

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

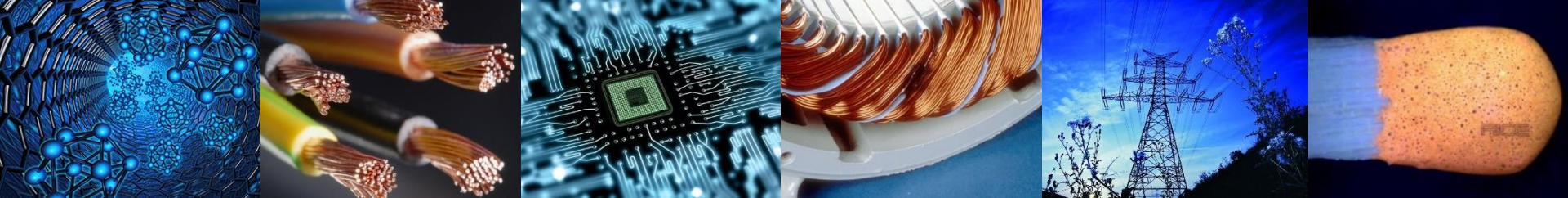
reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Západočeská univerzita v Plzni

Katedra materiálů a technologií

11.

Elektrotechnické materiály

KET/ELTM

Ing. Robert Vik, Ph.D.



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**

EK 410, rvik@ket.zcu.cz



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Organické izolační materiály



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

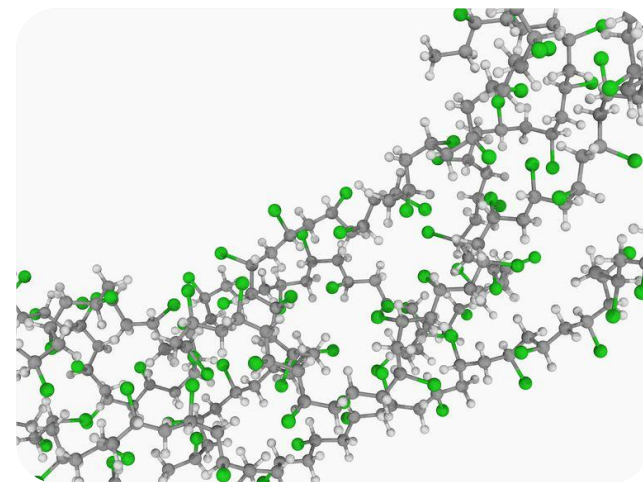
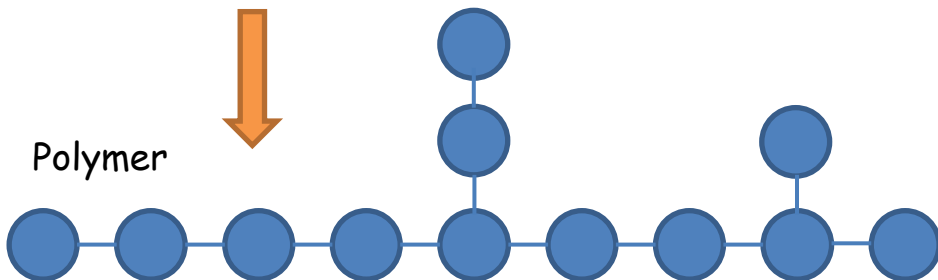
Charakteristika pevných organických izolantů

- sloučeniny uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, příp. dalších prvků
- útvary složené z velkého počtu kovalentně vázaných atomů (tzv. řetězce)
- podstatou většinou makromolekulární látky (velké, rozsáhlé molekuly)
- **polymer** – látka složená z velkého množství shodných molekul (**merů**)
- počet opakujících se jednotek – **polymerační stupeň**
- chemická struktura a stavba molekul - určují jejich vlastnosti elektrické, mechanické, chemické, teplotní odolnost atd.

Monomer



Polymer



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

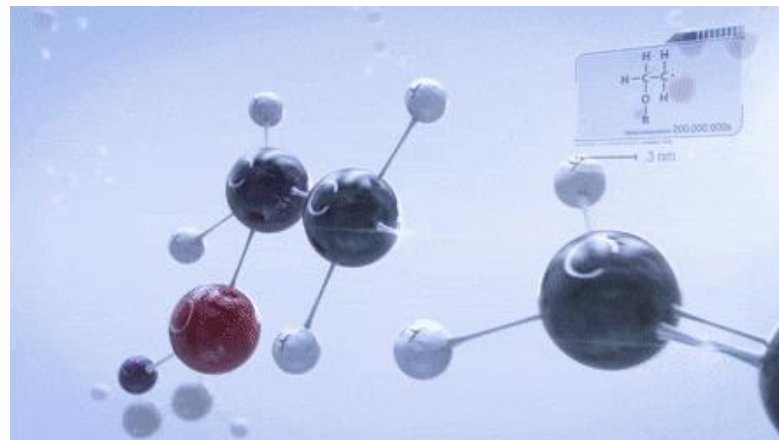
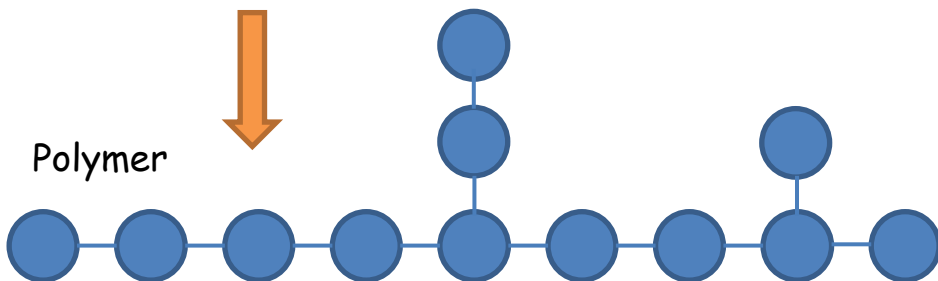
Charakteristika pevných organických izolantů

- sloučeniny uhlíku, vodíku, kyslíku, dusíku, příp. dalších prvků
- útvary složené z velkého počtu kovalentně vázaných atomů (tzv. řetězce)
- podstatou většinou makromolekulární látky (velké, rozsáhlé molekuly)
- **polymer** – látka složená z velkého množství shodných molekul (**merů**)
- počet opakujících se jednotek – **polymerační stupeň**
- chemická struktura a stavba molekul - určují jejich vlastnosti elektrické, mechanické, chemické, teplotní odolnost atd.

