



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A2: Rozvoj v oblasti distanční výuky, online výuky a blended learning

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Vlákna – vlastnosti – modifikace

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.

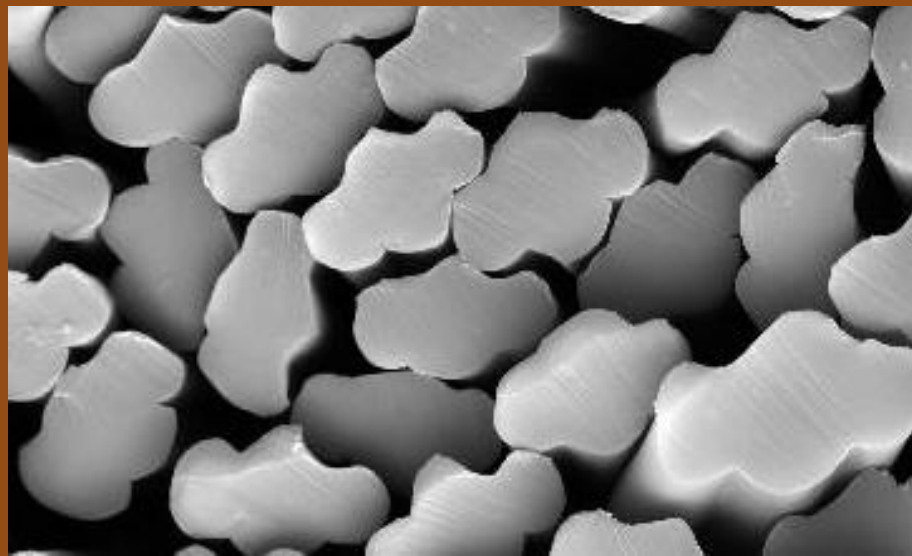




KDE/VYF – Vysocefunkční textilie

Modifikace vlastností vláken

Jana Drašarová
Katedra designu



Textilní vlákna

vlákno
délková textilie
převládá podélný
rozměr

rozdělení
dle původu

Přírodní vlákna

→ kultivace

→ šlechtění



Vlákna chemická

→ výroba !!!

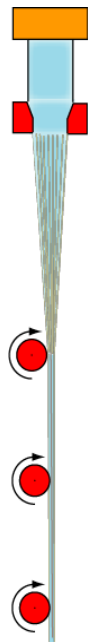
- z přírodních polymerů
- ze syntetických polymerů
- anorganická

man made fibres

Výroba

- Příprava roztoku nebo taveniny polymeru
- Protlačení polymerní kapaliny zvlákňovací tryskou
- Postupné tuhnutí polymeru v lázni nebo šachtě (→ *nedloužené vlákno*)
- Dloužení vlákna (→ *dloužené vlákno*)
- Tepelná fixace struktury vláken
- Finální úprava vláken

Modifikace vláken



A. v průběhu přípravy polymeru

-
-

B. v průběhu přípravy vlákna

-
-

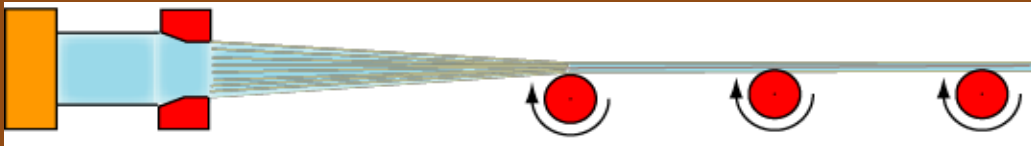


C. při použití vláken:

-
-

Modifikace vláken

A. v průběhu přípravy polymeru



A1) změna relativní molekulové hmotnosti

- snížení relativní molekulové hmotnosti (průměrného polymeračního stupně) = zkrácení řetězců

Př: modifikace PES, PAN, snížení ohybové tuhosti, snížení žmolkovitosti, zlepšení barvitelnosti



Žmolkovitost



Stadium tvorby	Vlastnosti
I. stadium - výstup volných konců na povrch tkaniny (vznik chlupatosti povrchu)	koeficient tření, pevnost, tažnost, odolnost v oděru vláken
II. stadium - zakrucování vláken, vznik žmolku	tvar příčného řezu vláken, koeficient tření, jemnost, pružnost, tuhost vláken
III. stadium - odtrh žmolku	pevnost, odolnost v oděru
Vlastnosti příze	zákrut
Vlastnosti tkaniny	konstrukce, vazba a hustota provázání
Finální úprava	tepelná fixace, kartáčování, postřihování a opalování

A2) kopolymery

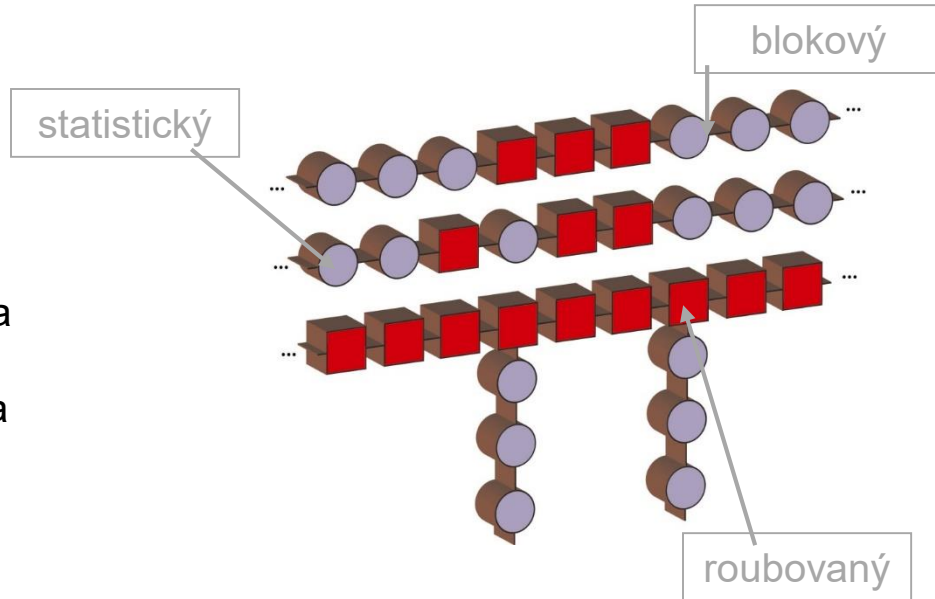
chemické komponenty (které ovlivní vlastnosti)

zakomponované DO hlavního řetězce

nutné zvážit prioritu
výsledných vlastností vlákna



zásah do struktury zpravidla
ovlivní pozitivně/negativně
více vlastností najednou!



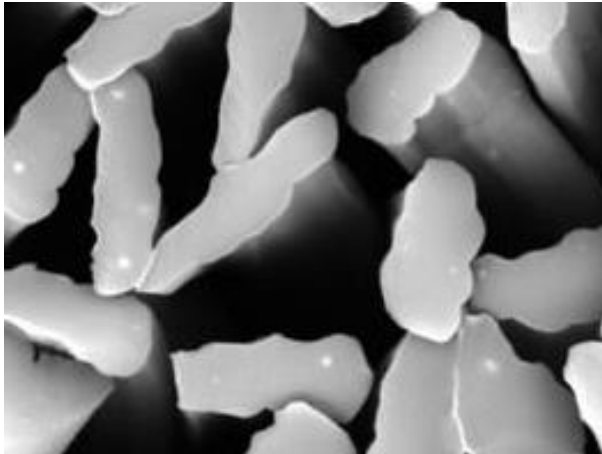
A3) aditiva = funkční částice do hmoty polymeru

→ látky, které se nezabudovávají do struktury polymerních řetězců

→ zůstávají dispergovány ve hmotě polymeru (tavenině/roztoku) a ovlivňují výsledné vlastnosti vláken

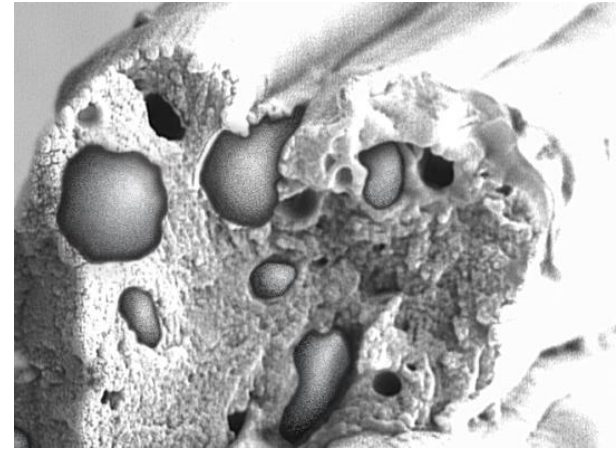
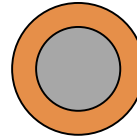
Aditiva

samotné aditivum je účinnou látkou (např. částice kovů)



