীয় পদার্থকে এই প্রক্রিয়ায় দ্রবীভূত করা যায় না এবং এদের সাবান বা অন্য অপদ্রবকারক পদার্থের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রায় অবদ্রবীভূত (Emulsified) করে নিস্কাশন করা হয়।

(৫) নাইট্রোজেন সমৃদ্ধ যৌগ : এই অপবস্তুগুলি উদ্ভিদের জীবিত অবস্থায় কোষে উপস্থিত প্রোটোপ্লাজমের (Protoplasm) অবশিষ্ট অংশ। সাধারণত এটি প্রোটিন ও পলিপেপটাইডের মিশ্রণ। যদিও তন্তুতে এটি অতি অল্প পরিমাণে থাকে, তবুও এটির উপস্থিতি বস্ত্র সামগ্রীতে নানা অবাঞ্ছিত প্রভাব ফেলে। এই শ্রেণীর যৌগগুলি ফুটন্ত ক্ষারের দ্রবণে সহজে দ্রবীভূত হয়।

(৬) খনিজ পদার্থসমূহ : তুলা যে মৃত্তিকায় উৎপন্ন হয় তার উপর নির্ভর করে খনিজ অপবস্তুর রকমফের হয়। সব তুলাতেই সিলিকন্ থাকে এবং অন্যান্য উল্লেখযোগ্য খনিজ পদার্থগুলি হল অ্যালুমিনিয়ামের, ক্যালসিয়ামের ও ম্যাগনেসিয়ামের ধাতব লবন। এই অপবস্তুগুলি জলে দ্রবণীয় এবং সহজেই নিস্কাশন করা যায়। তন্তু প্রজ্জ্বলিত করলে ঐগুলি কার্বনেট লবণে রূপান্তরিত হয় এবং উৎপন্ন ভস্ম থেকে এদের পরিমাণ নির্ধারণ করা যায়।

(৭) প্রাকৃতিক রঞ্জক পদার্থসমূহ : এই পদার্থগুলি তুলা তন্তুর সঙ্গে ওতপ্রোতভাবে যুক্ত থাকে বলে সহজে নিস্কাশন করা যায় না। সম্ভবত ঐগুলি তুলা ফুল থেকে লব্ধ ফ্ল্যাভন (flavone) জাতীয় পিগমেন্ট। ক্ষার ও অন্যান্য পদার্থ দ্বারা সাফাইয়ে (Scouring) এই পদার্থগুলি নিস্কাশিত হয় না। ঐগুলিকে বিরঞ্জক পদার্থের সাহায্যে নষ্ট করা হয়।

বিভিন্ন উদ্ভিদজাত তন্তুতে উপস্থিত অবিশুদ্ধির মোটামুটি পরিমাণ ১-১ সারণীতে উল্লেখ করা হয়েছে। এই পরীক্ষালব্ধ পরিমাণগুলি তন্তুর শ্রেণী ও উৎসের উপর নির্ভরশীল।

সারণী ১.১ ঃ উদ্ভিদজাত তন্তুতে রাসায়নিক অবিশুদ্ধির পরিমাণ (শুষ্ক তন্তুর ওজনের শতকরা ভাগ)

রাসায়নিক দ্রব্য	তুলা	লিনেন	পাট	রেমি
সেলুলোজ	৯৪	৭০.৩	৬৯.৭	৭৯.১
হেমি-সেলুলোজ	-	১৮.৬	১৩.৩	১৪.৬
পেকটিন	১.২	২.০	০.২	২.১
লিগনিন	-	২.২	১৩.১	০.৬৬
চর্বি ও মোমজাতীয় পদার্থ	০.৬	২.৬	০.৫	০.৩
প্রোটিন জাতীয় পদার্থ	১.৩	২.৮	১.৬	২.১
খনিজ অবশেষ (ভস্ম)	১.২	১.৫	১.৬	১.১
অন্যান্য	১.৭	-	-	-
মোট	১০০	১০০	১০০	১০০

১.৫ ভিস্‌কোজ রেয়ন (Viscose Rayon)

রেয়নই প্রথম মনুষ্যসৃষ্ট (Manmade) তন্তু এবং এটি একটি পুনর্জাত তন্তু। বিভিন্ন সেলু লোজ দ্রব্য যেমন বাঁশ, পরিত্যক্ত বা নষ্ট তুলা (Waste cotton) প্রথমে ১৮ শতাংশ কস্টিক সোডার দ্রবণে নিমজ্জিত অবস্থায় তিন চার দিন রাখা হয় এবং উৎপন্ন কঠিন অ্যালকালি সেলু লোজকে ওজনের দশ শতাংশ কার্বন ডাই-সালফাইডে থেকে তিন থেকে চার ঘন্টা নিমজ্জিত রাখলে সোডিয়াম জ্যানথেট (Sodium xnathate) উৎপন্ন হয়, যা কস্টিক সোডার দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। ঐ ঘন দ্রবণ ১০ শতাংশ সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সোডিয়াম সালফেটের ও জিঙ্ক সালফেটের উপস্থিতিতে চালনা করলে ভিস্‌কোজ রেয়ন তন্তু অধঃক্ষিপ্ত হয়। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ব্যবহার করে এবং অধঃক্ষেপকালে তন্তু বা ফিলামেন্টকে তিনগুণ বা অধিক মাত্রায় প্রসারণ (Drawing) করে উচ্চ শক্তিবিশিষ্ট পলিনোজিক (Polynosic) রেয়ন তন্তু তৈয়ারী করা হয়।

রেয়ন তন্তুর প্রস্থচ্ছেদ অনিয়মিত (Irregular)। অণুবীক্ষন যন্ত্রে অণু দৈর্ঘ্যচ্ছেদ বরাবর (Longitudinally) দেখলে রেয়ন লম্বা বক্রতাহীন রডের মতো দেখায়, তবে প্রকারভেদে কুঞ্চিত বা কোঁকড়ানো (Crimped) তন্তুও দেখা যায়। তন্তুর উপরিস্তরে অনেক লম্বা লম্বা দাগ (Serrations) দেখা যায় যা অধঃক্ষেপকালে প্রস্থচ্ছেদের সংকোচনের দাগ। রেয়ন তন্তুর কেলাসকার অংশ (তন্তুর ওজনের ৩০ শতাংশ) তুলা তন্তুর অপেক্ষা (৭০ শতাংশ) অনেক কম। উচ্চ শক্তি বিশিষ্ট রেয়নে ঐ অংশের পরিমান অপেক্ষাকৃত বেশি থাকে। তুলা এবং রেয়ন উভয়েই সেলুলোজ দ্বারা গঠিত বলে রাসায়নিক ধর্ম প্রায় একই রকম। তবে ডিগ্রী অফ পলিমারাইজেশন, কেলাসাকার অংশ, অণুর বিন্যাসের পার্থক্যের কারণে তন্তু দুটির রাসায়নিক সক্রিয়তার তারতম্য হয়। সিক্ত অবস্থায় ডিস্‌কোজ রেয়নের শক্তি হ্রাস পায়, কিন্তু এই শক্তিহ্রাসের পরিমান পলিনোজিক রেয়নের ক্ষেত্রে কম। সূর্যালোকে রেয়ন সহজে নষ্ট হয়।

রেয়নের উজ্জ্বলতা তুলা অপেক্ষা অনেক বেশী এবং এই উজ্জ্বলতা কম করবার জন্য অনেক সময় উজ্জ্বলতা নাশক দ্রব্য (Delustrant), যেমন টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড রেয়ন তন্তুর উৎপাদনকালে প্রয়োগ করা হয়। তন্তুর উৎপাদনকালে রঞ্জক বা পিগমেন্ট মিশিয়েও তন্তুকে রঙ্গিন করা যায়। এই ব্যয় সংকোচনকারী রঞ্জন প্রক্রিয়াকে মাস-কালারেসন (Mass coloration) বা ডোপ ডাইং (Dope dyeing) বলে।

ভিসকোজ রেয়ন তুলা তন্তু অপেক্ষা দামে সস্তা। সেই কারণে তুলার পরিবর্তে এটি যথেষ্ট পরিমানে ব্যবহৃত হয়, যেমন পলিয়েস্টার ও সেলুলোজ তন্তুর মিশ্রণে উৎপাদিত বস্ত্রের (Blended fabric) ক্ষেত্রে।

১.৬ অ্যাসিটেট রেয়ন (Acetate Rayon)

অ্যাসিটেট রেয়ন রূপান্তরিত (Modified) সেলুলোজ তন্তু। এটি থার্মোপ্লাস্টিক (Thermoplastic) পদার্থ অর্থাৎ গরম অবস্থায় নমনীয় হয় এবং ঠাণ্ডা করলে শক্ত হয়। শুদ্ধ সেলুলোজকে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে অ্যাসিটিক অ্যানাহাইড্রাইডের সঙ্গে প্রায় ৮ ঘন্টা বিক্রিয়া করে সেলুলোজ ট্রাই-অ্যাসিটেট (Triacetate) উৎপন্ন করা হয়। এটি সম্পূর্ণ প্লাস্টিকের ন্যায়। প্রস্তুতিকালে জল মিশিয়ে দীর্ঘক্ষণ (প্রায় ২০ ঘন্টা) রাখলে সেকেন্ডারি অ্যাসিটেট (Secondary acetate) উৎপন্ন হয়। এটিতে সেলুলোজের ন্যায় কিছু হাইড্রক্সিল মূলক (–OH) থাকে বলে সেলুলোজের কিছু ধর্ম (কম মাত্রায়) এই তন্তুতে বর্তমান থাকে। রেশমের ন্যায় উজ্জ্বল বলে এটিকে অ্যাসিটেট সিল্কও বলা হয়। এটি অ্যাসিটোনে (Acetone) দ্রবীভূত হয়, ছত্রাক (Mildew) ধরে না, ঠাণ্ডা লঘু অম্লে এই তন্তুর কোন ক্ষতি হয় না। এক সময় এই তন্তু খুব জনপ্রিয় ছিল। বিভিন্ন সংশ্লেষিত (Synthetic) তন্তু আবিস্কারের ফলে বর্তমানে এই তন্তুর ব্যবহার খুব কম। উজ্জ্বল পোশাক যেমন খেলোয়াড়দের পোশাক (Sportswear), সজ্জা বস্ত্র (Furnishing fabric) ইত্যাদিতে এই তন্তুর ব্যবহার আছে।

১.৭ প্রাণিজাত তন্তু (Animal Fibres)