Monomer



Polymer



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

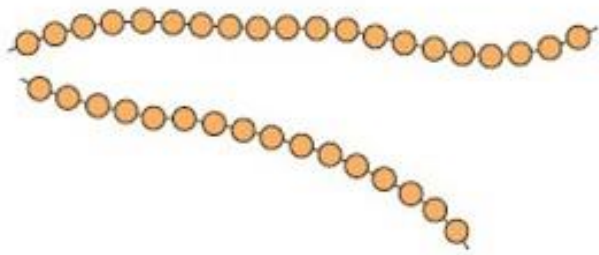


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

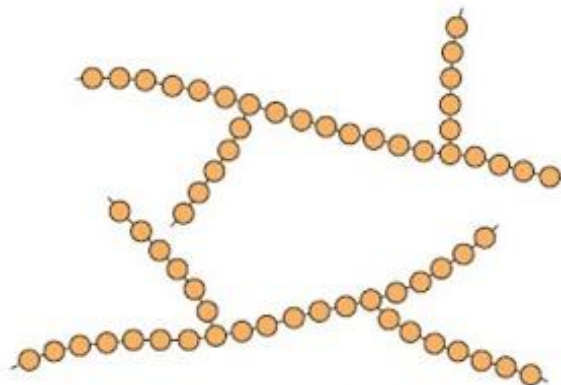
Struktura makromolekulárních látek

- různý geometrický tvar makromolekul

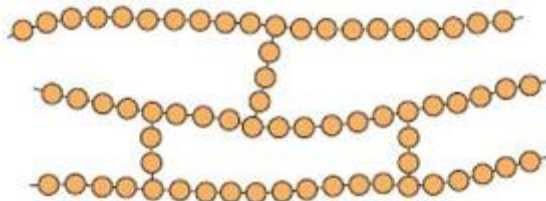
lineární:



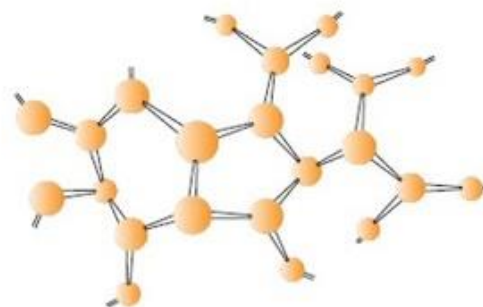
rozvětvené:



plošně síťované:



prostorově síťované (3D):



Klasifikace pevných organických izolantů

Pevné organické izolanty

přírodní

syntetické

rostlinné

(živočišné)

termoplasty

reaktoplasty

elastomery

kalafuna
dřevo
papír

šelak
hedvábí

polyethylen
polypropylen
polyvinylchlorid
polyamid

epoxidy
nesaturované
polyestery

butadienové
ethylen-
propylenové



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

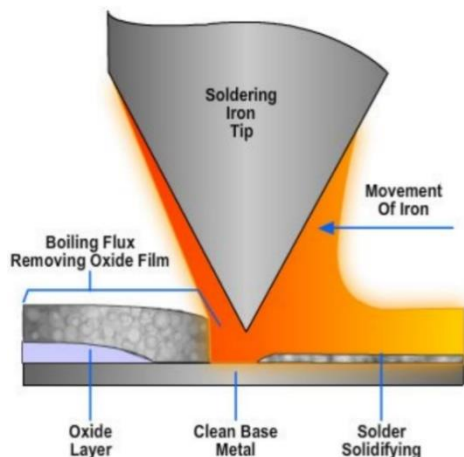


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Přírodní pryskyřice

- **Kalafuna**

- ▶ destilační zbytek z pryskyřice borovic (tvořený zejména org. kyselinami)
- ▶ rozpustná v alkoholu, taje v rozmezí 80 – 120 °C
- ▶ horká reaguje podobně jako silné kyseliny → rozpouští kovy i jejich oxidy
- ▶ používá se jako tavidlo pro pájení a jako součást elektroizolačních laků



Jantar – fosilní pryskyřice



Šelak – výměšky červce lakového, součást elektroizolačních laků



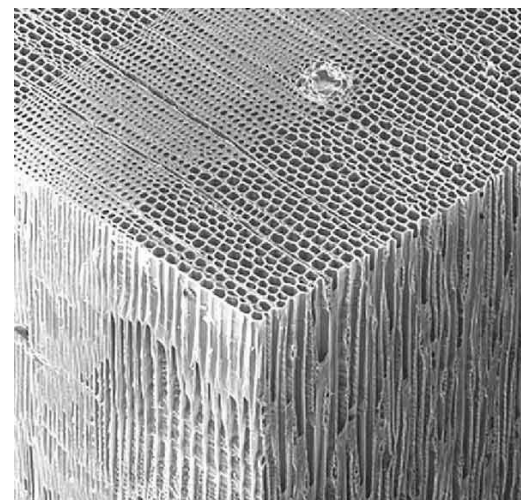
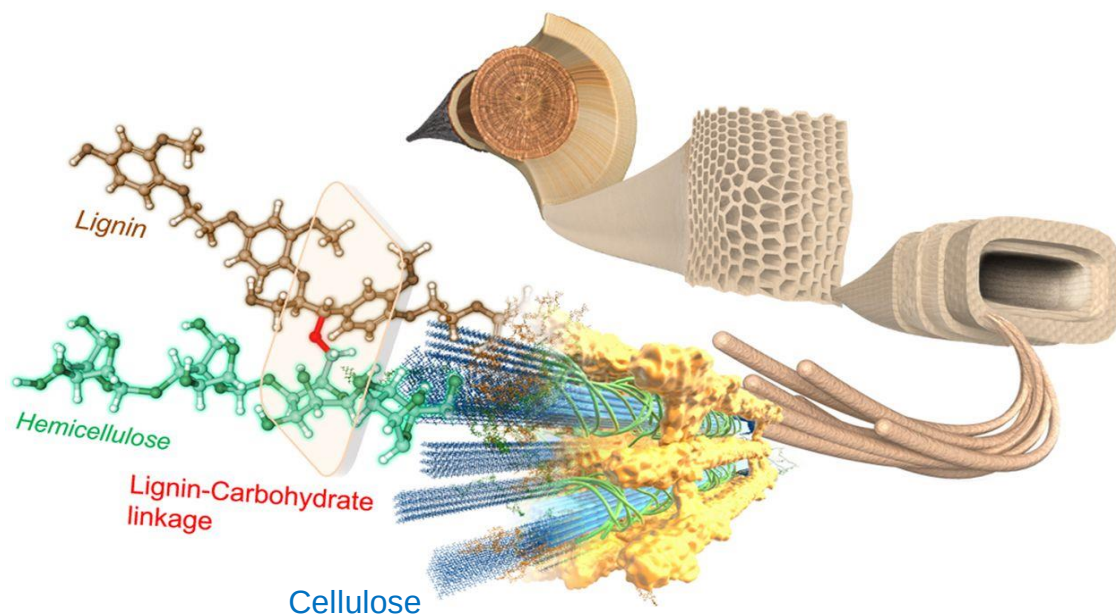
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dřevo

- pevné pletivo stonků vyšších rostlin (dřevin)
- přírodní kompozitní materiál složený vláken polysacharidů (*celulóza*, *hemicelulóza*) a pojivového materiálu (*lignin*)
- surové dřevo silně hygroskopické, málo homogenní (suky, kazy)



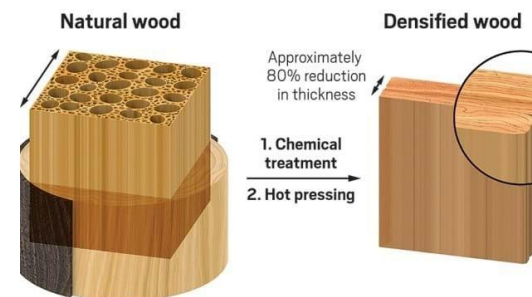
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Dřevo v elektrotechnice

- **vrstvené tvrzené dřevo** – bukové dýhy + pojivo
 - ▶ dobré mechanické vlastnosti
 - ▶ odolné proti vodě, oleji, slabým kyselinám a zásadám
 - ▶ relativní permitivita přibližně stejná jako olej
 - ▶ nízká cena
- konstrukční díly zejména pro transformátory (stahovací kruhy, distanční elementy vinutí, podpěry atd.)