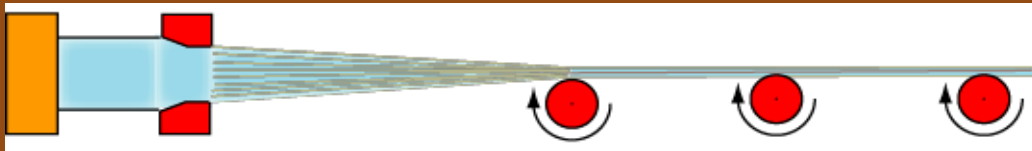
Mikrokapsule

účinná látka je zapouzdřena v malé tobolce („obalu“);
velikost ~ 0,01 - 100 μ m



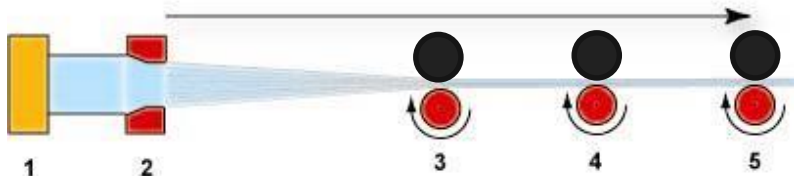
Modifikace vláken

B. v průběhu přípravy vlákna



B1) úprava podmínek dlužení a fixace

Čas, teplota, vzdálenost dlužících válečků a fixační periody



ovlivnění především:

- mechanických vlastností
- sráživosti vláken

Př:

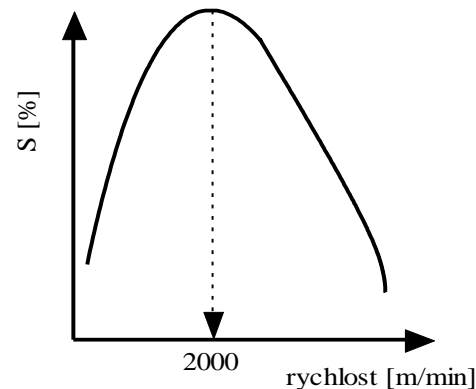
1000 → 8000 m/min — částečně orientovaná struktura POY (PARTIALLY ORIENTED), krystality s nataženými řetězci

srážení v horké vodě, vyšší pevnost, lepší odolnost proti otěru, splývavost, nemačkavost, odolnost proti degradaci na slunci a proti mýdлу

$v_4 > v_3 \dots$ rychlost

$$\lambda = v_4 / v_3$$

($\lambda \sim 3$ až 5 (10))

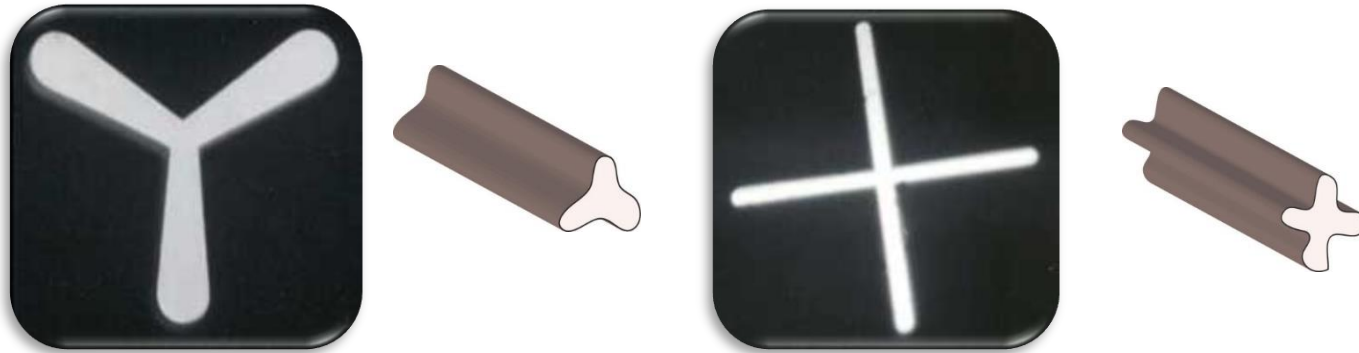


Vztah mezi rychlostí zvláknění a sráživosti v horké vodě S

B2) nekruhový průřez

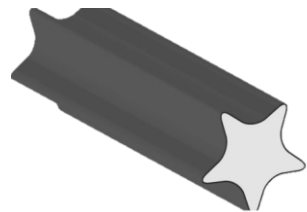
↑ kapilarita, ↑ smáčení, ↑ filtrace, ↑ objemnost, ↑ krycí faktor, změna omaku, lesku, ↓ ohybová tuhost / žmolkovitost

VÝROBA - modifikace tvaru otvorů ve zvlákňovací trysce

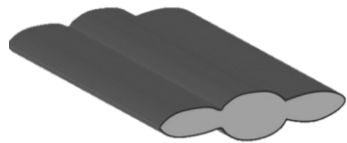


Aplikace - bikomponentní vlákna - řízená povrchová destrukce - kombinace

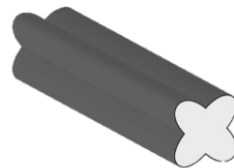
B2) nekruhový průřez - příklady



Moira
POP



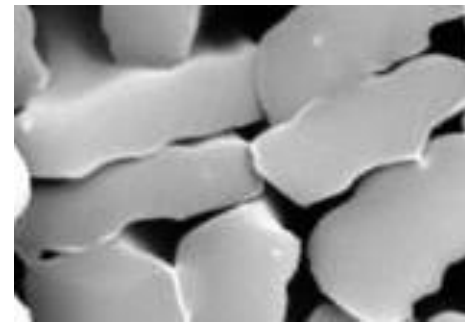
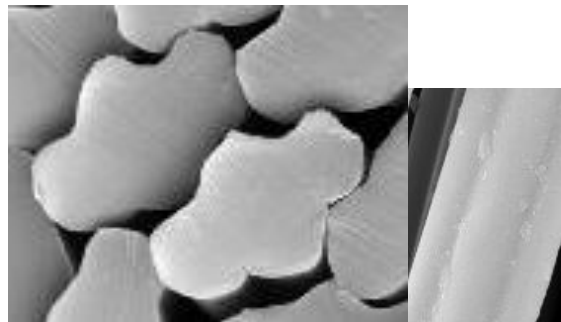
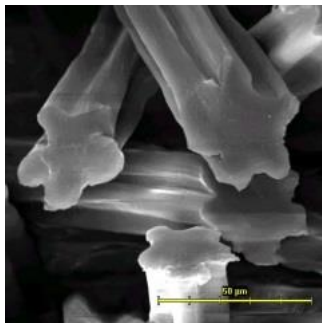
PES
Coolmax



PES
Aerocool



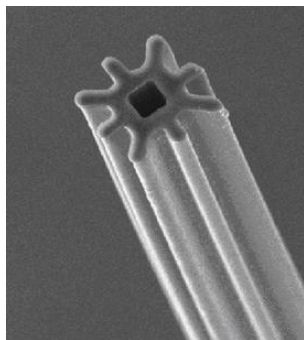
PES
multichannel



B2) nekruhový průřez – příklady PES

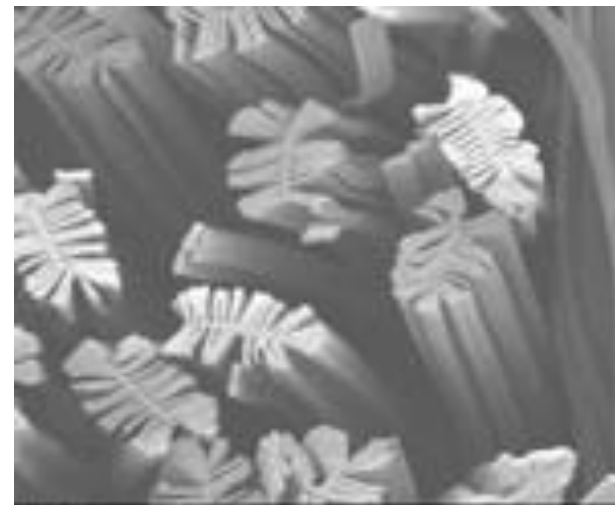
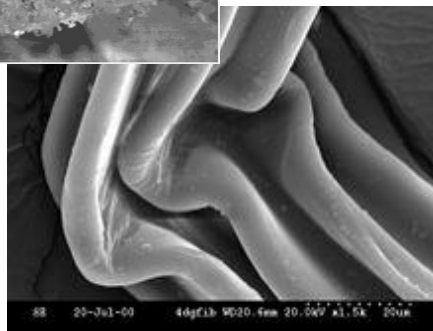
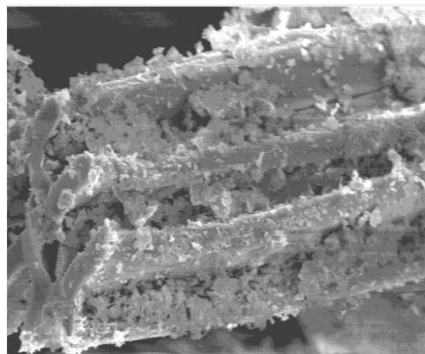