প্রাণিজাত তন্তু আলফা অ্যামিনো অ্যাসিডের বহু সংযোগ বিক্রিয়ায় (Polymerisation) উৎপন্ন হয়। প্রোটিনে অ্যামিনো অ্যাসিডের প্রকার ও পর্যায়ক্রমের উপর উৎপন্ন তন্তুর ধর্ম নির্ভর করে। দুই প্রকারের প্রাকৃতিক প্রোটিন তন্তু পাওয়া যায় : ১) লোম বা চুল হইতে কেরাটিন (Keratin) ও ২) রেশমকীট নিঃসৃত ফাইব্রোইন (Fibroin)।

প্রথম শ্রেণীর তন্তুগুলির মধ্যে সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য হল পশম বা উল যা ভেড়ার লোম থেকে পাওয়া যায়। তাছাড়া উট, ঘোড়া, ছাগল, খরগোস ইত্যাদির লোম থেকেও পশম সদৃশ তন্তু পাওয়া যায়, তবে এই সকল তন্তুর উৎপাদন ও ব্যবহার খুব কম।

রেশম তন্তু বিভিন্ন মথ কীট বা পলুপোকা (Bombyx mori) দ্বারা নিঃসৃত লালা শুকিয়ে উৎপন্ন হয়। রেশমকীট দুইটি প্রকারের হয় : ১) গৃহ পালিত (Domestic) ও ২) বন্য (Wild)। Bombyx mori দ্বারা উৎপাদিত mulberry silk প্রথম শ্রেণীভুক্ত। তসর (Tussah), মুগা (Muga) এবং এরি (Eri) বন্য প্রজাতির রেশম।

কেরাটিন একটি অতি জটিল প্রোটিন। সিস্‌টেইন (Cysteine), অ্যামিনো অ্যাসিডের সালফার পরমাণুর সাহায্যে অণুগুলি পরস্পর ডাইসালফাইড বন্ধনের (–S–S–) দ্বারা সংযুক্ত (Cross-linked) থাকে। ফাইব্রোয়িন অপেক্ষাকৃত সরল প্রোটিন। এবং একরেখীয় (linear) প্রোটিন অণুগুলি স্তরে স্তরে সাজানো থাকে ও অ্যামাইড গ্রুপের সাহায্যে অণুগুলি পরস্পর হাইড্রোজেন বন্ধনে যুক্ত থাকে।

সাধারণত প্রাকৃতিক প্রোটিন তন্তুগুলি মাঝারি শক্তির, নমনীয় এবং স্থিতিস্থাপক। উচ্চ অভ্যন্তরীন আর্দ্রতার কারণে এই তন্তুগুলিতে স্থির তড়িৎ (Static electricity) উৎপন্ন হয় না। এই তন্তুগুলির অম্ল প্রতিরোধ ক্ষমতা বেশী, কিন্তু ক্ষার এবং জারক দ্রব্য দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয় এবং সূর্যালোকের প্রভাবে ধীরে ধীরে হরিদ্রাভ হয়। রেশম তন্তু দ্বারা উৎপাদিত বস্ত্রসমূহ প্রায় সব আবহাওয়াতেই আরামদায়ক।

১.৭.১ পশম (Wool)

ভেড়ার গাত্র থেকে লোম ছেঁটে পশম বা উল পাওয়া যায়। মেরিনো (Merino), লিংকন (Lincoin) ইত্যাদি প্রজাতির ভেড়া থেকে উৎকৃষ্ট মানের পশম পাওয়া যায়। ভারত ও পাকিস্তানের ভেড়া থেকে মোটা, ছোট এবং নিম্নমানের পশম পাওয়া যায়, যা সাধারণত কম্বল ইত্যাদি তৈয়ারীতে ব্যবহৃত হয়। গ্রীষ্মপ্রধান অঞ্চলের পশমে কখনও কখনও হলুদ ছাপ ছাপ দাগ দেখা যায়। এই জাতীয় ত্রুটিযুক্ত পশমকে Canary বা Karakul পশম বলে এবং এদের বিরঞ্জন করা কঠিন।

পশম থেকে দুই প্রকারের সুতা উৎপন্ন হয়। উচ্চমানের লম্বা এবং মিহি পশমকে বেশী পাক (Twist) দিয়ে এবং সাধারণত পলিয়েস্টার তন্তুর সঙ্গে মিশিয়ে (Blending) ওরস্টেড (Worsted) সুতা তৈয়ারী করা হয়। এই সুতা স্যুটিং প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। আবার মাঝারি এবং মোটা পশম তন্তুকে কম পাক দিয়ে উলেন (Woollen) সুতা তৈয়ারী হয়, যা শোয়েটার (Sweater) ইত্যাদি বোনার কাজে লাগে।

পশম তন্তু ২ থেকে ২০ সেন্টিমিটার লম্বা হয় এবং এই তন্তুর রঙ ঈষদ্ হরিদ্রাভ সাদা। এটির বিশেষ বৈশিষ্ট্য কোঁকড়ানো ভাব বা crimp; মিহি এবং মোটা পশম তন্তুর প্রতি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যে যথাক্রমে ৬-১২ এবং ১-৪টি crimp থাকে।

অণুবীক্ষন যন্ত্রে লম্বালম্বি দেখলে পশম তন্তুকে অত্যাধিক কোঁকড়ানো দন্তের ন্যায় দেখায়। এই তন্তুর এক প্রান্ত ছুঁচালো। অন্য প্রান্তটি মোটা এবং চ্যাপ্টা যা ভেড়ার দেহ থেকে কর্তিত হয়েছে। এই তন্তুর উপরিত্বক মাছের আঁশের ন্যায়, যাকে scale বলে। Scale গুলির এক প্রান্ত তন্তুর সঙ্গে সেঁটে থাকে এবং অপর প্রান্ত তন্তুর ছুঁচালো প্রান্তের অভিমূখে উত্তোলিত থাকে। মিহি তন্তুতে প্রতি সেন্টিমিটারে প্রায় ৮০-১২০টি scale থাকে। এই কারণে তন্তুগুলির পরস্পর ঘর্ষণকালে একটি অভিমুখে ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা (Frictional resistance) অন্য অভিমুখের তুলনায় কম হয়। ফলে তন্তুগুলিকে নাড়াচাড়া করলে যে অভিমুখে ঘর্ষণ প্রতিরোধ কম, সেই দিক সহজে সরে যায়। কিন্তু বিপরীত অভিমুখে ঘর্ষণ প্রতিরোধ বেশী থাকে বলে পূর্ববর্তীস্থানে ফিরে আসতে পারে না। এই ধর্মকে direcional frictional effect বলে। Scale-এর উপস্থিতি এবং তন্তুর অত্যধিক স্থিতিস্থাপকতার কারণে প্রক্রিয়াকালে বা ব্যবহারকালে বেশী নাড়াচাড়া করলে (বিশেষত উচ্চ তাপমাত্রায় আর্দ্র অবস্থায়) তন্তুগুলি পরস্পর জড়িয়ে (Interlocked) যায়। পশম তন্তুর এই ধর্মকে felting বলে। Felting এর ফলে পশম বস্ত্রের সংকোচন (Contracion) হয়। পশম তন্তু ছিদ্রময় (Porous) বলে এই বস্ত্রের তাপ পরিবহনক্ষমতা কম এবং পরিধানকালে এই বস্ত্রে আমরা গরম অনুভব করি। কম্বল ইত্যাদি বস্ত্রের উৎপাদনে যে বিশেষ প্রক্রিয়ায় felting করা হয় তাকে milling বলে।

পশম তন্তুর ভৌত গঠন অত্যন্ত জটিল। তন্তুর ত্বক থেকে অভ্যন্তরে তিন প্রকারের টিস্যু স্তরে স্তরে বিন্যস্ত থাকে। এইগুলি হল, বহিঃত্বক বা কিউটিকল (Cuticle), ছাল বা করটেক্স (Cortex) এবং ভিতরের ফাঁপা অংশ বা মেডুলা (Medulla)। এইগুলি আবার টিস্যু অনুযায়ী বিভাজন করা যায়। পাতলা অথচ শক্ত scale দ্বারা cuticle গঠিত। Scale গুলি একে অপরের উপর চেপে থাকে এবং দৈর্ঘ্যের এক তৃতীয়াংশ বের হয়ে (Protrude) থাকে। সর্বোপরি

স্তর epicuticle, পরে যথাক্রমে exocuticle এবং endoduticle। প্রথম দুইটি স্তরে প্রচুর পরিমানে গন্ধক ডাইসালফাইড বন্ধন (–S–S–) হিসাবে থাকে। ফলে স্তরগুলির জৈব এবং রাসায়নিক প্রতিরোধক্ষমতা খুব বেশি। Scale-এর ঠিক নিচেই থাকে cortex যার পরিমান তন্তুর ওজনের প্রায় শতকরা ৯০ ভাগ। এটির উপরিভাগকে ortho-cortex এবং অভ্যন্তরীণভাগকে para cortex বলে। দ্বিতীয় স্তরে মাইক্রোফাইব্রিলগুলি বেশি সুশৃঙ্খলভাবে বিন্যস্ত থাকে। সবচেয়ে ভিতরের ছিদ্রবৎ অংশের নাম medulla এবং এটি তুলার lumen-এর সদৃশ।

পশম তন্তু ১৯টি আলফা অ্যামিনো অ্যাসিড দ্বারা গঠিত অতি জটিল প্রোটিন, যাদের সাধারণ সংকেত H_2N^+। পশমের ক্ষেত্রে R´ মূলক অ্যালিফাটিক, অ্যারোমেটিক, হেটেরোসাইক্লিক, আম্লিক, ক্ষারীয় বা গন্ধক যুক্ত মূলক। অন্যান্য প্রোটিন থেকে কেরাটিনের পার্থক্য এই যে এর মধ্যে ৩-৪ শতাংশ গন্ধক সিস্‌টেইন অ্যামিনো অ্যাসিড রূপে থাকে। সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য অ্যামিনো অ্যাসিডগুলির পরিমান নিম্নরূপ ঃ