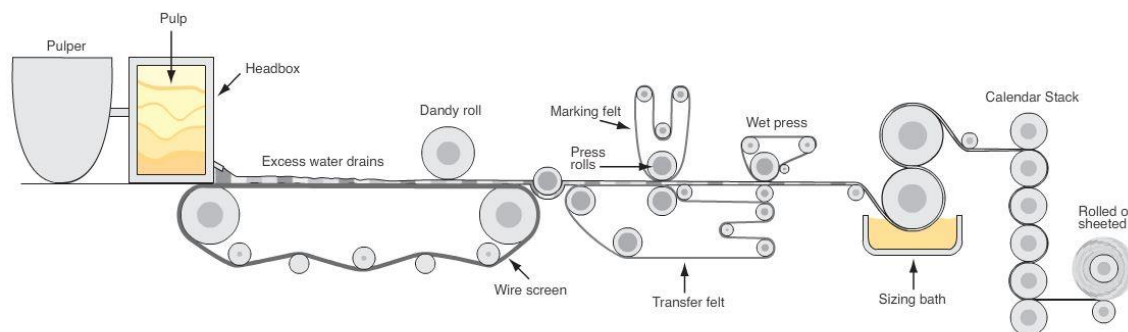
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elektrotechnický papír a lepenka

- výroba z buničiny z měkkého dřeva (smrk, jedle), vaří se v zásaditém prostředí (tzv. **sulfátová** buničina) – lepší mechanické vlastnosti
- porézní materiál - v suchém stavu dobrá rezistivita ($10^{10} \Omega\text{m}$), nízká elektrická pevnost (vzduch v pórech snižuje E_p , E_p cca $15 \text{ kV}\cdot\text{mm}^{-1}$)
- většinou se používá v kombinaci s oleji (izolační systém olej-papír) nebo jako impregnovaný (laky, vosky, psykyřice)
- papír – **jednovrstvý** materiál; lepenka – **vícevrstvý** materiál (hladká, vlnitá)
- tloušťky od desítek μm do jednotek mm nebo udávána plošná gramáž (g/m^2)



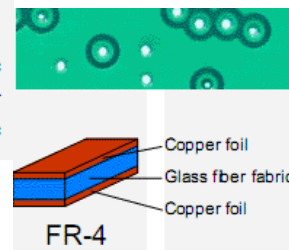
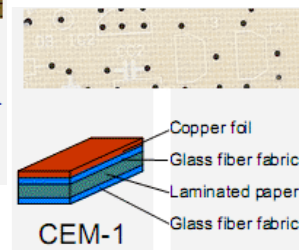
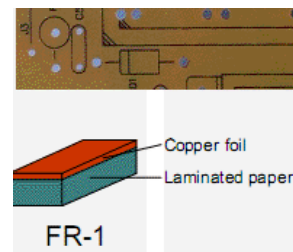
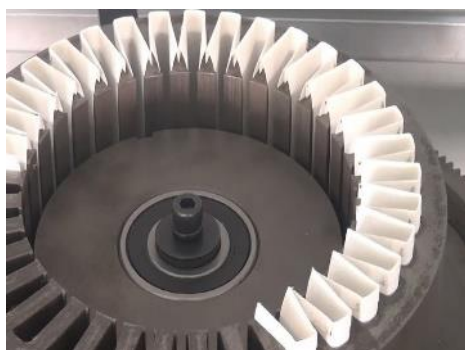
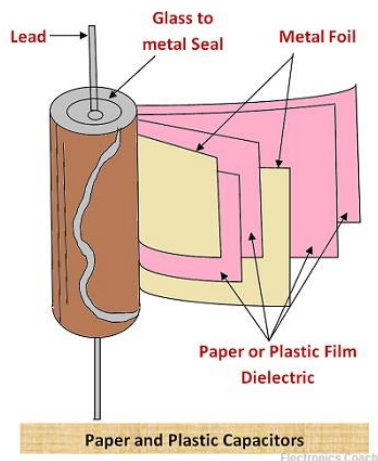
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Elektrotechnický papír a lepenka

- použití:
 - ▶ olejové transformátory a kondenzátory
 - ▶ svítkové kondenzátory
 - ▶ elektronika – desky plošných spojů pro nenáročné aplikace (FR-1, FR-2, FR-3; CEM-1; CEM-3 atd.)
 - ▶ izolace drážek rotorů a statorů točivých strojů
- dnes často nahrazovány polymerními materiály (aramidový papír, polymerní netkané materiály a folie)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Syntetické organické izolační materiály



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Syntetické organické izolační materiály

- v současné době nejdůležitější skupina pevných izolačních materiálů
- připravené uměle nebo modifikované přírodní suroviny
- lze je rozdělit do tří základních skupin dle charakteristických vlastností:
 - ▶ **termoplasty** – působením tepla měknou (přechází do taveniny), po ochlazení získávají zpět své vlastnosti
 - ▶ **reaktoplasty** – netavitelné a nerozpustné materiály vytvrzované chemickou reakcí
 - ▶ **elastomery** – vykazují za běžné teploty velkou pružnost díky vysokému podílu vratných deformací



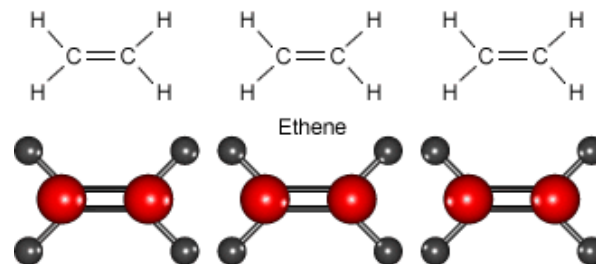
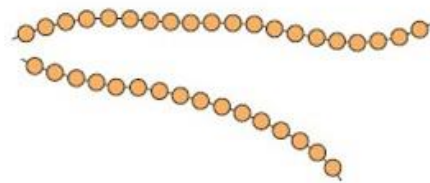
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



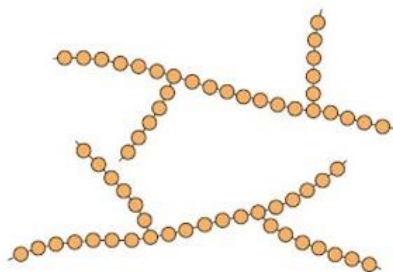
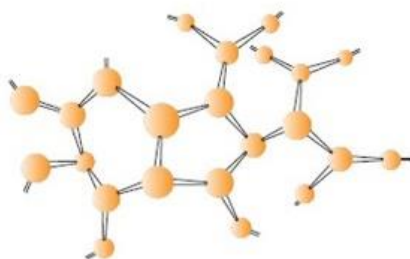
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Syntetické organické izolační materiály