PES vysoký lesk - koberec

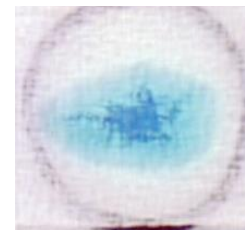


Octopus
Teijin Fibers (PES)

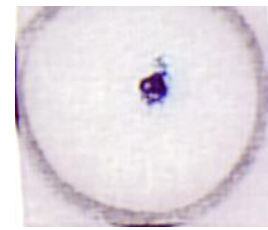
Winged Fiber™
15 -10 um
(pes)



Winged fibres



Kruhový průřez



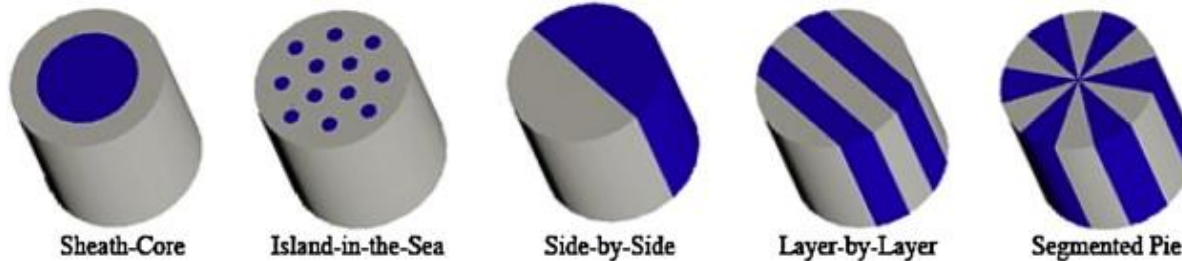
spontánní rozptyl kapalin na povrchu,
zachycování a kotvení částic, objemnější a
lepší krytí

B2) bikomponentní, ultrajemná, dutá

a) spojení rozdílných vlastností (nízká & vysoká tepelná odolnost; elektrická vodivost & omak; pevnost & omak; pružnost & odolnost v oděru ...)

S/S side by side (zvlnění), C/S core – sheath (antistat)

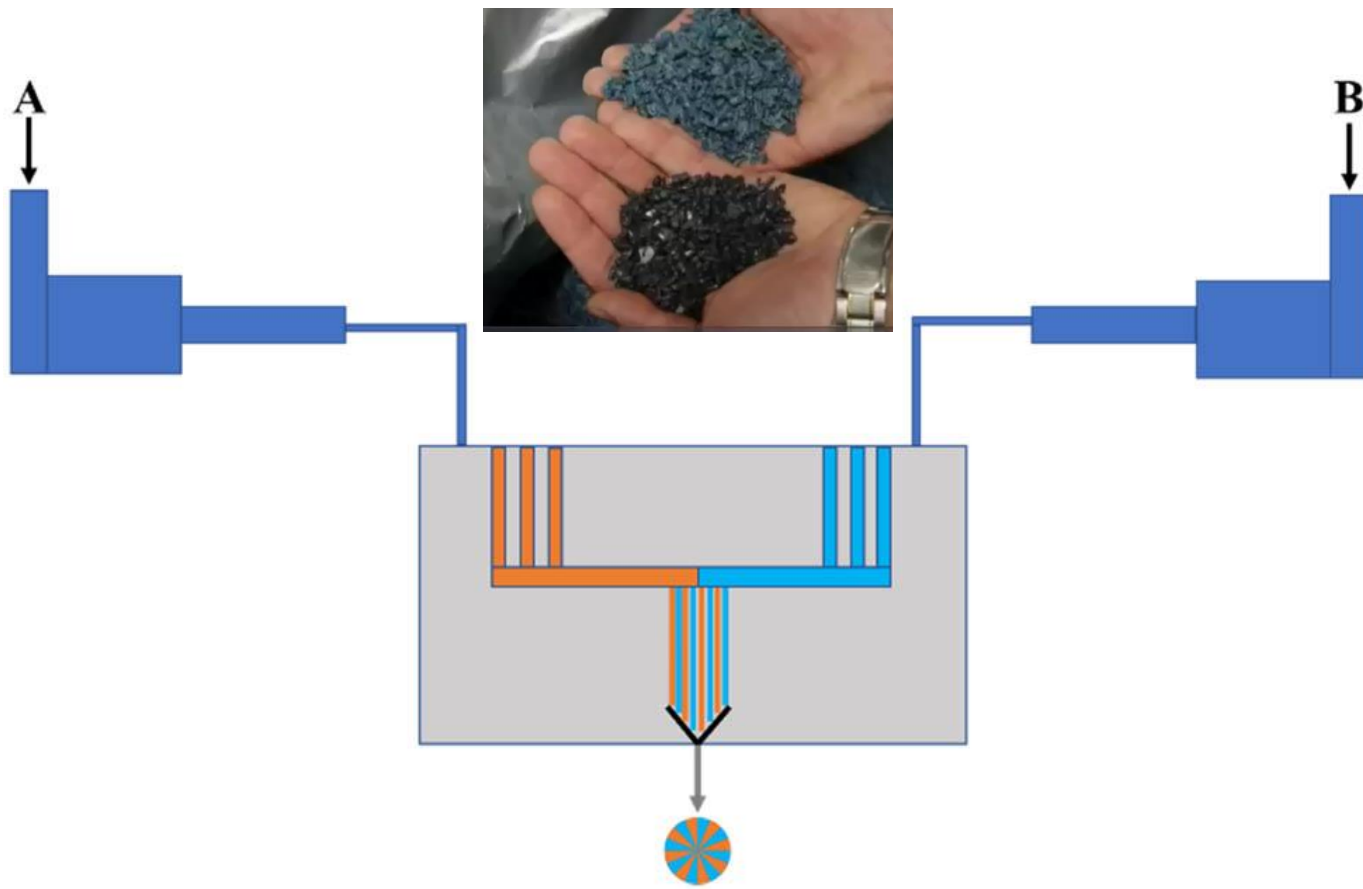
MS/S (multiple side by side), SP (Segmented radial), MC (multi core)



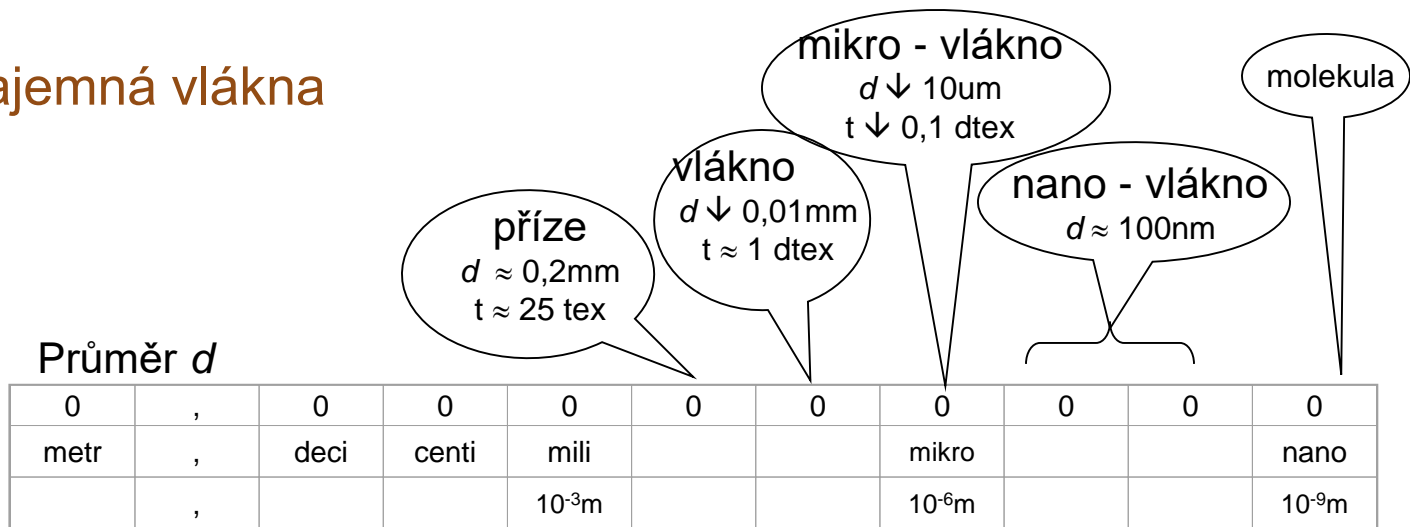
b) „meziprodukt“ při výrobě mikro- , nano-vláken, dutých, ...