গ্লুটামিক (glutamic) ≅ ১৬.০ শতাংশ

সিসটেইন (cysteine) ≅ ১৩.১ শতাংশ

অ্যারজিনাইন (arginine) = ১০.৪ শতাংশ

সেরিন (serene) = ৯.৫ শতাংশ

প্রোলিন (proline) = ৮.১ শতাংশ

লিউসিন (leucine) = ৮.১ শতাংশ।

বিভিন্ন পার্শ্বমূলক থাকবার ফলে একই অণুর বিভিন্ন অংশের মধ্যে বা ভিন্ন অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন এবং তড়িৎযোজক বন্ধন সৃষ্টি হয়। দুইটি অণুর কার্বক্সিল এবং অ্যামিনোমূলক পরস্পরের বিপরীতে অথচ নিকটস্থ থাকলে লবন বন্ধন (salt-linkage) গঠিত হয়। ঐ বন্ধনগুলি pH (H^+ আয়নের ঘনত্ব) ৪ থেকে ৮ এর মধ্যে অবিভক্ত থাকে। অতিরিক্ত অম্ল বা ক্ষারে ঐ বন্ধন ভেঙ্গে যায়। যে pH-এ আম্লিক ও ক্ষারীয় মূলকগুলি সমপরিমানে আয়নিত হয় বা সাম্যাবস্থায় থাকে তাকে সমতাড়িৎ বিন্দু (Isoelectric point) বলে। পশমের ক্ষেত্রে সমতড়িৎ বিন্দুর pH ৪.৮ থেকে ৭।

কেরাটিনের একটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য হল গন্ধক যুক্ত সিস্‌টেইন অ্যামিনো অ্যাসিড দ্বারা সংলগ্ন অণুগুলির মধ্যে ডাইসালফাইড বন্ধন। এই বন্ধনের উপর তন্তুর বল ধর্ম (Mechanical propertis) নির্ভর করে। এই বন্ধন একই অণুর বিভিন্ন অংশের মধ্যে বিদ্যমান থাকে বলে আলফা কেরাটিন যথেষ্ট দৃঢ় এবং বিটা কেরাটিনে রূপান্তর করতে যথেষ্ট প্রসারণ বল (Streching) প্রয়োগের প্রয়োজন। এই বন্ধন এক প্রকারের সমযোযী বন্ধন (Covalent bond) এবং pH দ্বারা প্রভাবিত হয় না। কিছু কিছু বিশেষ দ্রব্যের দ্বারা এই বন্ধন সহজে ভেঙ্গে যায়, যেমন জল বা বাষ্প। এই কারণে জল বা বাষ্পের সাহায্যে পশমকে setting বা স্থিতাবস্থায় আনা যায়। Setting করবার সময় বন্ধনগুলি ভেঙ্গে অপেক্ষাকৃত সুবিধাজনক জায়গায় পুনর্গঠিত হয়। ফলে পশম বস্তুর আকৃতি পরিবর্তিত রূপে স্থায়ী হয়। পশম তন্তুর উজ্জ্বলতা মাঝারি। বল প্রতিরোধক্ষমতা কম বা মাঝারি। তবে ছিঁড়বার আগে পর্যন্ত তন্তুর দৈর্ঘ্যের যথেষ্ট প্রসারণ (High elongation at break) সম্ভব। এই তন্তুর স্থিতিস্থাপকতাও যথেষ্ট বেশী এবং বল প্রয়োগ করলে বিশেষ ভৌত পরিবর্তন হয় কিন্তু বল প্রত্যাহার করলে সহজেই পুরাতন অবস্থায় ফিরে আসে (Good recovery)। অবশ্য অত্যাধিক আর্দ্রতায় এই ধর্ম কিছুটা হ্রাস পায়। তন্তুর জল বা আর্দ্রতা গ্রহণ ক্ষমতা খুব বেশী। পশমের অভ্যন্তরীন আদ্রতা (Moisture regain) প্রায় ১৪ শতাংশ। তুলার ক্ষেত্রে এই পরিমান ৮ এবং পলিয়েস্টারের ক্ষেত্রে ১-এর কম।

কেরাটিন অণু প্রায় ১৪০ ন্যানোমিটার ($১০^{-৯}$ মিটার) লম্বা এবং ব্যাস এক ন্যানোমিটার। সাধারণ অবস্থায় কেরাটিন অণু কুণ্ডলী পাকানো অবস্থায় থাকে যাকে আলফা-কেরাটিন (α-keratin) বলে। তন্তুর উপরে প্রসারণ-বল প্রয়োগ করলে অণুগুলির পাক খুলে যায় বা একরেখীয় (Linear) হয়। এই অবস্থাকে বিটা-কেরাটিন (β-keratin) বলে এবং প্রযুক্ত বল প্রত্যাহারে পুনরায় আলফা-কেরাটিনে রূপান্তরিত হয়। পশমে অপবস্তু বা অবিশুদ্ধির পরিমাণ তন্তুর ওজনের শতকরা ৩০ থেকে ৭০ ভাগ।

মেরিনো (Merino) এবং শঙ্কর জাতীয় (Cross-bred) ভেড়া থেকে লব্ধ পশমে গড়পড়তা অবিশুদ্ধির পরিমাণ ১.২ সারণীতে উল্লেখ করা হল।

সারণী ১.২ ঃ পশমতন্তুতে গড়পড়তা অবিশুদ্ধির পরিমাণ (তন্তুর ওজনের শতকরা ভাগ)

প্রজাতি	শুদ্ধ কেরাটিন	স্যুইন্ট্	চর্বি বা গ্রীজ্	ময়লা	জল	মোট
মেরিনো	৪৯	৬	১৬	১৯	১০	১০০
শঙ্কর জাতীয়	৬১	৮	১১	৮	১২	১০০

ভেড়ার ঘাম শুকিয়ে পশমের গায়ে একপ্রকার তৈলাক্ত পদার্থের সৃষ্টি হয় যাকে সুইন্ট (Suint) বলে। এটি বিভিন্ন স্নেহজ অম্লের ও সাধারণ জৈব অম্লের (মুক্ত বা পটাশিয়াম লবণ রূপে) মিশ্রণ। বিভিন্ন অ্যামিনো অ্যাসিডও সুইন্টে বর্তমান থাকে এবং এটি সহজেই জলে দ্রবণীয়।

অপরিশোধিত পশমে পর্যাপ্ত পরিমাণে চর্বিজাতীয় পদার্থ থাকে। পশম-চর্বি (Wool fat) বা গ্রীজ (Grease) জটিল মনোহাইড্রিক (Monohydric) অ্যালকোহলের যেমন, কোলেস্টেরল বা আইসোকোলেস্টেরল ফ্যাটি অ্যাসিডের যোগ। বিশুদ্ধ পশম চর্বি অতি মূল্যবান। পশম চর্বি থেকে লব্ধ ল্যানোলিন (Lanolin) প্রসাধন দ্রব্যের (Cosmetic) প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে এটি চর্বি নয়, কারণ সকল চর্বিই ট্রাই-হাইড্রিক অ্যালকোহল যথা, গ্লিসারল (Glycerol) দ্বারা গঠিত, সঠিকভাবে এটি মোমজাতীয় পদার্থ। এই হরিদ্রাভ পদার্থ জৈব দ্রাবকে (Organic solvent) দ্রবণীয়। তেল ও চর্বির ন্যায় সাবানীভবন প্রক্রিয়ায় এটি দ্রবীভূত হয় না। এটিকে সাবানজাতীয় পদার্থের সাহায্যে অবদ্রবে (Emulsion) রূপান্তরিত করে তন্তু থেকে পৃথক করা হয়।

পশমে উদ্ভিদজাত পদার্থ, ধুলা, বালি এবং জলে অদ্রবণীয় অন্যান্য ময়লাও থাকে। চর্বি বা মোম জাতীয় পদার্থগুলি তন্তু থেকে নিষ্কাশিত হলে তন্তু ঐ সকল ময়লা ধরে রাখতে পারে না এবং ঐগুলি জলীয় দ্রবণে বের হয়ে আসে। কিছু উদ্ভিদজাত পদার্থ সাফাই (Scouring) প্রক্রিয়ায় সম্পূর্ণ দূর হয় না। পরে তন্তু বা বস্ত্রকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডে নিমজ্জিত করলে ঐগুলি কাবর্নে রূপান্তরিত হয়ে ছোট ছোট কণার আকারে তন্তু থেকে নিষ্কাশিত হয়। এই প্রক্রিয়াকে অঙ্গারীভবন বা কার্বোনাইজেসন (Carbonisation) বলে।

পশম সমস্ত সাধারণ দ্রাবকে অদ্রবণীয়। অম্লে সহজে নষ্ট হয় না। কিন্তু মৃদু ক্ষারের লঘু দ্রবণে তন্তুর ক্ষতির সম্ভাবনা থাকে। তীব্র ক্ষার, যেমন, সোডিয়াম বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, কেরাটিনকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত (Hydrolysis) করে অ্যামিনো অ্যাসিডের ক্ষারীয় লবণ উৎপন্ন করে। শতকরা ৫ ভাগ কস্টিক সোডার ফুটন্ত দ্রবণে পশম সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়। মৃদু ক্ষারের যেমন, কাপড়-কাচার সোডা (Na_2CO_3), অ্যামোনিয়া ইত্যাদির উপস্থিতিতে তন্তুর ক্ষতি সামান্য, কিন্তু তন্তুর প্রতিরোধ ক্ষমতা কমে যায়। প্রাথমিকভাবে তন্তুর উপরিত্বকের scale-গুলি নষ্ট হয় এবং পরে কম প্রতিরোধ ক্ষমতাবিশিষ্ট cortex ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

জারক দ্রব্যসমূহ ডাইসালফাইড বন্ধনগুলিকে নষ্ট করে, তবে উদ্ভূত রাসায়নিক বিক্রিয়া জানা যায় নাই। ক্লোরিন, ব্লিচিং পাউডার এবং সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের অত্যধিক প্রয়োগে তন্তু বিবর্ণ হয় এবং তন্তুর স্থায়ী ক্ষতি হয়। তবে

এই দ্রব্যগুলির নিয়ন্ত্রিত প্রয়োগে তন্তুর scale-গুলি আংশিকভাবে নষ্ট হয় এবং এই প্রক্রিয়ায় পশমকে সংকোচন-নিরোধক (Shrink-resist) করা যায়।

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সাহায্যে পশম বিরঞ্জন (Bleaching) করা যায়। তবে অনিয়ন্ত্রিত প্রয়োগে তন্তুতে উপস্থিত গন্ধক জারিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। বিজারক পদার্থগুলি পশমের ডাইসালফাইড বন্ধনকে ভাঙ্গাতে পারে। সোডিয়াম বাইসালফাইটের ($NaHSO_3$) নিয়ন্ত্রিত প্রয়োগে এই বন্ধন ভেঙ্গে পুনরায় নূতনভাবে বন্ধন সৃষ্টি হয়। তাই এটি পশমের আকৃতি স্থায়ীকরণে (Setting) ব্যবহৃত হয়। পশম তন্তুতে ছত্রাক (Mildew) ধরে না, তবে বিভিন্ন প্রজাতির মথ এই তন্তুকে সহজেই নষ্ট করতে পারে।