- příprava pomocí polymerizačních reakcí
 - ▶ **řetězové polymerace** – typické pro monomery s násobnými vazbami, po jejich rozštěpení se monomery vážou na konec řetězce, vznik zejména lineárních molekul



- ▶ **stupňovité polymerace** – spojování molekul na specifických chemických skupinách, vznikají především rozvětvené řetězce



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

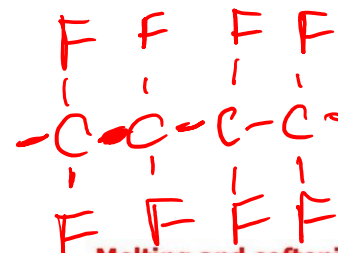


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

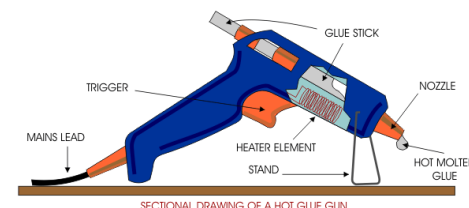
Termoplasty

- při zahřívání měknou (přechází do plastického stavu) a lze je tvářet
- nad teplotu tání přechází do taveniny, zpětným ochlazením přechází opět do tuhého stavu (opakovatelná reakce)
- složené z lineárních makromolekul s dlouhým řetězcem, spojení molekul pomocí slabých nevazebných interakcí (van der Waals, vodíkové vazby) → teplotou narušeny → tavení polymeru

Materiál	Elektrická pevnost (kV/mm)	Relativní permitivita (-)
polyethylen (PE)	20 – 30	2,2 – 2,3
polypropylen (PP)	23 – 25	2,2 – 2,3
polyimid (PI)	20 - 25	3,4 – 3,9
polykarbonát (PC)	15 – 34	2,8 – 3,0
polymethylmetakrylát (PMMA)	10 – 30	2,8 – 2,9
polyethylentereftalát (PET)	15 – 20	3,0 – 3,5
polyvinylchlorid (PVC)	14 – 20	2,9 – 3,1
polyamid 6 (PA 6)	15 – 25	4,0 – 12,0
polytetrafluorethylen (PTFE)	60 – 70	2,0 – 2,1



Melting and softening point of polymer materials



S. No.	Polymer material	Softening Point	Melting Point
1.	PET	140	260
2.	HDPE	120	130
3.	Poly Urethane Linear	125	150 – 185
4.	PP	110	165 – 170
5.	6, 10 Polyamide	120	210 – 215
6.	6, Polyamide	120	215 – 220
7.	6,6 Nylon	140	255
8.	PC	200	220 – 360
9.	PTFE	277	325 – 360

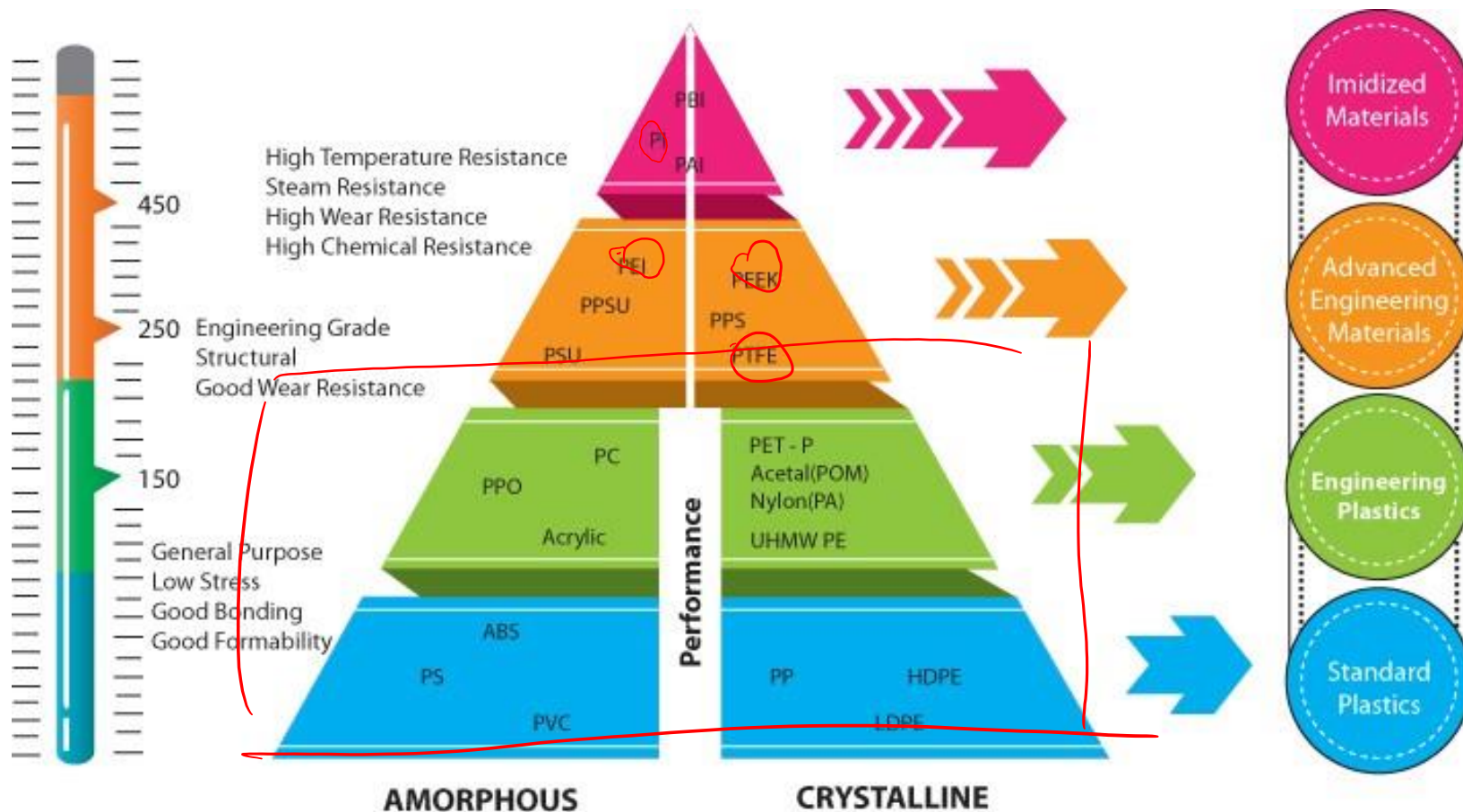


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Termoplasty



<https://www.bpf.co.uk/plastipedia/abbreviations/Default.aspx>



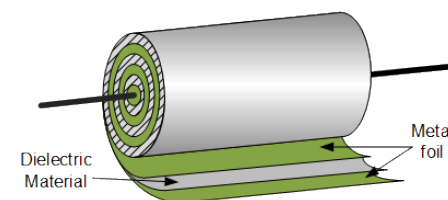
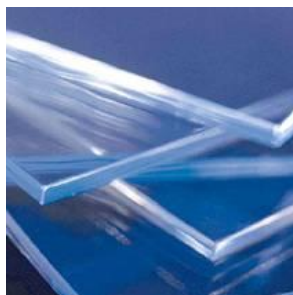
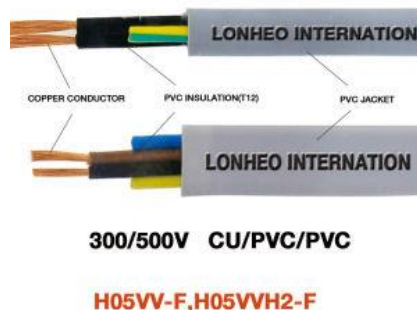
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Aplikace termoplastů v elektrotechnice