M/F(multi-fibril)

B2) bikomponentní - výroba



B2) ultrajemná vlákna



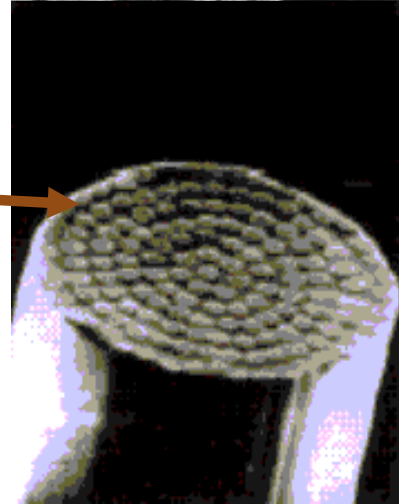
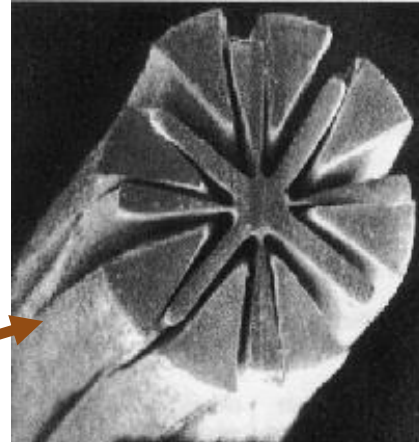
mikrovlákno
&
lidský vlas



nanovlákna
&
lidský vlas

B2) mikro- vlákna - výroba

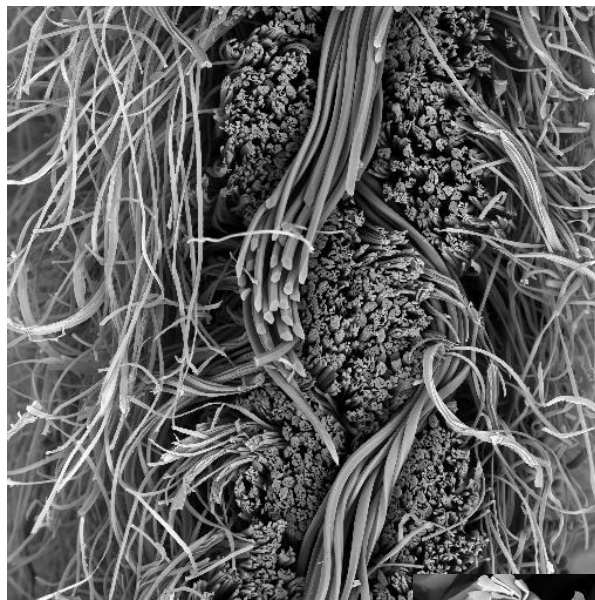
- ❑ **zvlákňování** (omezeno \Leftrightarrow otvory v trysce $\sim 0,15$ mm)
- ❑ přes **kompozitní (bikomponentní) vlákna** štěpením vícevrstvé konjugované struktury Kanebo (Belima® X) PES PAD, rozpuštěním jedné složky vznikají mikrovlákna (Islands-In-A-Sea)
- ❑ **fibrilace fólií** (ve tkanině – lepší zpracovatelnost)



B2) mikro- vlákna - vlastnosti

- velký měrný povrch
- příjemný omak
- vynikající splývavost
- sametově hedvábný vzhled
- vysoká hustota uložení vláken ve tkanině ⇒ vynikající krycí schopnosti
- zvýšený čistící efekt (odstranění nečistot až řádově mikrometrů velikých a jejich transport z čištěného povrchu)

- nevýhodou - zvýšená mačkavost

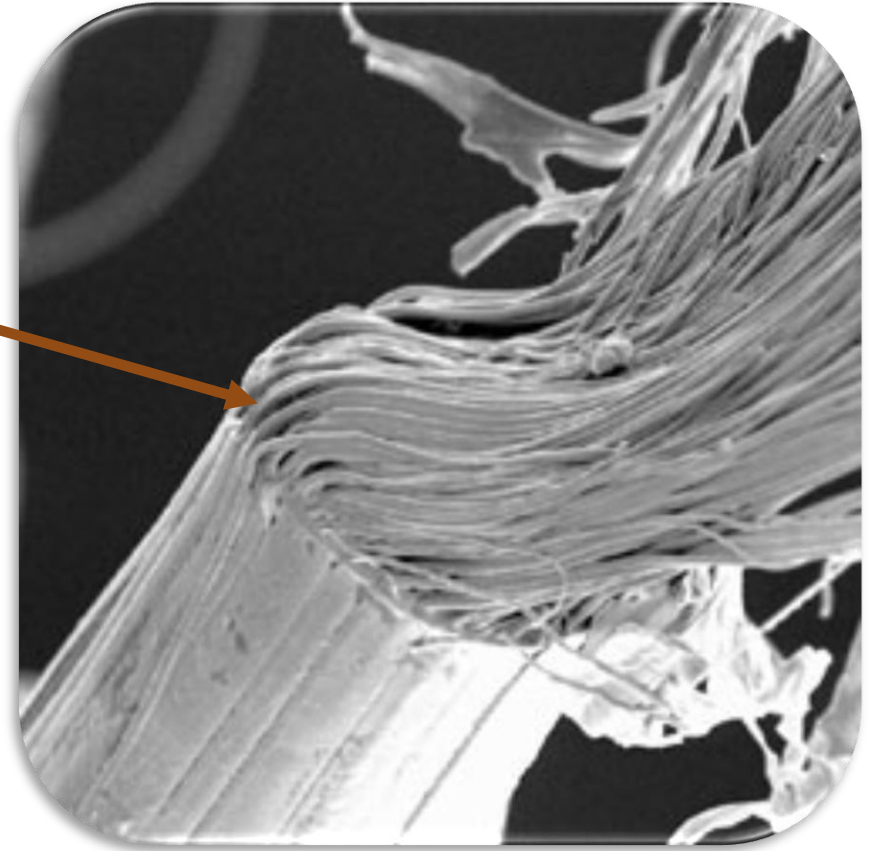


Příklad:
ručník
85%PES / 15%PAD



B2) nano- vlákna - výroba

- ❑ bi-komponentní vlákna (sea islands)
~ 300 nm



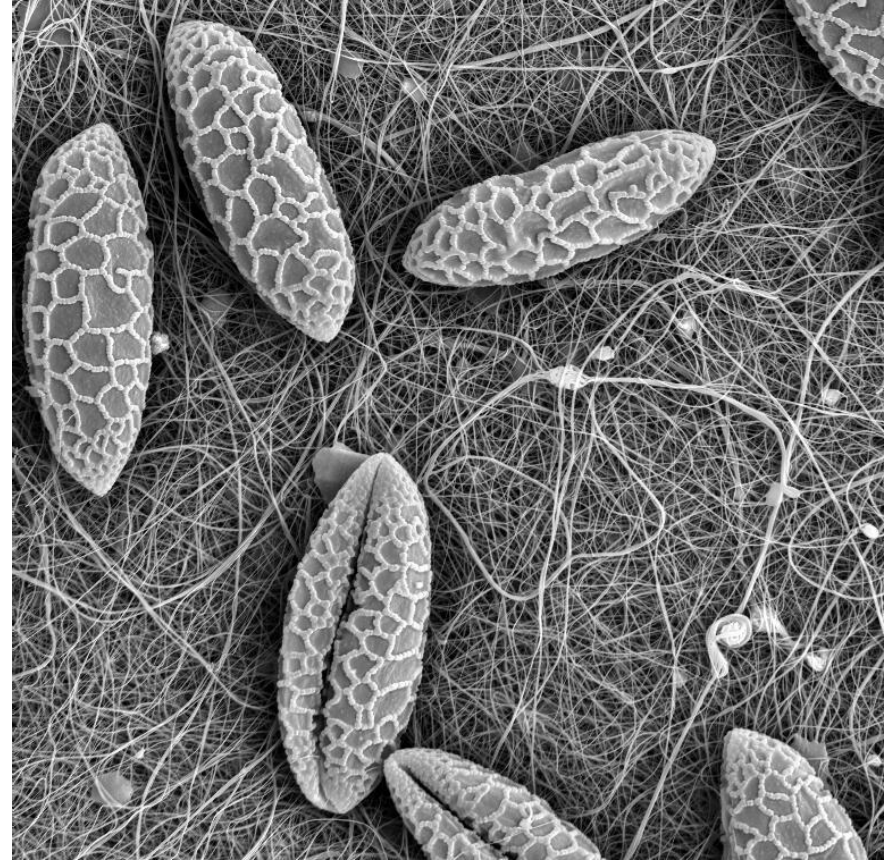
B2) nano- vlákna - výroba

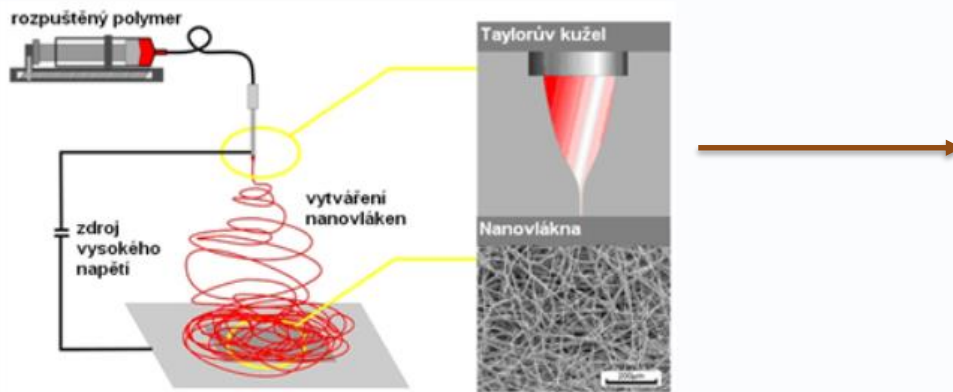
☐ elektrostatické zvlákňování - membrány