পশম এবং অন্যান্য লোম তন্তুর আকৃতি স্থায়ীকরণ (Setting) সম্ভব। এই পদ্ধতিতে তন্তুর অভ্যন্তরীণ বিভিন্ন বন্ধনগুলি ভেঙ্গে পুনরায় সুবিধাজনক অবস্থানে পুনর্গঠিত হয়। পশম বস্ত্র ভিজা অবস্থায় টান্ টান্ করে শুকালে এটি নূতন অবস্থায় সামগ্রিকভাবে স্থায়ী হয়। দীর্ঘদিন ফেলে রাখলে বা জলে ভেজালে এটির সংকোচন হয়। টান্ টান্ অবস্থায় আকৃতি সম্পূর্ণ স্থায়ী করতে হলে ১০০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার জলে নিমজ্জিত করতে হবে। Worsted বস্ত্রকে ছিদ্রময় পাইপের উপরে টান্ টান্ করে গুটিয়ে ঐ পাইপের মধ্য দিয়া বাষ্প চালনা করার পদ্ধতিকে decatising বলে।

পশম আগুনে ধীরে ধীরে জ্বলে এবং ভঙ্গুর ছাই (Crushable bead) তৈয়ারী হয়। জ্বলিবার সময় পোড়া চুলের গন্ধ পাওয়া যায়। শিখার বাইরে আনলে আগুন নেভে যায় (Self-extinguishing)। এটি তাপের কুপরিবাহী এবং ১৫০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা পর্যন্ত অবিকৃত থাকে। অন্যান্য লোম তন্তুগুলি, যেমন মোহেয়ার (Mohair) বা অ্যাঙ্গোরা (Angora), কাশ্মীরি (Cashmere), তিব্বতি উল বা পশমিনা, আলপাকা, ভাইকুন্যা (Vicuna) পশম তন্তুর সদৃশ; তবে এই তন্তুগুলি অপেক্ষাকৃত বেশি উজ্জ্বল, নরম এবং মিহি। এইগুলি অমিশ্রিত অবস্থায় বা পশমের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় আকর্ষণীয় বস্ত্র তৈয়ারীতে ব্যবহার করা যায়।

১.৭.২ রেশম (Silk)

রেশমের চাষের সূত্রপাত খৃষ্টপূর্ব ২৬০০ সাল থেকে চীনদেশে শুরু হয়েছে। বর্তমানে পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে এটির উৎপাদন হয়। ইতালীয় রেশম (Italian silk) সর্বোৎকৃষ্ট। ভারতে কাশ্মীর, কর্ণাটকেও উৎকৃষ্ট রেশম উৎপন্ন হয়। গ্রীষ্ম প্রধান অঞ্চলের (যেমন পশ্চিমবঙ্গ) রেশম তুলনামূলকভাবে নিকৃষ্ট মানের.

রেশম-তন্তুই একমাত্র অবিচ্ছিন্ন (Continuous filament) প্রাকৃতিক তন্তু। অবিচ্ছিন্ন রেশম-তন্তু ৬০০ মিটার পর্যন্ত লম্বা হতে পারে। তবে গড়পড়তা এই তন্তু প্রায় ৩০০ মিটার দৈর্ঘ্যের হয় এবং এই দৈর্ঘ্য পোকা বা গুটির জৈবিক শ্রেণীর উপর নির্ভরশীল। রেশমকীট পলুপোকা নামে পরিচিত। পলুপোকার নিঃসৃত লালা জমিয়া রেশম উৎপন্ন হয়। রেশমকীট দুই প্রকারের গৃহপালিত (Domestic) ও বন্য (Wild)। গৃহপালিত মালবেরি (Mulberry) রেশম চাষকে সেরিকালচার (Sericulture) বলে। এই পোকা মালবেরি বা তুঁত গাছের পাতা খায়। এই রেশম বন্য রেশম অপেক্ষা উজ্জ্বল ও উৎকৃষ্ট।

বন্য রেশম চাষ করতে হয় না। বনে বিভিন্ন গাছে এই পোকা বাসা বাঁধে। যেমন তসর পলু, কুল, অর্জুন, শাল, পলাশ, ওক, মহুয়া ইত্যাদি গাছের পাতা খায়। মুগা ও এরি আসামে পাওয়া যায়। এই পোকাগুলিও বন্য গাছের পাতা খায়।

মালবেরি রেশমকীটের (*Bombyx mori*) জীবনবৃত্তকে (Life cycle) চার ভাগে ভাগ করা যায়।

(১) ডিম্ব, (২) পোকা বা কীট (Caterpillar or Larva), (৩) মধ্যবর্তী অবস্থা, (৪) মথ।

ডিম থেকে পোকাগুলি জন্মানোর পর তুঁত পাতা খেয়ে বড় হতে থাকে। এই সময় পোকাগুলি প্রচন্ড ক্ষুধার্ত থাকে এবং দিন-রাত খাবারের যোগান দিতে হয় এবং প্রায় ২১ দিন পর খাওয়া বন্ধ করে লালা নিষ্কাশন শুরু হয়। নিজেদের অঙ্গপ্রত্যঙ্গ চালনা করে ঐ লালার সাহায্যে নিজেদের শরীরের চারপাশে ডিম্বাকৃতি গুটি (Cocoon) তৈয়ারী করে। ঐ গুটির মধ্যে ধীরে ধীরে পলুপোকা মথে রূপান্তরিত হয় এবং কয়েকদিন পর গুটি কেটে বের হয়ে যায়। তবে মথ বের হওয়ার আগে গুটিগুলিকে গরম জলে ফুটিয়ে পোকাগুলি মারা হয়, অন্যথায় অবিচ্ছিন্ন সূতা পাওয়া যায় না। রেশম উৎপাদন কালে গুটিগুলি গরমজলে ফুটালে তন্তুর আঠা জলে দ্রবীভূত হয়ে নরম হয়, তখন রেশম-তন্তু গুটি থেকে সহজেই পৃথক করা যায়। একাধিক গুটির (৫-১০) তন্তুগুলি একসঙ্গে একক সূতা হিসাবে নির্দিষ্ট মাপের ফ্লেমের উপর গুটানো হয়। এই প্রক্রিয়াকে reeling বলে। পরে একাধিক সূতা পাক দিয়া throwing মেসিনে পাকানো সূতা (Twisted yarn) তৈয়ারী করা হয়।

নষ্ট ও মথের কাটা গুটিগুলি থেকে প্রথমে ছোট ছোট দৈর্ঘ্যের তন্তু বের করা হয় এবং তুলার সুতা উৎপাদনের (Cotton spinning) সদৃশ পদ্ধতি প্রয়োগ করে মটকা-রেশম বা spun silk তৈয়ারী করা হয়।

রেশমতন্তু অতি মিহি ও নিয়মিত ব্যাসের ঈষৎ-স্বচ্ছ তন্তু। এটির বিশেষ বৈশিষ্ট্য অতি-উজ্জ্বলতা, নমনীয়তা এবং শক্তি। রেশমতন্তু অতি শক্তিশালী এবং এই তন্তুর শক্তি সমব্যাসবিশিষ্ট লোহার তার অপেক্ষা বেশী। এই তন্তুর স্থিতিস্থাপকতা মাঝারি। অত্যাধিক মিহি এই তন্তুর ব্যাস ১২ হইতে ৩০ মাইক্রন ($১০^{-৬}$ মিটার)। তন্তুর ব্যাস উৎসের উপর নির্ভর করে, অন্যদিকে সুতার ব্যাস তন্তু বা filament-এর সংখ্যার উপর নির্ভরশীল।

অণুবীক্ষন যন্ত্রে গাম-মুক্ত (Degummed) রেশম দেখতে অতিশয় মসৃণ ঈষৎ স্বচ্ছ কাচের দন্ডের ন্যায়। দুইটি পাশাপাশি দন্ড স্থানে স্থানে জোড়া আবার স্থানে স্থানে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় দেখা যায়। এটির কারণ রেশমকীটের দুইটি গ্লান্ড থেকে দুইটি তন্তু একসঙ্গে নির্গত হয়। তন্তুর প্রস্থচ্ছেদ ডিম্বাকৃতি বা মসৃণ কোণবিশিষ্ট ত্রিভূজাকৃতি। ঐ প্রকারের প্রস্থচ্ছেদের কারণে তন্তুর উপরিভাগ থেকে অনেক বেশী নিয়মিত প্রতিফলন হয় এবং তন্তু অতি উজ্জ্বল দেখায়। রেশম তন্তুতে কিছু পাক থাকার জন্য প্রতিফলন কোণ দৈর্ঘ্য-বরাবর পরিবর্তিত হয় এবং আলোয় দেখলে পর্যায়ক্রমে আলোকিত ও আধারযুক্ত অঞ্চল দেখা যায়। এই বিশেষ প্রকারের ঔজ্জ্বল্যকে lustre বলে। রেশম তন্তুতে দুইটি স্তর আছে। উপরের অপেক্ষাকৃত খস্‌খসে্ স্তরটিকে সেরিসিন্ (Sericine) এবং অভ্যন্তরীণ স্তরটিকে ফ্রাইব্রোইন (Fibroin) বলে। কীটের জৈবীক শ্রেণী অনুযায়ী সেরিসিন্ গাঢ় হলুদ, বাদামী বা সাদা রঙের হয়। এটি গরম জলে সাবান বা মৃদুক্ষারের উপস্থিতিতে দ্রবণীয়। সেরিসিন্ নিষ্কাশন প্রক্রিয়াকে গাম-দূরীকরণ বা ডিগামিং (Degumming) বলে। ফাইব্রোইন্ সাদা রঙের অতি নমনীয় পদার্থ এবং এটি বিশুদ্ধ প্রোটিন। মালবেরি রেশমে শতকরা ২০-৩০ ভাগ সেরিসিন্ এবং ৮০-৭০ ভাগ ফাইব্রোইন্ থাকে। বন্য রেশমে ইহাদের পরিমান যথাক্রমে ৫-১৫ এবং ৯৫-৮৫ শতাংশ। সেরিসিনের পরিমান এবং দ্রবণীয়তা কীটের জৈবিক শ্রেণী এবং উৎসস্থানের উপর নির্ভরশীল। রেশম তন্তুতে ০.৫-১.০ শতাংশ তেল-চর্বি এবং ১.০-১.৪ শতাংশ প্রাকৃতিক রঞ্জক পদার্থ থাকে। পশমের ন্যায় সেরিসিন্ ও ফাইব্রোইন্ মূলত প্রোটিন বা অ্যামিনো অ্যাসিডের অবশেষ (Residue) দ্বারা গঠিত। তবে এদের রাসায়নিক গঠন অনেক সরল। ফাইব্রোইনে উল্লেখযোগ্য অ্যামিনো অ্যাসিডগুলি নিম্নরূপ ঃ