- izolace vodičů a kabelů
- výroba izolátorů
- fólie k elektroizolačním účelům
- přístrojové desky, kryty
- elektroizolační laky
- konstrukční materiály



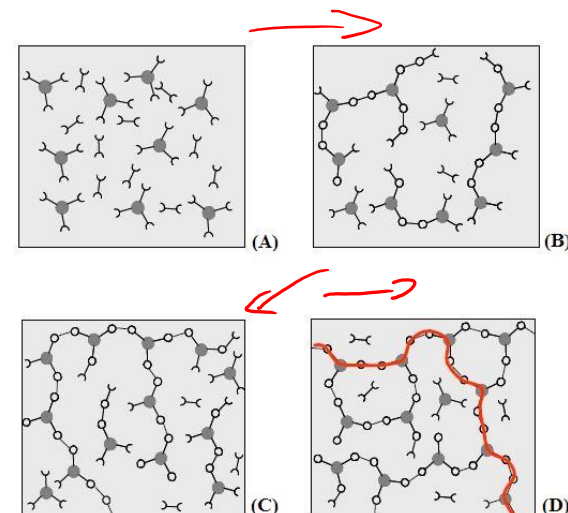
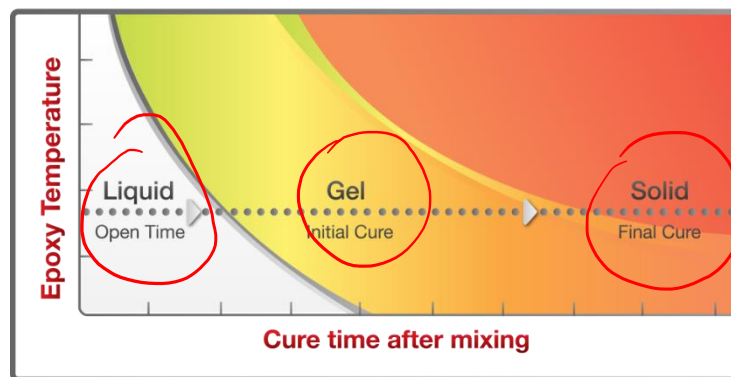
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Reaktoplasty (termosety)

- polymerace probíhá prostřednictvím chemické reakce, při které molekuly monomeru síťují a tvoří strukturu vzájemně propojenou kovalentními vazbami (tzv. **vytvrzování**)
- reakce pomalá, urychluje se chemicky (katalyzátory) nebo teplotou
- výsledný polymer netavitelný a nerozpustný
- typické reaktoplasty:
 - ▶ fenolformaldehydové pryskyřice (PF)
 - ▶ epoxidové pryskyřice (EP)
 - ▶ nenasycené polyesterové pryskyřice (UP)
 - ▶ polyimidy (PI)
 - ▶ silikony (SI)



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

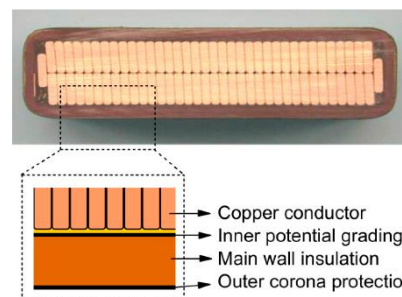
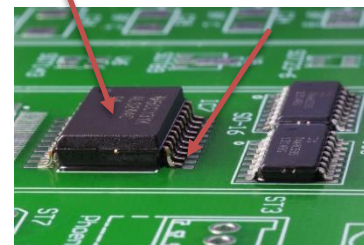


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Reaktoplasty (termosety)

- výroba izolačních prvků nn, vn i vvn (izolátory, průchodky, konstrukční díly)
- izolační systémy točivých i netočivých strojů
- zalévací pryskyřice a laky
- desky plošných spojů
- pouzdra součástek
- adhezní materiály (nevodivá i vodivá lepidla)

Materiál	Elektrická pevnost (kV/mm)	Relativní permitivita (-)
fenolformaldehydové pryskyřice (PF)	14 – 16	6,5 – 7,5
epoxidové pryskyřice (EP)	15 – 20	4,0 – 6,0
nenasycené polyesterové pryskyřice (UP)	15 – 20	3,0 – 4,5
polyimid (PI)	20 - 25	3,4 – 3,9
silikony (SI)	20 - 60	4,0 – 5,0



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

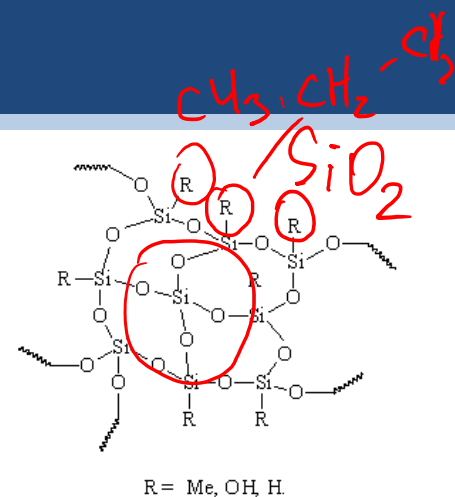


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Reaktoplasty (termosety)

Silikony

- organokřemičité polymery (tzv. polysiloxany)
- výborná odolnost proti teple (-60 ÷ 350 °C)
- chemicky inertní, adhezivní, hydrofobní
- výborné elektrické a mechanické vlastnosti
- odolné proti záření
- oleje, pasty, pryskyřice, kaučuky, tmely, pěny
- použití:
 - ▶ impregnační laky
 - ▶ pojivo reaktoplastických kompozitů
 - ▶ zalévací hmoty a zapouzdřování součástek
 - ▶ izolace kabelů