50 nm, využívá:

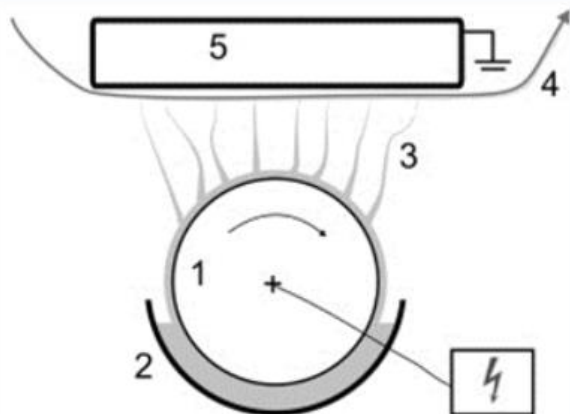
- vytvoření elektricky nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny
- samoorganizaci polymerního roztoku či taveniny do formy nanovláken jen s pomocí elektrického pole

- velmi jemné a účinné filtry
- náhrady lidských tkání
- obvazové materiály
- separační membrány
- dýchací masky
- ochranné oděvy
- nanovodiče





Obr. 4: Schéma přípravy nanovláken tryskou



Obr.5: Schéma přípravy nanovláken pomocí válce otáčejícího se v rozpuštěném polymeru - Nanospider technologie 1 — kovový váleček (pozitivně nabitý); 2 — zásobník roztoku polymeru; 3 — směr formování nanovláken; 4 — netkaný substrát (podkladní materiál pro tvorbu nanovláken); 5 — uzemněný kolektor.



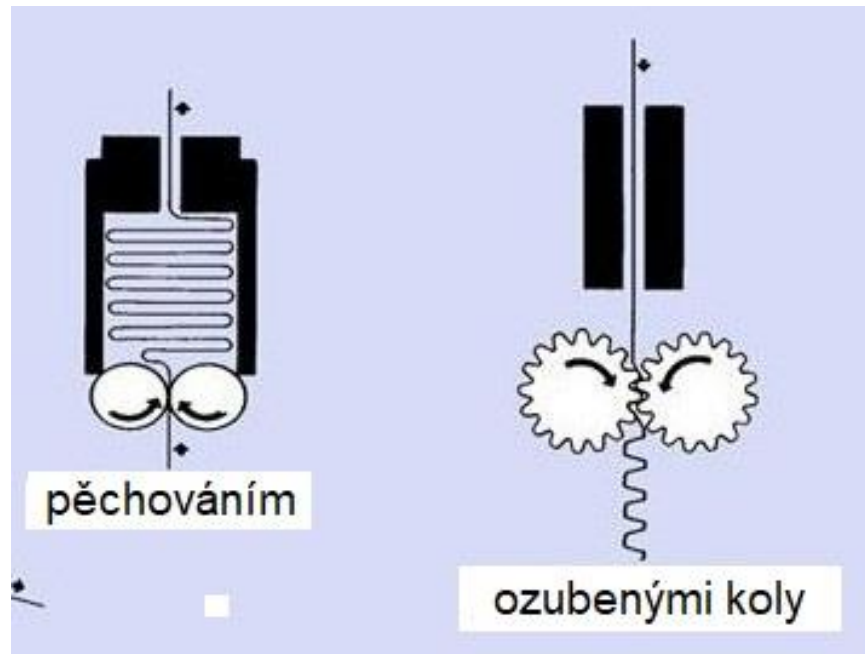
B3) tvarování

„objemnost“ 2D 3D

- **mechanické** obloučkování tvarování vzduchem, pěchování, tažení přes hranu, deformace na ozubených kolech, nepravý zákrut, pletení — rozplétání
- **vytvoření nesymetrické struktury** (bikomp. vlákna S/S, diferenční bobtnání povrchových vrstev a jádra)
- **nesymetrické tepelné zpracování** buď lokálním nesymetrickým ohřevem nebo asymetrickým chlazením ve spřádací šachtě
- ...

stabilizace zákrutem nebo **fixace teplem**

(i bodově)



Modifikace vláken

- při použití vláken = finální úpravy

- při výrobě vláken
- při výrobě textilie

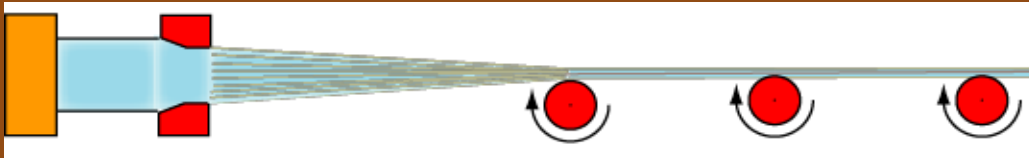
CH – agresivní chemikálie

Bio – enzymy..

FY/CH – UV, plasma, laser

Povrstvení (Coating) – vodoodpudivé ...

FY – tavení povrchu, mechanická abraze



C1) Roubování

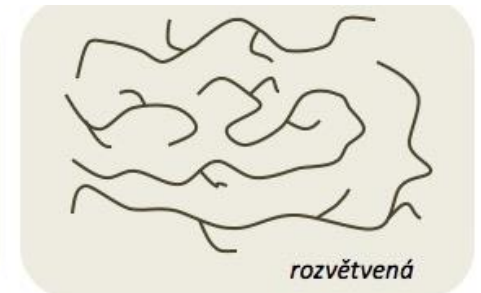
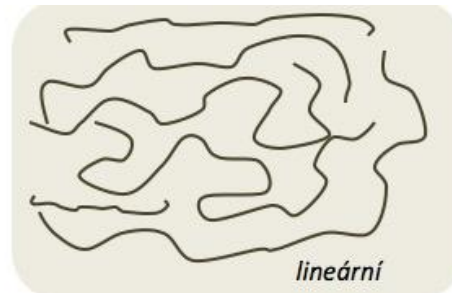
Př: PES

tvorba rozvětveného polymeru (navázání postranních řetězců na řetězce PES)

1/ tvorba volných radikálů (iniciace roubovací reakce)

- chemická iniciace (oxidace peroxidy)
- ozařováním
- studenou plazmou (energetické částice plasmy porušují při kolizích s povrchem materiálu chemické vazby)

2/ nízkomolekulární látky (kyselina akrylová, metylmetakrylát) se váží na makro- radikály vzniklé v řetězcích PES (proběhne polymerace monomeru - vzniknou boční řetězce)



C2) řízená povrchová destrukce



př: zvýšení barvitelnosti PES - dodatečná krystalizace

- působení rozpouštědla - indukovaná krystalizace (bobtnání)
- odstranění rozpouštědla - struktura kolabuje (vznik prasklin na povrchu, mikroduťin uvnitř vláken a celkové rozvolnění struktury)

C1 C2) „plasma treatment“ – bezvodé úpravářenské procesy

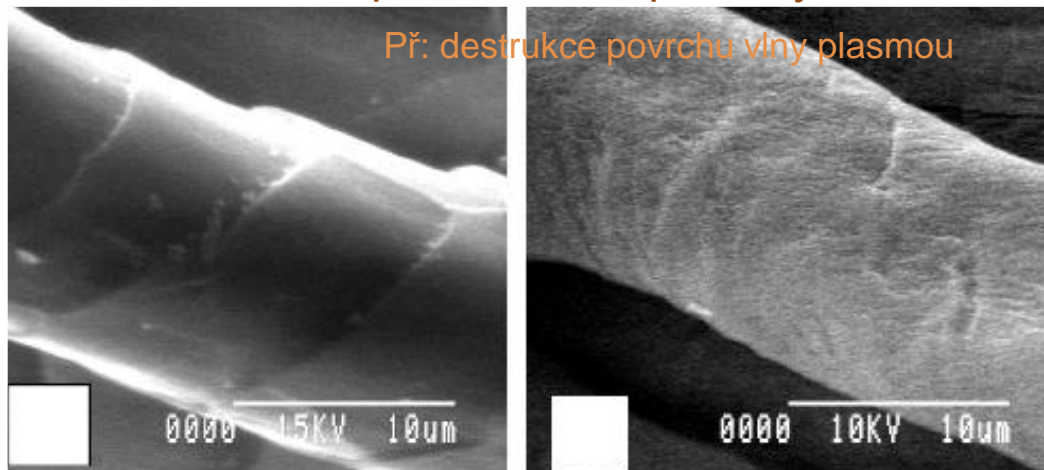
↑sorpce vody, splývavost, omak

PLASMA: ELEKTRICKÝ NEUTRÁLNÍ SYSTÉM (součet \oplus nábojů = součet $-$ nábojů)

t plasmového plynu = cca 30 – 100°C

lze aplikovat na organické materiály

při výboji - přenos energie mezi elektrickým polem a plazmatem (elektrony urychlené srážkami s částicemi)



Výskyt v přírodě přírodní výboje (blesk), plamen ohně, 99% vesmíru, ...