গ্লাইসিন (Glycine) ≅ ৪০ শতাংশ,

অ্যালানিন (Alanine) ≅ ৩০ শতাংশ,

সেরিন (Serine) ≅ ১৫ শতাংশ,

টাইরোসিন (Tyrosine) ≅ ১০ শতাংশ।

রেশম তন্তুতে পশমের ন্যায় গন্ধক-যুক্ত অ্যামিনো অ্যাসিড থাকে না, অণুগুলির মধ্যে সমযোজক বন্ধনও (Covalent bond) থাকে না। অণুগুলি সরল এবং পার্শ্ব মূলক (Side group) না থাকায় পরস্পর সমান্তরালভাবে থাকে। অণুগুলি ঘনিষ্ঠ থাকে বলিয়া পরস্পর হাইড্রোজেন-বন্ধন গঠন করিয়া কেলাসিত-অঞ্চল গঠন করে ও সুবিন্যস্ত ভাঁজ-করা পাতের (pleated sheet) ন্যায় বিদ্যমান থাকে। ক্ষারীয় পার্শ্ব মূলক কম থাকায় রেশম পশম অপেক্ষা অনেক কম অম্ল ও ক্ষার শোষণ করিতে পারে। রেশমের সমতাড়িত বিন্দুর (isoelectric point) pH ৫ (প্রায়)।

ফাইব্রোইনে উপস্থিত প্রায় সকল অ্যামিনো অ্যাসিডই সেরিসিনে বর্তমান থাকে, তবে পরিমানের তারতম্য হয়। সেরিসিনে সেরিনের পরিমান প্রায় ৩ গুণ, অন্যদিকে গ্লাইসিন, অ্যালানিন এবং টাইরোসিন যথেষ্ট কম পরিমাণে থাকে। সেরিসিনে কেলাসিত অংশ থাকে না। এটি তীব্র অম্লে (pH ২.৫ এর কম) এবং তীব্র ক্ষারে (pH ৯.৫-এর বেশী) দ্রবীভূত হয়। বিভিন্ন প্রকারের রেশম সুতার ক্ষেত্রে বিভিন্ন পরিমাণে সেরিসিন নিষ্কাষন করা হয়, যেমন ইকরু সিল্ক (Ecru silk)-সুতায় মাত্র ২-৫ শতাংশ সেরিসিন নিষ্কাশন করা হয়। সাপল্ সিল্ক (Supple/Souple silk), এটি বর্জ্য রেশম (Waste silk) থেকে উৎপাদিত এক প্রকারের silk যাহাতে ৬-১৫ শতাংশ সেরিসিন নিষ্কাশন করা হয়। ম্যারাবট্ সিল্ক (Marabout silk)-ক্রেপ বস্ত্রের জন্য প্রয়োজন এবং এই সূতার ক্ষেত্রে সেরিসিক অপসারণ না করেই রঞ্জন করা হয়। অন্যদিকে বয়েল্ড অফ সিল্ক (Boiled-off silk) সুতাকে রঙ করার পূর্বে সম্পূর্ণ গামমুক্ত করা হয়।

যে সকল দ্রাবক হাইড্রোজেন-বন্ধন ভাঙ্গাতে পারে, যেমন লিথিয়াম ব্রোমাইড (Lithium bromide), ফসফোরিক অ্যাসিড (Phosphoric acid) এবং কিউপ্র্যামোনিয়ান হাইড্রক্সাইড (Cuprammonium hydroxide), তাদের জলীয় দ্রবণে রেশম দ্রবীভূত হয়। জলে সিক্ত করিলে তন্তুর শক্তি ১৫ শতাংশ কমে।

জৈব অম্লে রেশমের কোন ক্ষতি হয় না এবং লঘু দ্রবণে উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি পায়। স্ক্রুপ (Scroop) প্রক্রিয়ায় রেশম সুতাকে অ্যাসিটিক, টারটারিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে সিক্ত করে পরে শুকিয়ে নেওয়া হয়। প্রক্রিয়ালব্ধ সুতার ঘর্ষণে খস্‌খসে ধাতব শব্দ হয়। পশমের ন্যায় ঘন অম্লে রেশম স্থায়ী নয়। ঐ অবস্থায় পেপটাইড-শৃঙ্খল (–CHR.CONH–) ভেঙ্গে যায় এবং তন্তুর শক্তি হ্রাস পায়।

ক্ষারীয় দ্রবণে রেশম সহজে নষ্ট হয়। তবে সাধারণভাবে রেশমের ক্ষার প্রতিরোধ ক্ষমতা পশম অপেক্ষা বেশী। ক্ষারের ক্ষতির পরিমাণ শুধু pH-এর উপর নির্ভরশীল নয়, ক্ষারীয় ক্যাটায়নের উপরও নির্ভরশীল।

তীব্র জারক পদার্থ যেমন, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের দ্রবণে রেশম দ্রুত বিবর্ণ এবং দ্রবীভূত হয়। কিন্তু বিজারক পদার্থগুলি এবং ছত্রাক সাধারণতঃ এই তন্তুর ক্ষতি করতে পারে না। আলোক বিশেষত অতি-বেগুনি রশ্মি (Ultra-violet ray) দ্বারা রেশম-তন্তু অন্যান্য তন্তু অপেক্ষা বেশী ক্ষতিগ্রস্ত হয়। বয়েল্ড অফ সিল্ক অতি বেগুনি রশ্মিতে মাত্র আড়াই ঘন্টা রাখলে ৫০ শতাংশ শক্তি হ্রাস পায়।

তন্তুর ত্বক অতি মসৃণ এবং বহির্গত তন্তু থাকে না বলে রেশম তন্তু থেকে ধূলা ময়লা সহজেই নিস্কাশন করা যায়। তবে তন্তু অতি সংবেদনশীল, বেশি নাড়াচাড়া করলে, বিশেষত উচ্চ তাপমাত্রায় এবং ক্ষারের উপস্থিতিতে সহজেই নষ্ট হয় এবং একক তন্তুগুলি ছিঁড়ে যেতে পারে বা খস্‌খসে হয়। অনেক সময় একক তন্তুগুলির উপরিত্বক পৃথক হয়ে পড়ে এবং রঞ্জক ধারণ করতে পারে না। রঞ্জন করবার পর মনে হয় যেন তন্তুর উপরিভাগে ময়দার ন্যায় পদার্থ লেগে আছে। এটিকে (Chafe marks) বলে। সেই কারণে এই তন্তুর প্রক্রিয়াকালে যথেষ্ট সাবধানতার প্রয়োজন।

রেশম বিভিন্ন ধাতব লবনের সঙ্গে (যেমন টিন ক্লোরাইড) রাসায়নিক বন্ধন করতে পারে। এটিতে তন্তুর ওজন বৃদ্ধি পায় বলে এই প্রক্রিয়াকে (Weighting of silk) বলা হয়। রেশম ওজনে বিক্রি হয় বলে এই বৃদ্ধি লাভজনক।

তন্তুর ওজন বৃদ্ধির (শতকরা ৫০ ভাগ) ফলে কিছু ভৌত পরিবর্তনও হয়। নেকটাই (Necktie) বস্ত্র উৎপাদনে এখন ও ইহার ব্যবহার আছে।

১১০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ১৫ মিনিট গরম করলেই রেশম হরিদ্রাভ হয়। এই বস্ত্র তাই অল্প তাপমাত্রায় ইস্ত্রি করা প্রয়োজন। ১৬৫° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রেশম নষ্ট হয়, আগুনে ধীরে ধীরে জ্বলে। অগ্নিশিখার বাহিরে আনলে আগুন নিভে যায় এবং পুড়বার সময় পোড়া চুলের গন্ধ পাওয়া যায়।

১.৮ সংশ্লেষিত তন্তু (Synthetic Fibres)

বিভিন্ন সরল রাসায়নিক পদার্থ বা একলকের (Monomer) অসংখ্য বহু সংযোগ প্রক্রিয়ায় পরস্পর সংযুক্ত করণের মাধ্যমে অতি জটিল অণুর বহুলক উৎপাদিত হয়। কিছু বিশেষ বহুলক থেকে সিন্থেটিক বা সংশ্লেষিত তন্তু উৎপন্ন করা হয়। বহুলককে তাপে গলিয়ে তন্তু উৎপন্ন করলে ঐ প্রক্রিয়াকে melt spinning এবং দ্রাবকে দ্রবীভূত করে তন্তু উৎপন্ন করলে ঐ প্রক্রিয়াকে solvent spinning বলে। উভয় পদ্ধতিতেই তরলীকৃত বহুলককে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্র পথে (Spinerette) চাপ সহযোগে অতি মিহি তন্তুর সৃষ্টি করা হয়। ঐ তন্তুকে গরমে বা ঠান্ডায় টানলে তন্তুর অণুগুলি পরস্পরের নিকটে এসে কেলাসিত অঞ্চল গঠন করে এবং নির্দিষ্ট অভিমুখে বিন্যস্ত হয়। ঐ প্রক্রিয়াকে drawing বলে। একাধিক অবিচ্ছিন্ন তন্তুগুলিকে (Filament) পরস্পর পাক (Twist) দিয়ে সুতা তৈয়ারী করা হয়। তবে প্রাকৃতিক তন্তুর সঙ্গে মিশ্রিত (Blending) করবার প্রয়োজনে তন্তুগুলিকে নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যে কেটে ব্যবহার করলে ঐ তন্তুকে staple fibre বলে এবং উৎপন্ন সুতাকে staple yarn বলে। সিন্থেটিক এবং পুনর্জাত তন্তুকে মনুষ্যজাত (Manmade) বা উৎপাদিত (Manufactured) তন্তুও বলা হয়।

সিন্থেটিক এবং প্রাকৃতিক তন্তুগুলির ধর্ম যথেষ্ট পৃথক। সকল সিন্থেটিক তন্তুতে নিম্নলিখিত ধর্মগুলি বর্তমান।