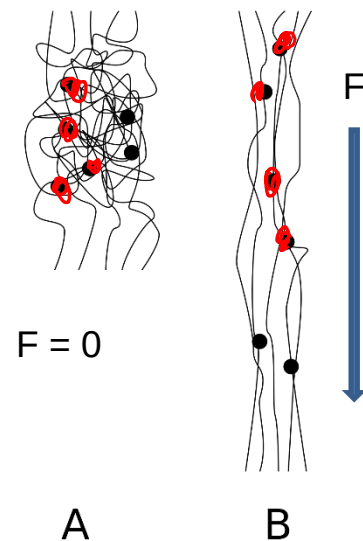
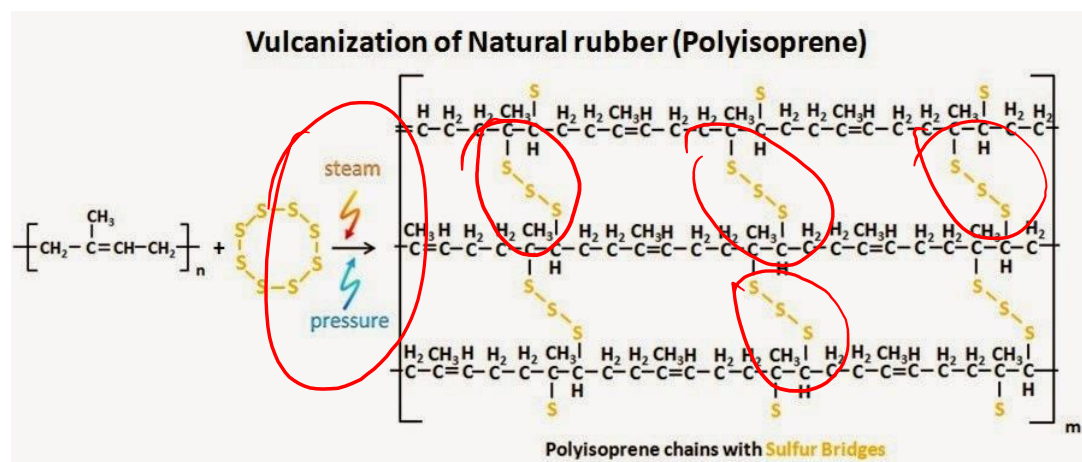
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

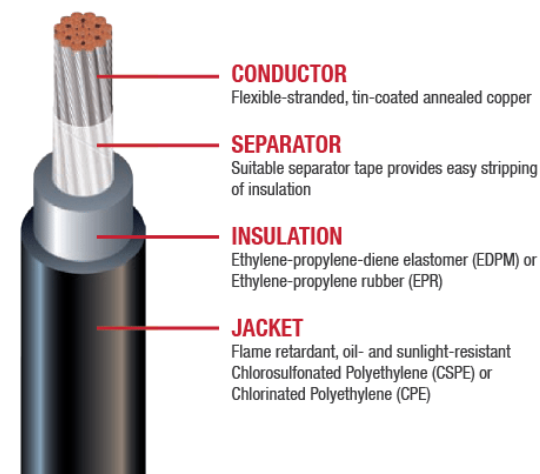
Elastomery

- polymery s vysokou hodnotou mezní elastické deformace (při působení malých mechanických sil dochází k velkým vratným rozměrovým změnám) - **pryže**
- struktura tvořena dlouhými deformovanými lineárními molekulami se sítí vzájemných kovalentních vazeb → umožňuje vratnou deformaci
- propojení mezi řetězci se vytváří pomocí **vulkanizace**
 - vulkanizační činidla: síra, peroxidy, oxidy kovů aj.



Elastomery

- mají většinou charakter reaktoplastů, možné i jako termoplasty (tzv. termoplastické elastomery)
- reaktoplastické kaučuky:
 - ▶ butadienový a styren-butadienový (BR, SBR)
 - ▶ nitrilový (NR)
 - ▶ chloroprenový (CR, Neopren)
 - ▶ **silikonový (SI)**
 - ▶ **ethylen-propylenový (EPM)**
 - ▶ **ethylen-vinyl acetát (EVA)** aj.
- použití na izolování vodičů, pláště kabelů (nn i vn), izolátory vn, těsnění



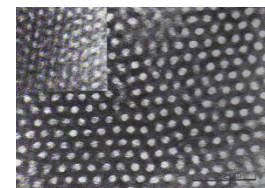
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



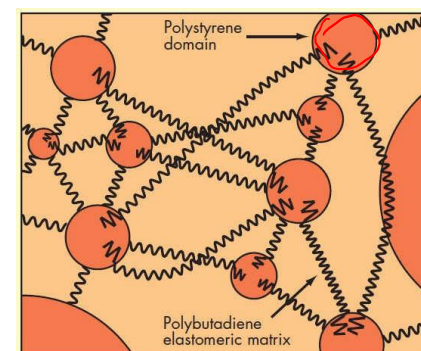
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Termoplastické elastomery

- polymerní systémy spojující aplikační vlastnosti elastomerů (elasticita) a zpracovatelské vlastnosti termoplastů (snazší zpracování bez nutnosti vulkanizace)
- struktura obdobná jako u kaučuků, ale vazby nejsou realizovány chemickými můstky
- kombinují tvrdé oblasti (termoplastické) a měkké oblasti (elastomerní) – na jejich poměru závisí výsledné chování
- charakteristické vlastnosti mezi termoplasty a elastomery – chovají se jako elastomery, ale zpracovávají se jako termoplasty



Zkratka	Název	Charakteristika
TPE-S	Blokové styrenové kopolymery	Styrenové bloky se střídají s elastomerem (např. SBS)
		⇒ tvrdé bloky v makromolekule se střídají s elastomerními
TPE-E	TPE na bázi kopolyesterů	Polyesterové bloky se střídají s elastomerními
TPE-U	Termoplastické polyuretany	Polyuretanové bloky se střídají s elastomerními
TPE-A	TPE na bázi polyamidů	Polyamidové bloky se střídají s elastomerními



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Polymerní směsi (blends)

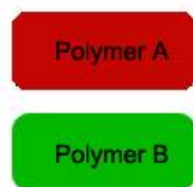
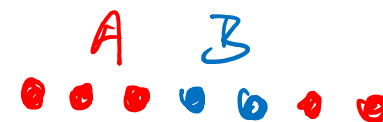
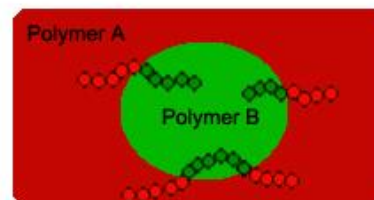
- umožňují přípravu polymerních materiálů s individuální kombinací výsledných vlastností (mechanické parametry,
- v elektrotechnice zejména pro konstrukční účely nebo v případě potřeby kombinace elektroizolačních a mechanických vlastností
- možné spojení kompatibilních polymerů i vzájemně nemísitelných materiálů (při použití tzv. **kompatibilizátorů** – dobrá přilnavost k jednotlivým fázím)

Compatibilizer

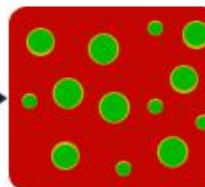


A: connection with polymer A

B: connection with polymer B



A/B polymer blend



Compatibilized blend



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Polymerní směsi (blendy)

- příklady možných kombinací:
 - ▶ **PP/EPDM** – PP dobré mech. vlastnosti, nízká cena + EPDM (elastomer) pro jejich zachování i za nízkých teplot (nekřehne)
 - ▶ **PC/ABS** – PC dobré mechanické vlastnosti, ale nízká chem. odolnost; kompenzuje ABS
 - ▶ **PA/PE,PP** – odstranění navlhavosti PA při zachování jeho vysoké pevnosti a tuhosti
- použití
 - ▶ **elektronika** - přístrojové kryty a konstrukční prvky elektronických a elektrických zařízení (PC, TV, NTB)
 - ▶ **elektrotechnika** – kryty přístrojů nn, vypínače, malé elektropřístroje
 - ▶ **strojírenský průmysl** – části karosérií a interiérů, konstrukční prvky