Průmyslové aplikace výbojky, elektrostatické filtry, generátory ozonu, iontové pohony, ..., opracování povrchů materiálů výboji, povrchové drásání, hydrofilizace, hydrofobizace, narušení povrchu pro zlepšení adhezních schopností, chemické složení a následně i vlastnosti povrchu vlákna jiné než jádra (např. příprava polypropylenových vláken s deodoračním účinkem)

-- nutnost práce v uzavřeném vakuu, omezuje použití pro kontinuální zušlechťování textilií



KDE/VYF – Vysocefunkční textilie

Speciální vlákna

Jana Drašarová
Katedra designu



Speciální vlákna

- do 30tých let - vlákna přírodní (lýková, bavlna, vlna), ocelové dráty
- od 30tých let **nylon = PAD 6.6** (pevnější, odolnější vůči cyklickému namáhání)
- od 50tých let **polyestery** (tužší) a **polyolefiny** (např. POP lehčí ale nízká tepelná odolnost a odolnost vůči UV)

SPECIÁLNÍ SYNTETICKÁ vysocepevná

- od 1971 **Kevlar** (extrémní pevnost ale střední odolnost vůči oděru a UV)
- od 1984 **Dyneema** , **Spectra** (extrémní pevnost, odolnost proti oděru a měrná hmotnost ale nízký bod tání)
- od 90tých let **Vectran** (extrémní pevnost, odolnost proti oděru a rázu ale nízká stálost na světle)
- aromatický kopolyamid **Technora**



Speciální vlákna

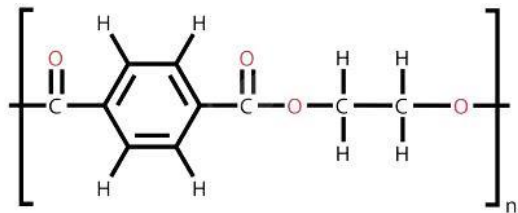
- *mechanické a geometrické* — **vysoká pevnost** a modul pružnosti, odolnost v oděru, odolnost vůči únavě, nízká jemnost atd.; vysoké protažení s prakticky úplným elastickým zotavením (elastomery),
- *elektrické* — elektrická izolace, **elektrická vodivost**, dielektrické, piezoelektrické, pyroelektrické a antistatické vlastnosti, schopnost uchování digitální informací;
- *optické* — odolnost vůči záření, refrakce záření, fotochromie, radiační odpor, radiační absorpce, elektromagnetická bariéra;
- *akustické* — absorpce zvuku, izolace vůči vibracím;
- *magnetické* — magnetický odpor, magnetická indukce, magnetická bariéra;
- *teplotní* — tepelná izolace, pyroelektrické vlastnosti, termoelektrické vlastnosti, termochromie, **odolnost vůči teplu a hoření**;
- *separační* — iontově výměnné vlastnosti, prodyšnost vzduchu, zachycování prachu, selektivní oddělování, adsorpce/desorpce;
- *hydrofilně/lyofilní* — super-sorpce, repelence vody/olejů, propustnost vlhkosti;
- *adhezní* — okamžitá adheze, tlakově citlivá adheze;
- *fyziologické* — **rozklad v organismu, fyziologická kompatibilita, anti bakteriální vlastnosti**, komfort

Vlákna vysoce pevná

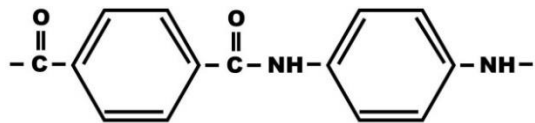
výztuhy do kompozitních materiálů, TT, ochranné oděvy (proti rázům, prořezání apod.)
Multifily!

- Para aromatické amidy
- Vysoce pevný polyethylen
- Uhlíková vlákna
- Skleněná vlákna
- Kovová vlákna
- Pavoučí hedvábí
- ... Monokrystaly (Whiskers)

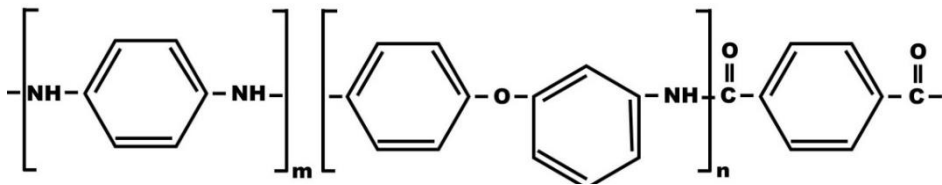
Vlákna vysoce pevná – Para aromatické amidy = aramidy



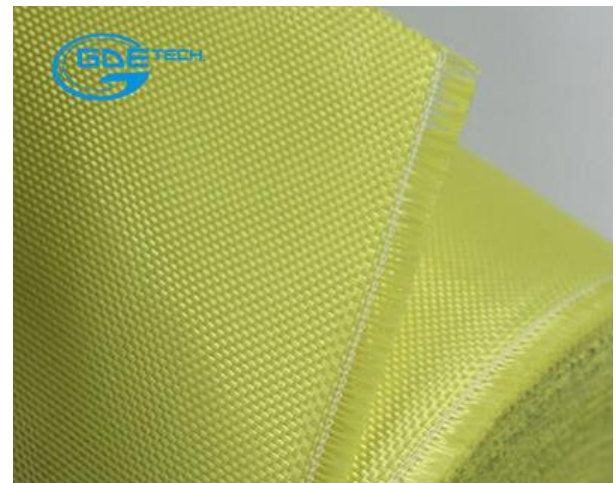
PES



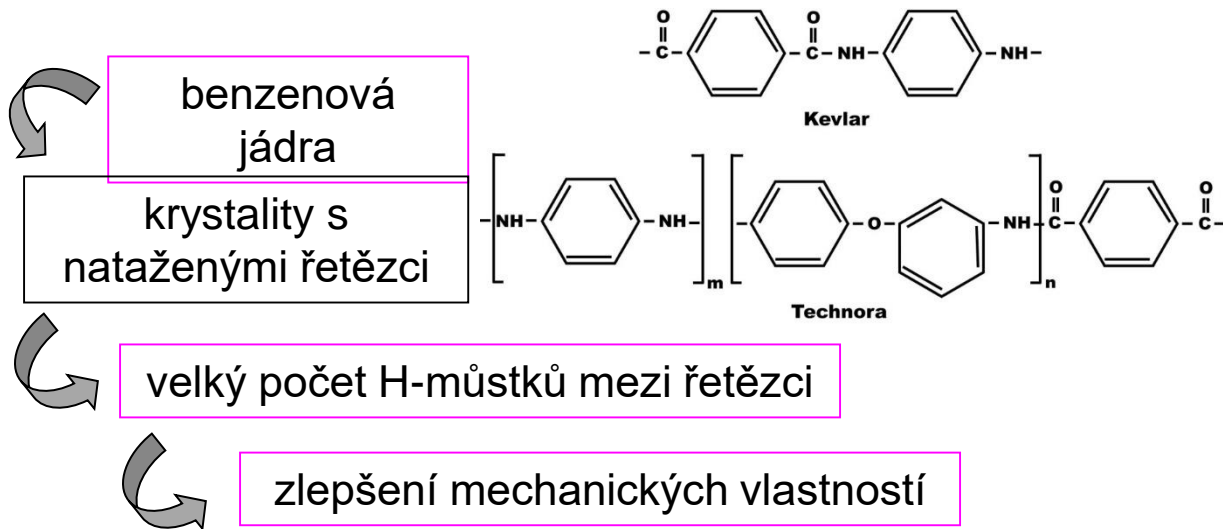
Kevlar



Technora



Vlákna vysoce pevná – Para aromatické amidy = aramidy



Př: *Kevlar, Nomex, Technora, Twaron*
velmi odolné na tahové namáhání, proti působení chemikálií a vysokých teplot,

Kevlar29 - ochranné obleky

Kevlar49 - výztuže do kompozitů - lodě a letadla

Vlákna vysoce pevná – Vysoce pevný polyethylen (HDPE)

Holandsko – *Dyneema*, Honeywel USA – *Spectra*, Mitsui Japonsko - *Texmilon*

Polyethylen: $[-CH_2-]_n$ – neobsahuje skupiny schopné tvořit silné mezimolekulární vazby. Běžná PE vlákna jsou měkká a málo pevná. Při ideálním uspořádání makromolekul je však možné dosáhnout výrazně lepších mechanických vlastností.

→ Princip výroby - zajištění maximálního vzájemného přiblížení polymerních řetězců tak, aby z původně málo orientovaného systému s krystalitami se skládanými řetězci vznikl uspořádaný systém s krystalitami s nataženými řetězci.

Použití: výroba námořnických lan plavoucích na vodě; ochranné textilie chránící proti propíchnutí, prořezání, prostřelení apod.

Aromatické polyestery *Vectran, Econol*

Vlákna vysoce pevná – uhlíková vlákna

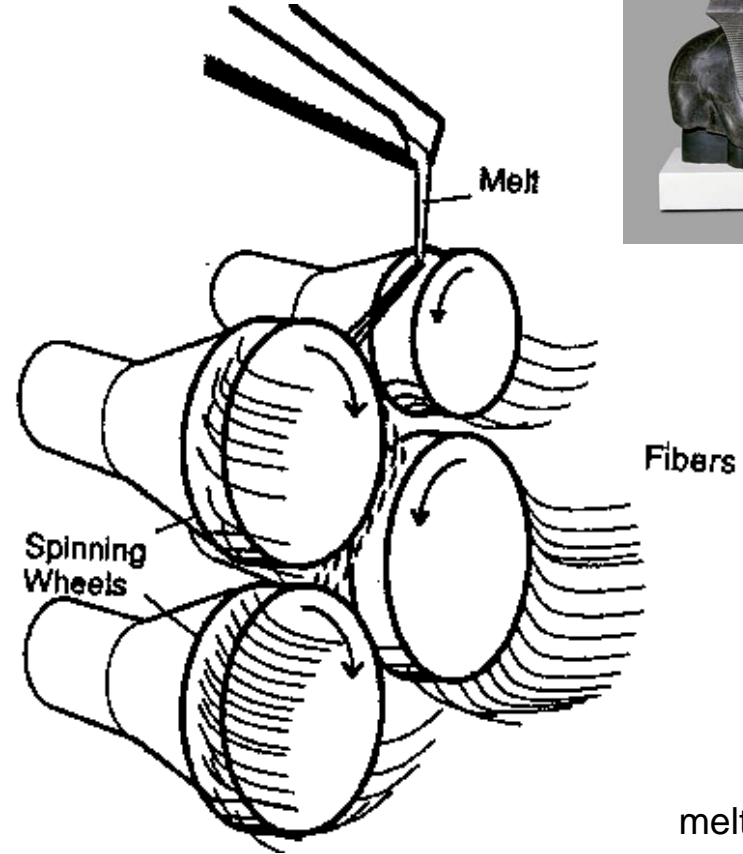
souhrnný název

výroba

- řízená pyrolýza vhodných
prekurzorů (VI, PAN,...)
- 1000-2000°C karbonizace
85-95%C
- 2400-3000°C grafitizace
99%C



Vlákna vysoce pevná – čedičová vlákna



Vlákna vysoce pevná – Skleněná vlákna

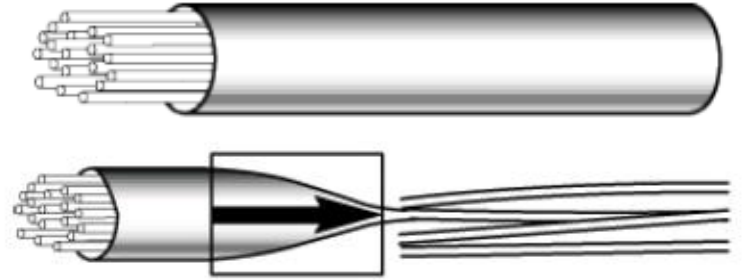
používají se jako retardér hoření, pro stavební izolace, jako výztuhy do kompozitních materiálů. Existují různé typy skleněných vláken:

E-sklo – velmi odolné proti působení vlhkosti, má vysoký tepelný a především elektrický odpor. Je málo chemicky odolné. Použití: především v elektrotechnice a pro výztuhy plastů - **vlákna**

C-sklo – chemická odolnost vůči kyselinám i zásadám. Použití: chemická filtrace

S-sklo – vysoká pevnost. Použití: nejvíce pro výrobu kompozitních materiálů

Vlákna vysoce pevná – kovová vlákna (výroba)



- tažení drátu (hrubá vlákna - do 100 μm - za studena nebo za tepla)
- tažení ve svazcích (střední až jemná vlákna)
- z taveniny (hrubá vlákna)
- Taylorův proces (velmi jemná vlákna až 10 μm) = obalení silnějšího drátku vhodným sklem a protahováním za teplot, kdy je sklo změkklé a kov uvnitř buď plastický nebo roztavený

Porovnání - zpracovatelnost

Obecně platí, že uhlík, keramika, sklo mají nízkou odolnost v ohybu a vznikají problémy s jejich textilním zpracováním

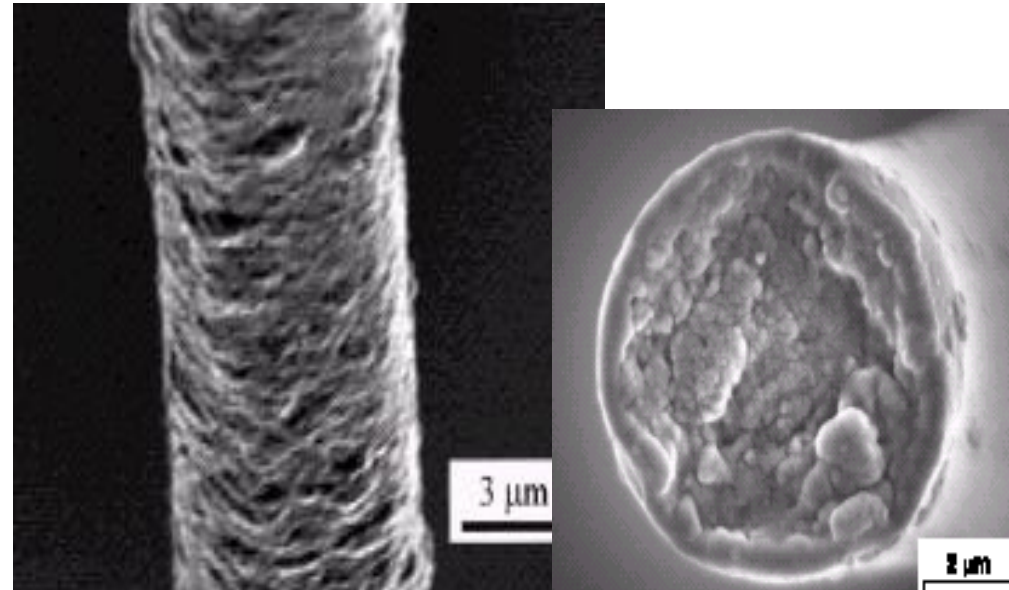
Aramidy a další organické polymery mají vysokou odolnost v ohybu umožňující snadné textilní zpracování (tkaní, pletení)

Vlákna vysoce pevná

Pavoučí hedvábí

- ke ztuhnutí dochází na vzduchu
- schopné odolávat působení povětrnosti a dalších vnějších vlivů
- biodegradovatelné působením speciálních enzymů
- 1 pavouk – více druhů
- **aplikace v biomedicíně (nitě, šlachy, vazy)**
- **aplikace v textilu (sport, neprůstřelné vesty, airbagy)**

<https://www.youtube.com/watch?v=aLSGBQUA8l0>





Plášť vyrobený z hedvábného pavoučího “zlata” na Madagaskaru



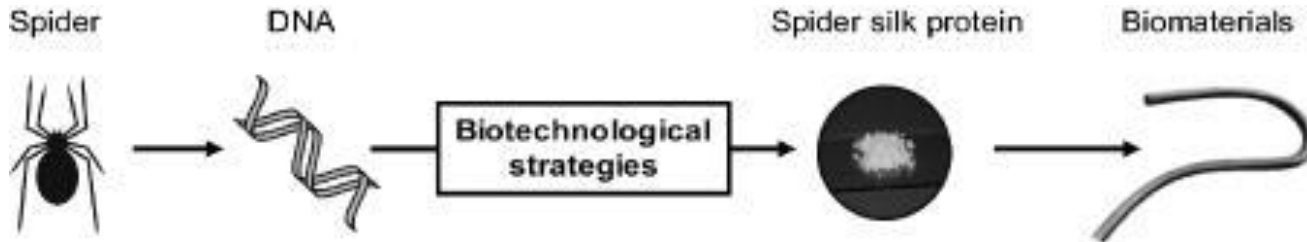
<https://www.ancient-origins.net/artifacts-other-artifacts/world-s-rarest-textile-made-silk-one-million-spiders-009010>

Photo by Helen Macky

Umělé pavoučí hedvábí

Escherichia Coli

- r. 1994 – genetické inženýrství
- aplikace pavoučího DNA do bakterie E.C.
- vlákno tvořeno keratinem a amorfní neuspořádanou maticí
- pavoučí hedvábí je pevnější
- hedvábí E. coli je pružnější



Umělé pavoučí hedvábí – ‚transgenic‘

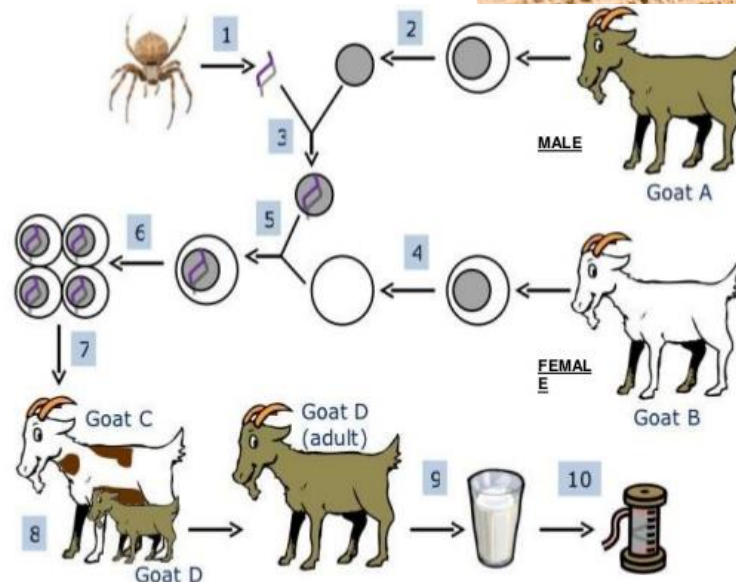
Bourec morušový

modifikace DNA bource
morušového

Monster Silk®, Both Dragon Silk™



Západoafrická koza



Vlákna s vysokou tepelnou odolností

→ Vyznačují se nejen nehořlavostí (= zabránění šíření ohně), ale při působení vysokých teplot si zachovávají své další vlastnosti (především mechanické) a nerozkládají se.

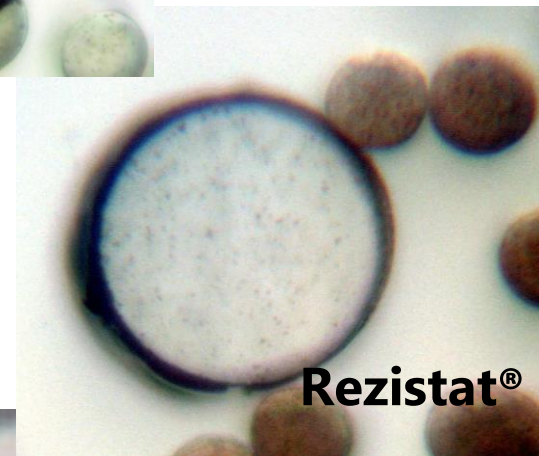
Př:

- Kevlar (stabilní do teploty 150°C; při působení 250°C po dobu 8hod se jeho mechanické vlastnosti zhorší o ~ 30%)
- Nomex (odolává dlouhodobě až ~ 300°C)
- Kynol (odolává krátkodobě až ~ 1000°C)

Vlákna vodivá / se zvýšenou vodivostí

Způsoby přípravy:

- **kovová** vlákna
- **uhlíková** vlákna (přímým použitím kovu lze získat až **1000x vyšší vodivost** než v případě uhlíkem plněných vodivých vláken)
- Finální úpravou (povrchovým nánosem - **metalizovaná**)
- **bikomponentní**: Přidáváním funkčních částic do hmoty polymeru (přidáním vodivých částic v podobě aditiv) jako vodivých částic lze využít: vodivé polymery, kovy, částice uhlíku (tzv. uhlíková čern)
- **vodivé polymery** (chemická struktura sama zajišťuje zvýšenou vodivost (přítomnost iontových elektronových párů))



Bioaktivní vlákna

→ Textilie s antimikrobiálními účinky:

- Bakteriostatické – inhibují růst bakterií a způsobují jejich postupné vyhynutí
- Bakteriocidní – vybrané bakterie přímo zabíjejí

Způsoby přípravy:

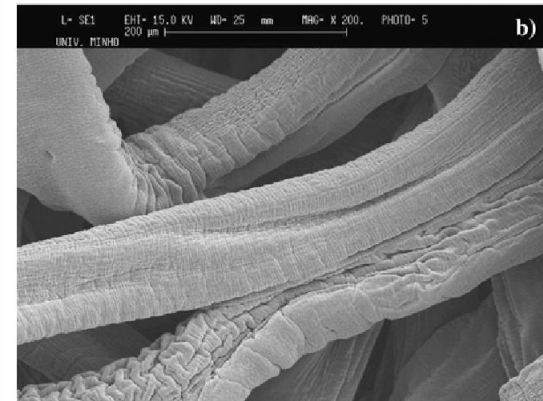
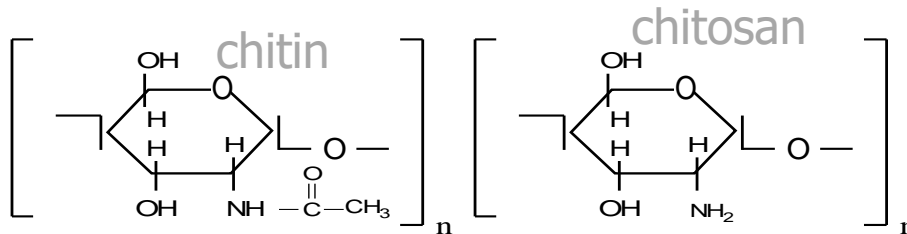
- Chemickou modifikací vláknotvorných polymerů
- Přidáváním funkčních částic do hmoty polymeru
- Finální úpravou

Příklady účinných látek: sloučeniny Pb, Zn, Ag, Cr, Cd; živočišné polysacharidy chitin a chitosan apod.

Chitin a chitosan I

- chitin je rozšířený zdroj obnovující se přírodní suroviny (schránky raků, krabů, garnátů a ostatních vodních živočichů chráněných pevným obalem)
- **zmýdelněním (deacetylací) chitinu vzniká chitosan**
- struktura připomíná celulózu, místo OH skupiny je přítomna acetylová NH_2 skupina
- **podporují růst buněk u rostlin, živočichů i člověka**
- **podporují tvorbu nových tkání a urychlují hojení ran**
- **chitosan v důsledku přítomnosti NH_2 skupiny zastavuje růst řady bakterií**, postačuje kolem 0,025 % chitosanu.
- rozpustný ve vodě, nejsou zcela biokompatibilní s tkáněmi. Pro tyto účely se používá směsných vláken, např. s kolagenem

Obvazy
Rekonstrukce tkání



Alginátová vlákna

- Zdrojem alginátových vláken jsou hnědé mořské řasy (chaluhy)
- alginát sodný je ve vodě rozpustný, alginát vápenatý je ve vodě nerozpustný
- směs vápenaté a sodné soli vede k **polymeru, který bobtná a vytváří gel, je hydrofilní, propustný pro kyslík, ale nepropustný pro bakterie a podporuje růst nové tkáně.**
- schopné **absorbovat až 20-ti násobek své hmotnosti**
- antibiotická vlákna se vyrábějí přidáním tetracyklinu do zvláknovací lázně. Lze použít i jiná léčiva.
- přidáním stříbrných solí vznikají komplexy stříbra , které také zlepšují zvláknitelnost a mechanické vlastnosti



Stříbro

Ag (lat. Argentum) = ušlechtilý kov bílé barvy

nejlepší elektrická a tepelná vodivost ze všech známých kovů

elektronický průmysl, výroba CD, DVD nosičů, šperkařství, fotografický průmysl, ..

Biologický význam stříbra = působí baktericidně a desinfekčně

Koloid = suspenze mikročástic (molekul či atomů) většinou pevné látky, která je rovnoměrně rozptýlena ve vodním nebo hydrofilním prostředí (lidská krev, lymfa, mozkomíšní tekutina)

jednobuněční mikrobi - více než 97 všech druhů a kmenů. Patří k nim původci 670 klasifikovaných chorob - koky, enterokoky, mikrokoky, streptokoky, stafylokoky, stomatokoky, pneumokoky, meningokoky, bakterioidea, neiserie, Helicobacter pylori, klostridia, Escherichia coli a další koliformy, salmonely, Bacillus aureus, Bacillus cereus a další bacily, za viry HIV, herpetoviry, cytomegaloviry, hepatoviry, chřipkové viry a další, za houby a plísňové kandidy, giardie, trychomony a jiné.

Všechny tyto jednobuněčné organismy mají své vlastní enzymy; které jsou katalyzátory jejich životních pochodů. Mikroby přijímají "potravu" receptory v membráně, která tvoří jejich "kůži" a skrze ní vylučují i své biologické odpady. Atomy stříbrného koloidu póry v membráně snadno projdou a chemicky dezaktivují enzym mikrobu. Nejpozději do 4 minut mikrob odumře, protože není schopen bez svého enzymu uskutečňovat látkovou přeměnu.

Další bioaktivní vlákna

Přidání funkčních částic do hmoty polymeru (sloučeniny Pb, Zn, Ag, Cr, Cd)

Trevira Bioactive - částice stříbra dispergovány uvnitř ve vlákne

Finální úprava

X-Static - částice stříbra naneseny na povrchu vlákna (PAD) až 15% hmotnosti



Shrnutí – okruhy ke zkoušce

Modifikace vlastností vláken v průběhu přípravy polymeru

Modifikace vlastností vláken v průběhu přípravy vlákna

Modifikace vlastností vláken v průběhu použití vláken

Speciální vlákna – vysocepevná, nehořlavá, bioaktivní, vodivá