(১) ঐ সকল তন্তুগুলিকে তাপ প্রয়োগ করলে নমনীয় হয় অর্থাৎ থার্মোপ্লাস্টিক (Thermoplastic)। উচ্চ তাপমাত্রায় আকৃতি স্থায়ীকরণ (Heat setting) না করলে উৎপাদিত বস্ত্র বা সুতা সংকুচিত হয়। ইস্ত্রি করলে বা গরম জলীয় দ্রবণে নাড়াচাড়া করলে ভাঁজ পড়ে। কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় heat-set করলে বস্ত্র বা সুতার আকৃতি উক্ত তাপমাত্রা পর্যন্ত অপরিবর্তিত থাকে।

(২) অতি উচ্চ তাপমাত্রায় সকল সিন্থেটিক তন্তু গলে (melt) যায়, অন্যদিকে প্রাকৃতিক তন্তু কোন তাপমাত্রাতেই গলে না, নির্দিষ্ট তাপমাত্রার পর গরমে তন্তু জ্বলে যায় বা অঙ্গারীভূত (Carbonised) হয়। সাধারণ বা নিম্ন তাপমাত্রায় সিন্থেটিক তন্তু যথেষ্ট দৃঢ়। গলনাঙ্কের নিচে এক বিশেষ তাপমাত্রা অঞ্চলে সিন্থেটিক তন্তুর রাসায়নিক বন্ধন (বিশেষত হাইড্রোজেন-বন্ধন) পর্যাপ্ত পরিমাণে ভেঙ্গে যায় এবং তন্তু নমনীয় হয়। তন্তুর কাচের ন্যায় দৃঢ় অবস্থা থেকে রবারের ন্যায় নমনীয় তার পরিবর্তন যে তাপমাত্রায় শুরু হয় তাকে glass transitiontemperature (T_g) বলে। এই পরিবর্তনের ফলে তন্তুর আকস্মিক স্ফীতি (Swelling) হয়। আপেক্ষিক গুরুত্বও কমে যায় বলে তাপমাত্রার সহিত ঐ ধর্মের পরিবর্তন মেপে T_g নির্ধারণ করা হয়। তবে বহুলকে বিন্যস্ত (Oriented) এবং অবিন্যস্ত (Disoriented) অংশগুলি দৈর্ঘ্য বরাবর অনিয়মিত থাকে বলে এবং বিভিন্ন অণুগুলিতে ডিগ্রী অফ পলিমারাইজেশন সমান নয় বলে ঐ পরিবর্তন কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় হয় না, একটি বিশেষ তাপমাত্রা অঞ্চলে ঘটে। তন্তুর T_g উহার রাসায়নিক গঠন এবং উৎপাদনকালীন বিভিন্ন অবস্থার উপর নির্ভরশীল। বিভিন্ন সিন্থেটিক তন্তুর T_g নিম্নরূপ ঃ

নাইলন ৬, ৬ ৫০° থেকে ৮০° সেন্টিগ্রেড, পলিয়েস্টার ৫০° হইতে ১৩০° সেন্টিগ্রেড, বিশুদ্ধ অ্যাক্রাইলিক ১০০° হইতে ১১০° সেন্টিগ্রেড, অ্যাক্রাইলিক সহ বহুলক (৫-১০ শতাংশ ভিনাইল অ্যাসিটেট বা মিথাইল অ্যাক্রাইলেট সহ একলক) ৭৫° হইতে ৮০° সেন্টিগ্রেড T_g অপেক্ষা কম তাপমাত্রায় বহুলকের রঙ ধারণ ক্ষমতা অত্যন্ত কম থাকে।

(৩) সকল সিন্‌থেটিক তন্তুই জল বিকর্ষক (Hydrophobic) অর্থাৎ জলে আসক্তি নেই। জল শোষণ করতে পারে না বলে ঘর্ষণের সময় এই তন্তুগুলি স্থির বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে যা সুতা উৎপাদনকালে নানা অসুবিধার সৃষ্টি করে এবং ব্যবহারকালে অস্বাচ্ছন্দ্য বোধ হয়। এই তন্তুগুলির রঙ ধারনক্ষমতা বিশেষত কম তাপমাত্রায় যথেষ্ট কম। তবে এই তন্তুগুলি থেকে প্রস্তুত বস্ত্রসমূহ সহজে ধোয়া যায়, ময়লা অনায়াসে দূরীভূত হয় এবং তাড়াতাড়ি শুকিয়ে যায়।

(৪) প্রাকৃতিক কারণে এই তন্তুগুলির ক্ষয় নগন্য অর্থাৎ ব্যাকটেরিয়া, ছত্রাক, কীট-পতঙ্গ (যেমন মথ) তন্তুগুলির কোনো ক্ষতি করতে পারে না।

(৫) এই তন্তুগুলির আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রাকৃতিক তন্তুগুলি অপেক্ষা কম। সেই কারণে হালকা ওজনের বস্ত্র তৈয়ারী করা যায়।

(৬) গোলাকার প্রস্থচ্ছেদ ও মসৃণ ত্বকের কারণে তন্তুগুলি উজ্জ্বল, পিচ্ছিল এবং সেলাই করা কষ্ট সাধ্য।

(৭) কিছু সিন্‌থেটিক তন্তু, উদ্ভিদজাত এবং প্রাণিজাত তেল ও চর্বিজাতীয় পদার্থ শোষণ করতে পারে। ঐ সকল পদার্থগুলি সত্বর দূর না করলে দীর্ঘস্থায়ী ধূসর দাগের সৃষ্টি হয়।

(৮) সিন্‌থেটিক তন্তু প্রাকৃতিক তন্তু অপেক্ষা কম দাহ্য। সিনথেটিক তন্তু আগুনে গলে পড়িতে থাকে এবং ঠান্ডায় গুটি তৈয়ারী হয়।

(৯) নিয়ন্ত্রিত অবস্থায় উৎপাদিত হয় বলে সিন্‌থেটিক তন্তুতে অনেক কম অবিশুদ্ধি থাকে এবং এই তন্তু অনেক বেশী সাদা বা স্বচ্ছ। তবে সুতা ও বস্ত্র উৎপাদনকালে কিছু রাসায়নিক দ্রব্য প্রয়োগ করা হয়। এছাড়া বিভিন্ন কারণে অবিশুদ্ধি, যেমন তেল ও ধূলো-ময়লা তন্তুতে যুক্ত হতে পারে। রঞ্জন করবার আগে সংযোজিত অবিশুদ্ধি দূর করা প্রয়োজন। তবে নিস্কাশন পদ্ধতি খুব সরল এবং বেশি সময় লাগে না।

(১০) তন্তুর উৎপাদনকালে জালি বা spinneret-এর পরিবর্তন করে বিভিন্ন প্রস্থচ্ছেদের সিন্‌থেটিক তন্তু উৎপাদন করা সম্ভব; যেমন, গোল, মসৃণ কোণ বিশিষ্ট ত্রিভূজ বা পঞ্চভূজ, ফাঁপা, অর্ধচন্দ্রাকার বা কুকুরের হাড়ের ন্যায় (Dog bone)।

বস্ত্রের উৎপাদনে ব্যবহৃত সিনথেটিক তন্তুগুলি প্রধানত তিনটি শ্রেণিভুক্ত যেমন :

(১) পলিঅ্যামাইড (Polyamide) : নাইলন (Nylon), অ্যারামিড (Aramid).

(২) পলিয়েস্টার (Polyester) : টেরিলিন, ডেক্রন।

(৩) পলিঅ্যাক্রাইলিক (Polyacrylic) : অ্যাক্রাইলিক, ক্যাশমিলন।

১.৮.১ নাইলন

নাইলন এবং অ্যারামিড উভয়েই দীর্ঘ শৃঙ্খল পলিঅ্যামাইডের বহুলক। নাইলনই প্রথম সিন্‌থেটিক তন্তু যা ১৯৪০ সালে রেশমের পরিবর্ত হিসাবে আবিস্কৃত হয়। সবচেয়ে প্রচলিত নাইলন দুইটি হল "নাইলন ৬, ৬" ও "নাইলন ৬" সংখ্যাগুলি বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত একলকের কার্বন পরমাণুর সংখ্যা নির্দেশ করে। যে বিক্রিয়ায় দুইটি সদৃশ বা ভিন্ন জৈব অণু পরস্পর যুক্ত হয়ে জটিলতর গঠন বিশিষ্ট যৌগ সৃষ্টি করে এবং উপসৃষ্ট পদার্থ (By product) উৎপন্ন করে

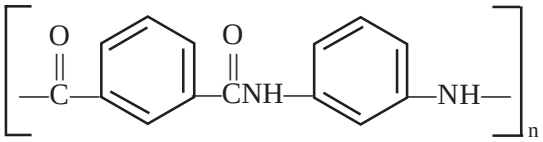
তাকে সংঘনন বিক্রিয়া বলে। ঐ ধরনের বিক্রিয়ায় যদি কার্বন-কার্বন অসংপৃক্ত বন্ধন সংপৃক্ত হয় এবং কোনো উপসৃষ্ট পদার্থ উৎপন্ন না হয় তবে ঐ বিক্রিয়াকে যুত বিক্রিয়া (Addition reaction) বলে। "নাইলন ৬, ৬" প্রস্তুত করা হয় হেক্সামিথিলিন ডাই অ্যামিন (Hexamethylene diamine) ও অ্যাডিপিক অ্যাসিডের (Adipic acid) সংঘনন বিক্রিয়ায় দুইটি একলকের অনুপাতের ছয়টি করে কার্বন পরমাণু আছে। ভারতে জনপ্রিয় "নাইলন ৬" কাপ্রোল্যাকটাম (Caprolactum) থেকে উৎপন্ন হয়, যা আবার ছয় কার্বন বিশিষ্ট ε-aminocaproic acid থেকে প্রস্তুত। "নাইলন ৬" অণুতে অ্যামাইড মূলকগুলি মুখোমুখি (Head to head) থাকে, অন্যদিকে "নাইলন ৬, ৬" অণুতে ঐগুলি প্রতিবারে দিক পরিবর্তন করে বা মুখ পুচ্ছ মজ্জায় (head to tail) সংযুক্ত থাকে।

"নাইলন ৬" $[-(CH_2)_5CONH-]_n$

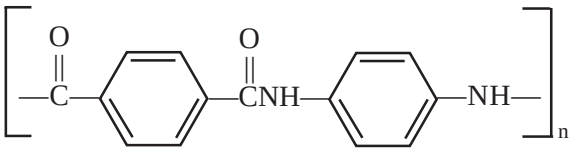
"নাইলন ৬, ৬" $[-CO(CH_2)_4CONH(CH_2)_6NH-]_n$

দুইটি নাইলনই গঠনে এবং ধর্মে অতি সদৃশ। অ্যামাইড মূলকগুলির আর্দ্র আসক্তির ফলে পলি অ্যামাইড তন্তু মোটামুটি ভাবে আর্দ্রতা ধারণ করতে পারে। ঐ মূলকগুলি রঞ্জক অণুর সঙ্গে আয়নিক বন্ধন করতে পারে। সেই কারণে অন্যান্য সিন্থেটিক তন্তু অপেক্ষা নাইলন রঞ্জন করা সহজ। "নাইলন ৬, ৬" এর গলনাঙ্ক (Melting point) বেশী। এটি অপেক্ষাকৃত কম রঞ্জক ধারণ করতে পারে এবং "নাইলন ৬" অপেক্ষা সামান্য খস্‌খসে। "নাইলন ৬, ৬" এবং "নাইলন ৬" তন্তুগুলির গলনাঙ্ক যথাক্রমে ২৬২° সেন্টিগ্রেড এবং ২১৫° সেন্টিগ্রেড। নাইলন তন্তু যথেষ্ট শক্ত, স্থিতিস্থাপকতাও যথেষ্ট বেশী, আপেক্ষিক গুরুত্ব কম এবং অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা (Moisture regain) বেশী (৪-৫ শতাংশ)। হাইড্রোজেন বন্ধন বিচ্ছিন্ন করতে সক্ষম দ্রাবকে, যেমন ফেনল, ফরমিক্ অ্যাসিড এবং বেনজ্যাইল অ্যালকোহলে এই তন্তু দ্রবীভূত হয়। ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা (Abrasion resistance) বেশি বলে দড়িজাতীয় পদার্থ উৎপাদনে নাইলন ব্যবহার করা হয়। নাইলনের রাসায়নিক প্রতিরোধ ক্ষমতা ভাল। চরম অবস্থায় এটি অম্ল, ক্ষার, জারক এবং বিজারক পদার্থগুলি দ্বারা আক্রান্ত হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় এবং সূর্যালোকে এটি জারিত (Oxidised) হয়, শক্তি হ্রাস পায় এবং হরিদ্রাভ হয়।

অ্যারোমেটিক ডাই অ্যাসিড ক্লোরাইড এবং অ্যারোমেটিক ডাই-অ্যামিনের বহু সংযোগ বিক্রিয়ায় অ্যারামিড বা অ্যারোমেটিক পলি অ্যামাইড তন্তু উৎপন্ন হয়। দ্বিমেরুক দ্রাবকে (Polar solvent) যথা, N, N-dimethyl formamide এই বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। নোমেক্স (Nomex) এবং কেভলার (Kevler) তন্তু দুইটির ক্ষেত্রে যথাক্রমে মেটা ও প্যারাবেনজিন ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় ডাই অ্যামিনের সহিত বিক্রিয়ার জন্য। নোমেক্স এবং কেভলারের রাসায়নিক গঠন যথাক্রমে ১-৩ ও ১-৪ চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১.৩ ঃ নোমেক্স বহুলক



চিত্র ১.৪ ঃ কেভলার বহুলক

অ্যারোমেটিক মূলক থাকে বলে এই বহুলক অতি দৃঢ় এবং অনমনীয়, শক্তি বেশি এবং তাপ সহনক্ষমতা বেশি এবং ২৫০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা পর্যন্ত অবিকৃত থাকে। এটির রাসায়নিক ও জীবাণু প্রতিরোধ ক্ষমতা অত্যন্ত বেশি। ঘন অম্ল এবং জারক পদার্থগুলি কেবল উচ্চ তাপমাত্রায় এটির ক্ষতি করতে পারে। অ্যারামিড তন্তু অতি উচ্চ শক্তি বিশিষ্ট এবং কম দাহ্য বস্ত্রের উৎপাদনে ব্যবহার হয়।

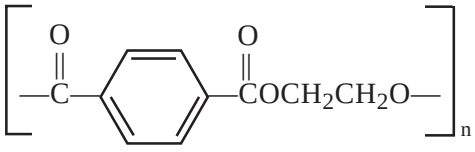
১.৮.২ পলিয়েস্টার

উৎপাদনের পরিমাণে এবং জনপ্রিয়তায় সিন্‌থেটিক তন্তুগুলির মধ্যে পলিয়েস্টারের স্থান সর্বোপরে। এককভাবে ও প্রাকৃতিক তন্তুর সঙ্গে মিশ্রিত (Blended) অবস্থায় বয়ন (Weaving) এবং বুনন (Knitting) উভয় প্রকার বস্ত্রের উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। শিল্পে ব্যবহার্য বস্ত্রের উৎপাদনেও এই তন্তুর ব্যবহার আছে।

পলিয়েস্টার বলতে সেই সকল তন্তুকে বোঝায় যাতে অন্তত ৮৫ শতাংশ প্রতিস্থাপিত (Substituted) অ্যারোমেটিক কার্বক্সলিক অ্যাসিড যেমন, টেরিথ্যালিক অ্যাসিড (Terephthalic acid) বা প্যারাহাইড্রোবেনজোইক্ অ্যাসিড (P-hydrobenzoic acid) থাকে। এই শ্রেণীর সবচেয়ে উল্লেখযোগ্য বহুলক হল পলিইথিলিন টেরিথ্যালেট (Polyethylene terephalate) (১-৫ চিত্র) যা ইথিলিন গ্লাইকল (Ethylene glycol)-এর সঙ্গে টেরিথ্যালিক অ্যাসিড বা ডাই মিথাইল টেরিথ্যালেটের (Dimethyl-terephthalate) বহুলক। এই বিক্রিয়া অনুঘটকের উপস্থিতিতে ২৫০°-৩০০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় ঘটানো হয় এবং ১০০-২৫০ ডি.পি.-র বহুলক উৎপন্ন হয়। ঐ বহুলককে ২৫০°-৩০০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গলিয়ে melt-spinning পদ্ধতিতে তন্তু প্রস্তুত করা হয়। পরে বিভিন্ন পরিমান প্রসারণ বল প্রয়োগ করে ভিন্ন ভিন্ন শক্তির তন্তু উৎপন্ন করা হয়; যেমন, পোশাক তৈয়ারীর জন্য সাধারণ শক্তির (Normal-tenacity) এবং শিল্পে ব্যবহার্য সুতার জন্য উচ্চ শক্তির (High tenacity) তন্তু। অন্য তন্তুর সঙ্গে মিশ্রণের জন্য স্বল্প দৈর্ঘ্যের staple fibre ও প্রস্তুত করা হয়। সাধারণ পলিয়েস্টারের বাণিজ্যিক নাম টেরিলিন, টেরিন, ডেক্রন, টেট্রন, ট্রেভিরা ইত্যাদি।

দৈর্ঘ্য বরাবর নির্দিষ্ট ব্যবধানে ফেনলিক (Phenolic) মূলক থাকে বলে এই বহুলক অতি দৃঢ় বা অনমনীয়। অণুগুলি পরস্পরের খুব সন্নিকটে থাকার ফলে ভ্যান ডার ওয়ালস্ বল সক্রিয় এবং অত্যধিক পরিমাণে কেলাসিত অঞ্চল গঠিত হয়।

সাধারণত পলিয়েস্টার তন্তু দেখতে মসৃণ দন্ডের ন্যায় এবং প্রস্থচ্ছেদ গোল বা মসৃণ কোণবিশিষ্ট ত্রিভূজাকৃতি (Trilobal)। এটি অতি দৃঢ়। বলপ্রয়োগে সহজে প্রসারিত হয় না অর্থাৎ initial modulus খুব বেশি। এটির স্থিতিস্থাপকতাও অতি উচ্চ এবং ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতায় এটির স্থান নাইলনের পরেই।



চিত্র ১.৫ ঃ পলিয়েস্টার বহুলক

পলিয়েস্টারের অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা মাত্র ০.৪ শতাংশ। জলে আসক্তি কম এবং এই জন্য রঞ্জক ও অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ সহজে তন্তুর অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে না। স্বল্প আর্দ্রতার কারণে ঘর্ষণকালে তন্তুতে স্থির বিদ্যুৎ (Static electricity) উৎপন্ন হয় যা সুতা উৎপাদনে (Spinning), সুতা গোটানো (Winding) এবং বয়নকালে (Weaving) অসুবিধার সৃষ্টি করে। উৎপাদিত বস্ত্র আরামদায়ক নয়, আর্দ্রতা বৃদ্ধির জন্য (Finishing agents)-এর প্রয়োগ জরুরী।

এটি জৈব ও অজৈব অম্ল, ক্ষার, জারক ও বিজারক পদার্থ দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না। তবে উত্তপ্ত অবস্থায় ক্ষতি হতে পারে। জীবাণু, কীট পতঙ্গ ক্ষতি করতে পারে না। এই তন্তু ফেনলের বিভিন্ন যৌগ যেমন, ক্লোরো-অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং কিছু ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত (Chlorinated) হাইড্রোকার্বনে উচ্চ তাপমাত্রায় স্ফীত (Swell) হয় এবং পরে দ্রবীভূত হয়। এটির তাপ পরিবহন ক্ষমতা মাঝারি। পলিয়েস্টার তন্তু ২৫০°-২৫৫° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় গলে যায়।

রঞ্জক ধারণক্ষমতা এবং দাহ্যতা মাঝারি রকমের বলে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় রূপান্তরিত পলিয়েস্টার (Modified polyester) উৎপন্ন করা হয়। তন্তুর বেনজিন বলয়ে সালফোনিক মূলক (Sulphonic) যুক্ত করে সি. ডি. পলিয়েস্টার

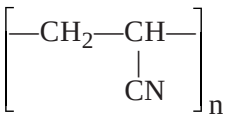
(Cationic polyester) তৈয়ারী করা হয় যা বেসিক বা ক্যাটায়নিক ডাই দ্বারা রঞ্জন করা যায়। হ্যালোজেন (যেমন ব্রোমিন) এবং ফসফোনেট (Phosphonate) মূলক প্রতিস্থাপন করে দহন প্রতিরোধী পলিয়েস্টার তৈয়ারী করা হয়।

সাধারণত পলিয়েস্টার ডিস্‌পারস্‌ ডাই (Disperse dyes) ব্যবহার করে উচ্চতাপে ও উচ্চচাপে রঞ্জন করা হয়। ১০০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার নিচে রঞ্জন করতে হলে carrier নামের সহায়ক দ্রব্যের (Auxiliary) প্রয়োজন হয়। Easy-dyeable polyester নামের বিশেষ পলিয়েস্টারের ক্ষেত্রে ঐ পদার্থের প্রয়োজন হয় না।

১.৮.৩ পলিঅ্যাক্রাইলিক বা অ্যাক্রাইলিক তন্তু

অ্যাক্রাইলিক তন্তু বলতে সায়ানাইড (Cyanide) পার্শ্বমূলক যুক্ত ভিনাইল তন্তুকে বোঝায়। এই সকল তন্তু অ্যাক্রাইলো না ইট্রিলের সঙ্গে বিভিন্ন সহএকলকের (Co-monomer) যেমন, মিথাইল মিথ্যাক্রাইলেট, ভিনাইল অ্যাসিটেট বা ভিনাইল পরিডিন বহু সংযোগ বিক্রিয়া করে উৎপাদন করা হয়। তন্তুতে অ্যাক্রাইলোনাইট্রিল (Acrylonitrile) ৮৫ শতাংশের বেশি থাকলে তাকে অ্যাক্রাইলিক তন্তু বলে এবং ৮৫ শতাংশের কম থাকলে মড্যাক্রাইলিক তন্তু বলে। উভয়েরই সাধারণ রাসায়নিক সংকেত ১.৬ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

মুক্তমূলক অবদ্রবীয় বহু সংযোগ বিক্রিয়ায় (Free radical emulsion polymerisation) প্রায় ১৫০-২০০ ডি.পি.-এর সহ বহুলক উৎপন্ন করা হয়, অণুগুলি পরস্পর অতি শক্তিশালী হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে বলে তাপ প্রয়োগ করলে গলবার আগেই বিনষ্ট হয়। সেই কারণে melt spinning সম্ভব নয়। পূর্বে উপযুক্ত দ্রাবকের অভাবে এই তন্তুর উৎপাদন সম্ভব ছিল না। দ্রাবক হিসাবে ডাই-মিথাইল ফর্ম্যামাইড (Dimethyl formamide) আবিষ্কারের পর solvent spinning প্রক্রিয়ায় অ্যাক্রাইলিক তন্তু উৎপাদন করা হয়। তন্তুর দ্রবণ উপযুক্ত দ্রবণে অধঃক্ষিপ্ত করে (Wet spinning) বা উত্তপ্ত বায়ুতে চালনা করে (Dry spinning) তন্তু উৎপাদন করা হয়।



চিত্র ১.৬

অ্যাক্রাইলিক মসৃণ ত্বকযুক্ত গোল বা কুকুরের হাড়ের ন্যায় (Dog bone) প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট তন্তু। এই তন্তুর শক্তি (Strenght) ও প্রসারণক্ষমতা (Elongation) মাঝারি রকমের। তন্তুর দৃঢ়তা (Stiffness) মাঝারি এবং স্থিতিস্থাপকতা অতি উচ্চ। অভ্যন্তরীণ আর্দ্রতা কম, তবে পলিয়েস্টার অপেক্ষা বেশি। খনিজ অম্ল এবং সাধারণ দ্রাবকসমূহে এই তন্তুর প্রতিরোধক্ষমতা ভাল। তবে ঘন খনিজ অম্ল দ্বারা এই তন্তুর ক্ষতি হয়। ক্ষারের লঘু দ্রবণে তন্তু ধীরে ধীরে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। অধিক তাপমাত্রায় হাইপোক্লোরাইট ব্যতীত অন্য জারক এবং বিজারক পদার্থগুলিতে এই তন্তু অপরিবর্তিত থাকে। আলোক রশ্মি এবং ছত্রাক দ্বারা তন্তুর ক্ষতি হয় না। ২০০° সেন্টিগ্রেডের অধিক তাপমাত্রায় গরম করলে অ্যাক্রাইলিক তন্তু নরম হয় এবং জটিল জারণ প্রক্রিয়ায় সংঘনীত (Condensed) রঞ্জিন পদার্থ উৎপন্ন হয়।

পশমতন্তুর সস্তা বিকল্প হিসাবে সোয়েটার (Sweater), স্কার্ট (Skirt), অন্যান্য পোশাক স্যুটিং, বুনন বস্ত্র (Knitted fabric), কম্বল, মোজা (Socks), কার্পেট, সজ্জা বস্ত্র (Upholstery) ইত্যাদিতে এই তন্তুর ব্যবহার আছে।

১.৯ তন্তুর সনাক্তকরণ পরীক্ষা

কোন অজ্ঞাত তন্তু দ্বারা প্রস্তুত সুতা বা বস্ত্রকে রঙ করবার আগে তন্তুর সনাক্ত করা প্রয়োজন। বিভিন্ন ভৌত পরীক্ষার সাহায্যে অজ্ঞাত তন্তুর সনাক্ত করা সম্ভব। যেমন :

(১) অনুবীক্ষণ যন্ত্রে তন্তুর দৈর্ঘ্য বরাবর ও প্রস্থচ্ছেদের দৃশ্য পর্যবেক্ষণ;

(২) দ্রবণীয়তা পরীক্ষা;

(৩) দহন পরীক্ষা;

(৪) আপেক্ষিক গুরুত্ব পরীক্ষা।

এই পরীক্ষাগুলি ব্যাতিত বিভিন্ন সূক্ষ্ম বিশ্লেষক (Sophesticated analytical) যন্ত্রের সাহায্যে তন্তুর ভৌতিক রাসায়নিক গঠন সম্পর্কে বিস্তারিত জানা যায়। যেমন,

(১) আলোকীয় এবং ইলেকট্রন অনুবীক্ষণ যন্ত্র (Optical and Electron microscope);

(২) রঞ্জনরশ্মি বিচ্ছুরণ যন্ত্র (X-ray diffractometer);

(৩) অবলোহিত বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্র (Infra-red spectroscopy);

(৪) অতি বেগুনি বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্র (Ultra-violet spectroscopy);

(৫) আলোকীয় বর্ণালিবীক্ষণ যন্ত্র (Visible spectroscopy);

(৬) তাপীয় বিশ্লেষক যন্ত্র (Thermal analysis instrument);

(৭) মৌলিক ও অন্তিমমূলক বিশ্লেষক যন্ত্র (Elementary and End group analysis instrument)।

১.৯.১ অনুবীক্ষণ যন্ত্রে পরীক্ষা

অজ্ঞাত তন্তুকে অনুবীক্ষণ যন্ত্রে পরীক্ষা করে প্রাথমিক সনাক্তকরণ সম্ভব। বিভিন্ন প্রাকৃতিক এবং মনুষ্যজাত তন্তুর অনু দৈর্ঘ্যচ্ছেদের (Longitudinal) এবং প্রস্থচ্ছেদের (Cross-sectional) দৃশ্য ১-৭ ও ১-৮ চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

১.৯.২ দ্রবনীয়তা পরীক্ষা

বিভিন্ন দ্রাবকে তন্তুর দ্রবনীয়তা উহার রাসায়নিক উপাদানের উপর নির্ভর করে। পর্যায়ক্রমে বিভিন্ন দ্রাবকে দ্রবনীয়তা পরীক্ষা করে তন্তুর সনাক্তকরন করা যায়। এই পরীক্ষা সহজ এবং সঠিক। বিভিন্ন দ্রাবকে তন্তুসমূহের দ্রবনীয়তা নিম্নরূপ :

তন্তু	**দ্রাবক**
তুলা	শতকরা ৭০ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবন ও কিউপ্র্যামোনিয়াম হাইড্রক্লাইড।
লিনেন, পাট	শতকরা ৭০ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডে বাদামী দ্রবন।
পশম	শতকরা ৫ ভাগ ফুটন্ত কস্টিক সোডার দ্রবন। নির্গত বাষ্পে লেড অ্যাসিটেন্ট সিক্ত কাগজ কৃষ্ণবর্ন হয়।
রেশম	শতকরা ৫ ভাগ শীতল কস্টিক সোডার দ্রবন।
রেয়ন ভিসকোস্	শতকরা ৬০ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবন ও কিউপ্র্যামোনিয়াম হাইড্রক্লাইড।
অ্যাসিটেড রেয়ন	অ্যাসিটোন।
পলিয়েস্টার	উত্তপ্ত মেটা ক্রেসল এবং উত্তপ্ত অর্থো-ক্লোরোফেনল।

পলি-অ্যামাইড	শীতল মেটা ক্রেসল শতকরা ৯০ ভাগ ফরমিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, শতকরা ৬০ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিড।
অ্যাক্রাইলিক	ফুটন্ত ডাই মিথাইল ফর্ম্যামাইড।

১.৯.৩ দহন পরীক্ষা

অগ্নিশিখায় তন্তুর দহনকালের অবস্থা পর্যবেক্ষন করে তন্তুর সনাক্তকরন সম্ভব। প্রাকৃতিক এবং পুনর্জাত তন্তু জ্বলে ভস্ম হয় এবং বিশেষ গন্ধ পাওয়া যায়। সিনথেটিক তন্তু গলে সংকোচিত হয় এবং শিখার বাইরে আনলে পোড়া অংশ গুটিতে রাপান্তরিত হয়।

সেলুলোজ দ্বারা গঠিত তন্তু যেমন পাট, তুলা, লিনেন ভিসকোস্ রেয়ন ইত্যাদি দ্রুত জ্বলে এবং জ্বলবার সময় পোড়া কাগজের গন্ধ পাওয়া যায়। প্রায় কোন ভষ্ম অবশিষ্ট থাকেনা।

প্রাকৃতিক প্রোটিন তন্তু যেমন পশম, রেশম ইত্যাদি ধীরে ধীরে জ্বলে, পোড়া চুলের গন্ধ পাওয়া যায়। ভঙ্গুর কালো ভষ্ম পড়ে থাকে।

অ্যাসিটেট তন্তু জ্বলে গলতে থাকে এবং ভিনিগার বা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের গন্ধ পাওয়া যায়। ঠান্ডায় শক্ত কালো গুটি তৈয়ারী হয়।

পলি অ্যামাইড তন্তু গলে কাচের ন্যায় গুটি তৈয়ারী করে এবং অ্যামিনের গন্ধ পাওয়া যায়।

পলিয়েস্টার তন্তু গলে অনিয়মিত গুটি তৈয়ারী হয় এবং অ্যারোমেটিক সুগন্ধ পাওয়া যায়।

পলিঅ্যাক্রাইলিক তন্তু ছোট ছোট শক্ত কালো গুটি তৈয়ারী করে।