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Kompozitní materiály



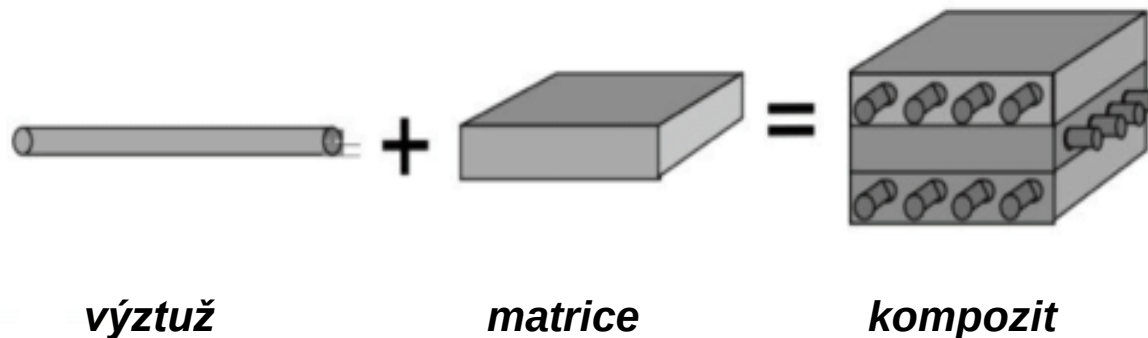
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Kompozitní materiály

- heterogenní látky tvořené dvěma, popř. více fázemi, obvykle rozdílného chemického složení, které se liší také svými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi
- **matrice** – spojitá fáze , přenáší vnější zatížení na nespojitou fázi, chrání před mechanickým poškozením a chemickými vlivy
- **výztuž** – nespojitá fáze, vyšší mech. pevnost, zpevňuje výslednou strukturu
- výsledné vlastností ovlivňuje zejména kvalita rozhraní mezi matricí a výztuží



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rozdělení kompozitních materiálů

- **podle materiálu matrice (základní spojité fáze)**

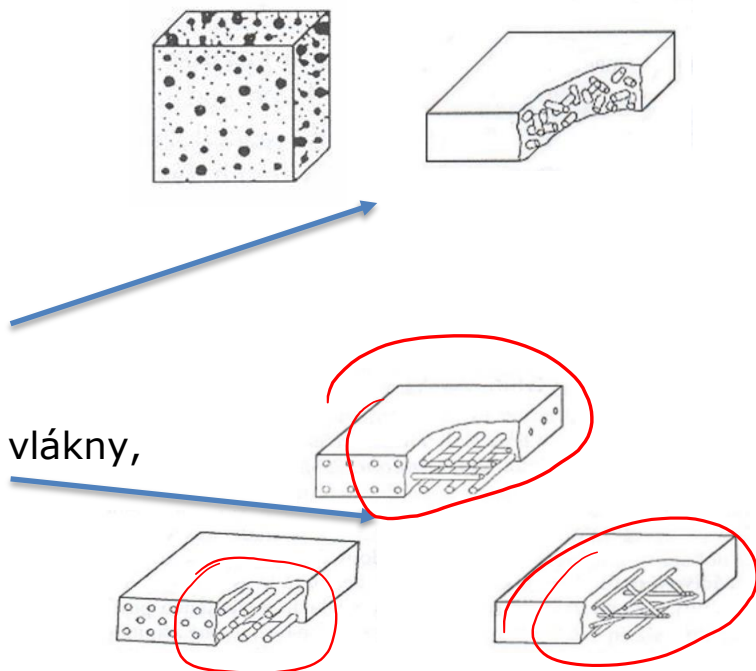
- ▶ kovová
- ▶ polymerní
- ▶ keramická

- **podle struktury nebo geometrie výztuže**

- ▶ **částicové (partikulární, granulární)** - částice pravidelných nebo nepravidelných tvarů
- ▶ **vláknové kompozity** - s dlouhými nebo krátkými vlákny, uspořádané nebo neuspořádané

- **podle kombinace materiálů**

- ▶ kov-kov
- ▶ kov-keramika
- ▶ keramika-keramika
- ▶ polymer-sklo atd.



synergismus vlastností kompozitních složek



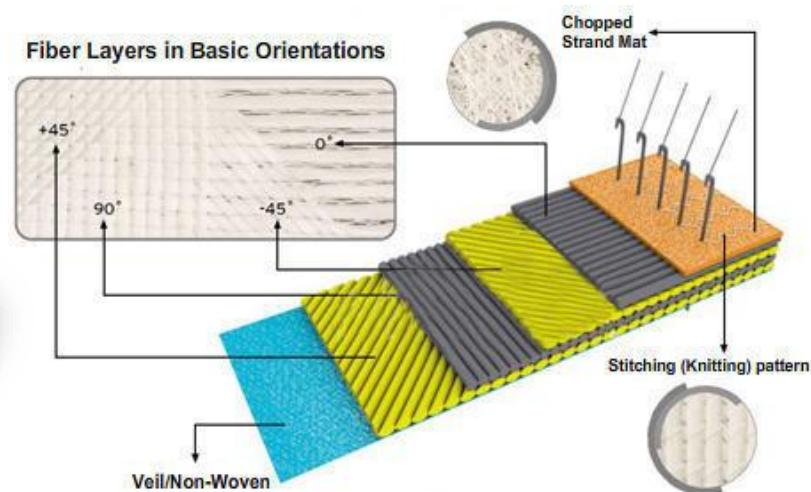
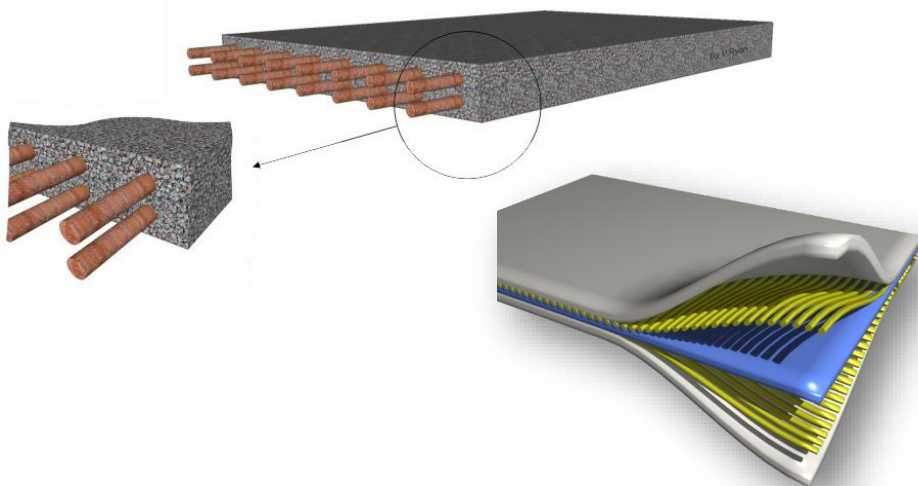
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vláknové kompozitní materiály

- nejrozšířenější skupina kompozitních materiálů
- vlákna anorganická (sklo, uhlík, keramika, kovy) nebo organická (např. Kevlar, PE, PET)
- velmi často anizotropie vlastností (dle směru vláken)
- jako matrice nejčastěji reaktoplastické pryskyřice (epoxidy, polyestery, elastomery); mohou to být také kovy nebo keramiky



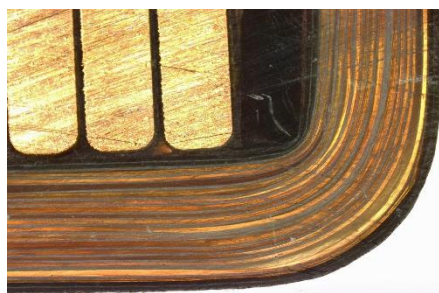
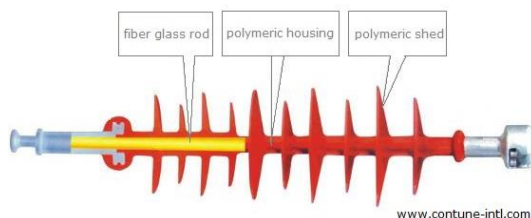
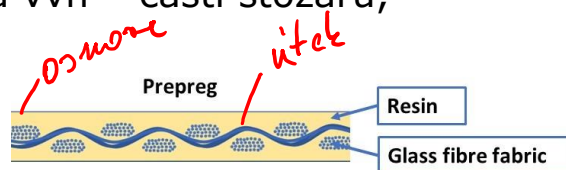
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vláknové kompozitní materiály

- použití
 - ▶ desky plošných spojů
 - ▶ izolační systémy točivých strojů - v kombinaci s částicovou výztuží (remika) - tzv. **tříslůžkové** kompozity
 - ▶ izolační prvky vn a vvn – části stožárů, izolátorů



Označení kompozitů dle použité kombinace materiálů

Pojivo	Výztuž		Označení
fenolická pryskyřice	papír	listy	FR-1,FR-2, X, XX, XXX, XP, XPC, XXP, XXXP, XXXPC
	bavlna	tkanina	LE,CE,L,C
	sklo	tkanina	G-3
	nylon	vlákna	N-1
epoxidová pryskyřice	papír	listy	FR-3
	sklo	tkanina	G10,G11,FR-4,FR-5
	sklo	tkanina	CEM-1,CEM-3
polyester	sklo	rohož	GPO-1,GPO-2,GPO-3, GPO-1P, GPO-2P, GPO-3P, FR-6
silikon	sklo	tkanina	G-7
melamin	sklo	tkanina	G5,G9



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

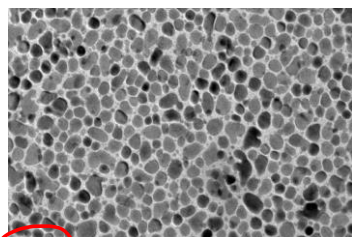
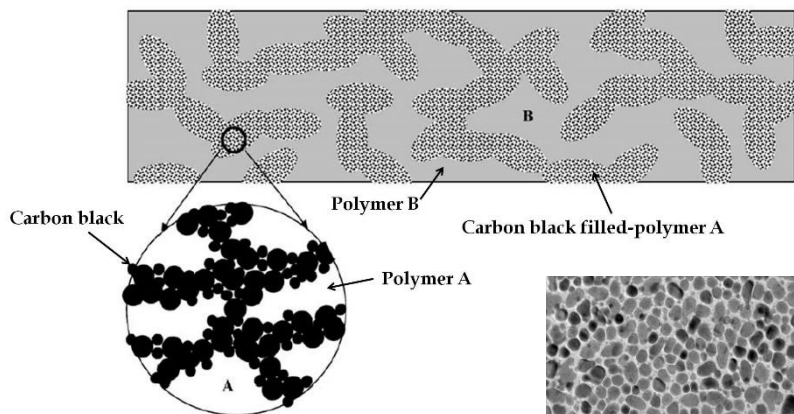


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Částicové kompozitní materiály

- výztuž ovlivňuje zejména tvrdost, otěruvzdornost, tepelnou roztažnost
- může být nositelem nových funkčních vlastností
 - ▶ magnetická vodivost (feritový prach, částice NdBFe a SmCo materiálů)
 - ▶ elektrická vodivost (kovové (Ag, Cu, Au) nebo uhlíkové částice)
 - ▶ tepelná vodivost (kovové nebo keramické částice (Al_2O_3))

uhlíkový vodivý kompozit



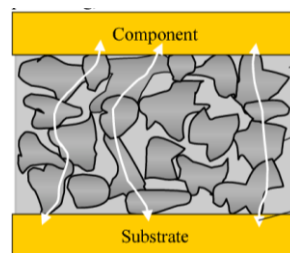
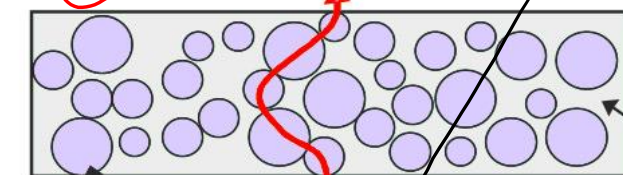
Fe-Pt magnetické nanokompozitní plnivo



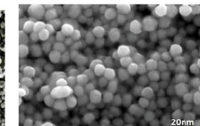
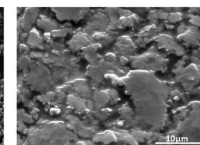
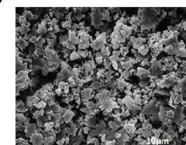
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

epoxid + AlN kompozit – pouzdra IO

< model >



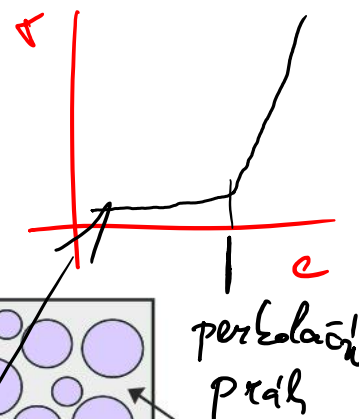
Polymer binder
Conductive filler
Electrical conduction

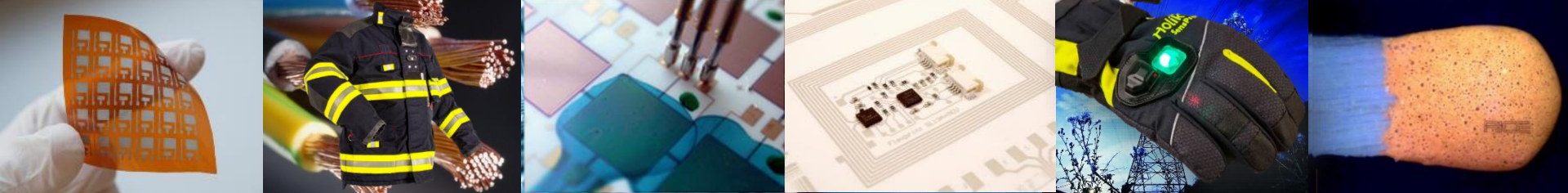


elektricky vodivé lepidlo s Ag částicemi



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY





Západočeská univerzita v Plzni

Katedra materiálů a technologií

Děkuji za pozornost



**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI**



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY