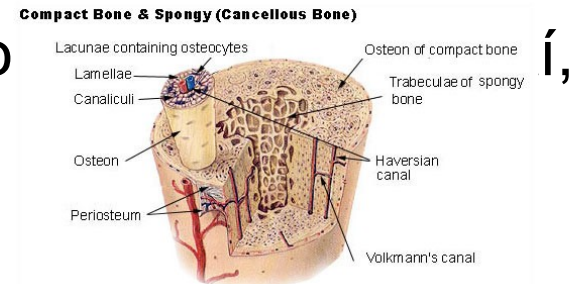
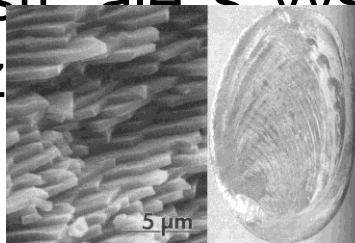


Kompozitní materiály

Částicové a vláknové kompozity, výroba kompozitů

Definice kompozitů

- Kompozitem je každý vícesložkový materiál, ve kterém jsou obě složky významně zastoupeny (min. 5 obj.%) a v důsledku čehož je docíleno lepších vlastností.
- Z přírodních materiálů jde např. o dřevo, kosti, mušle, apod.
- Kompozity jsou známy od starověku - již před tisíci lety se používaly kompozitní materiály jako papír, slaměné cihly, ...).
- V současné době jde o konstrukční materiály s nízkou hmotností, ale s vysokou pevností a odolností proti abraz



Charakteristika kompozitů

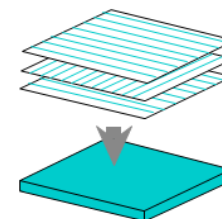
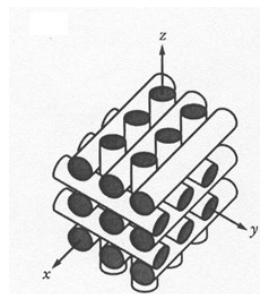
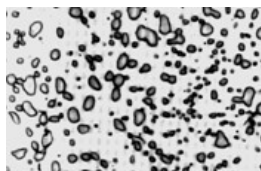
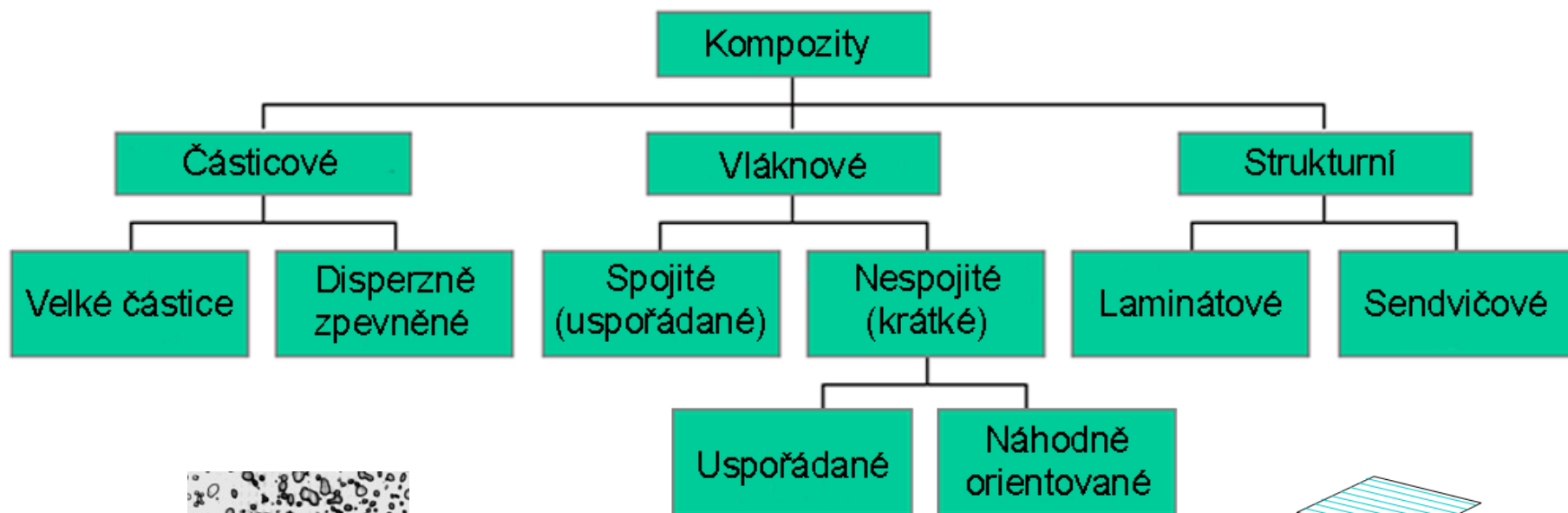
- Většina kompozitů je tvořena pouze dvěma fázemi - **matricí**, která je spojitá a v které je uložena **dispersní fáze**.
- Vlastnosti kompozitů určují vlastnosti fází, které je tvoří - tj. relativní množství a geometrie fází (složek).
- Kompozit je vytvářen k tomu, aby se dosáhlo co nejlepších mechanických vlastností (pevnosti a houževnatost za normálních, ale i zvýšených teplot).

Rozdělení kompozitů

Kompozity lze rozdělit dle:

- tvaru dispersní fáze:
 - ▣ částicové (s částicemi malými, nebo velkými)
 - ▣ vláknové (s dlouhými nebo krátkými vlákny)
 - ▣ strukturní (vrstvené)
- typu matrice:
 - ▣ s kovovou maticí (MMC)
 - ▣ s keramickou maticí (CMC)
 - ▣ s polymerní maticí (PMC)
- podle struktury:
 - ▣ nanokompozity
 - ▣ mikrokompozity
 - ▣ makrokompozity

Rozdělení kompozitů



Částicové kompozity

- Kompozity zpevnované:
 - velkými částicemi (od cca 0,1 mm výše) nebo
 - malými částicemi (obvykle v rozmezí 10-100 nm);společným znakem obou typů je isotropie mechanických vlastností
- Zlepšení mech. vlastností závisí na kvalitě rozhraní matrice/částice.
- Částice nemusí mít ideální kulový tvar.
- Efektivně zpevňují částice malé a rovnoměrně rozložené v celém objemu.

a) Kompozit s makročásticemi (např. beton)

Částicové kompozity

Beton – směs: štěrk + písek + cement (písek zaplňuje dutiny mezi štěrkem).

Polymerbetony (.. +epoxidová pryskyřice)

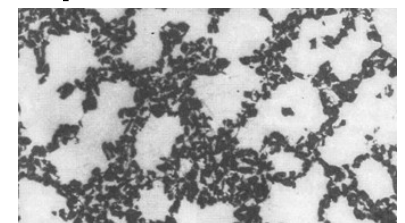


b) Kompozit s mikročásticemi

- Tyto kompozity se označují jako dispersně zpevněné (zpevnění na atomární či molekulární úrovni).
- Zpevňující fáze může být kovová i nekovová (karbidy, oxidy, např. Al_2O_3).

SAP (Sintered Aluminium Powder) je práškovou metalurgií vyrobený kompozit.

Odlitky z Al zpevněné částicemi SiC.



Částicové kompozity

Typ kompozitu (matrice + zpevnující fáze):

Al – Al₂O₃ a Be - BeO (Využití v kosmickém, leteckém výzkumu a jaderné technice)

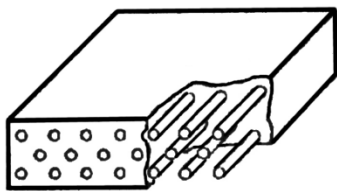
Ni – 20% Cr – ThO₂ (Komponenty turbín)

W – ThO₂, ZrO₂ (Elektrotechnika, vlákna, topná tělesa)

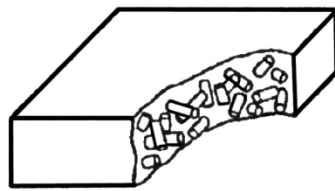
Co – WC (Řezné destičky, slinuté karbidy)

Vláknové kompozity

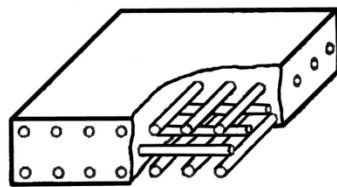
- Mechanické vlastnosti vláknových kompozitů závisí na vlastnostech vláken a na přenosu sil mezi vlákny a matricí.
- Pro optimální přenos sil je velmi významná kvalita rozhraní matrice/vlákno (např. minimum nespojitostí, křehkých fází apod.)
- Vláknové kompozity se často vyznačují anizotropií



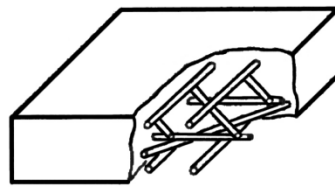
(a)



(b)



(c)



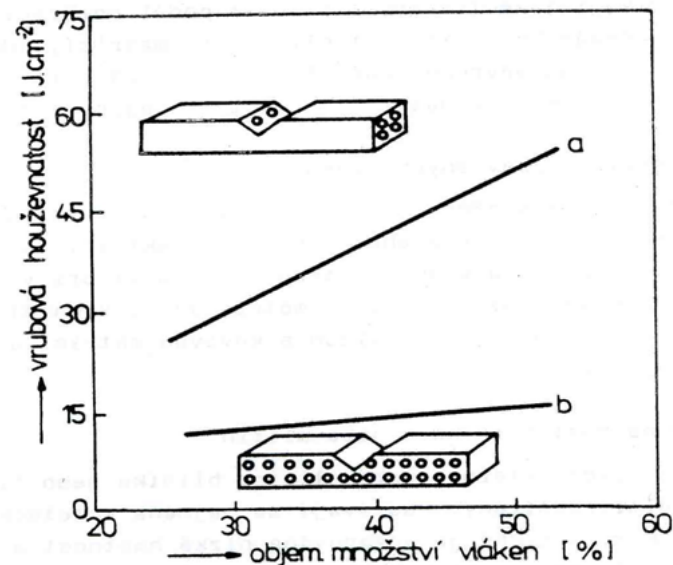
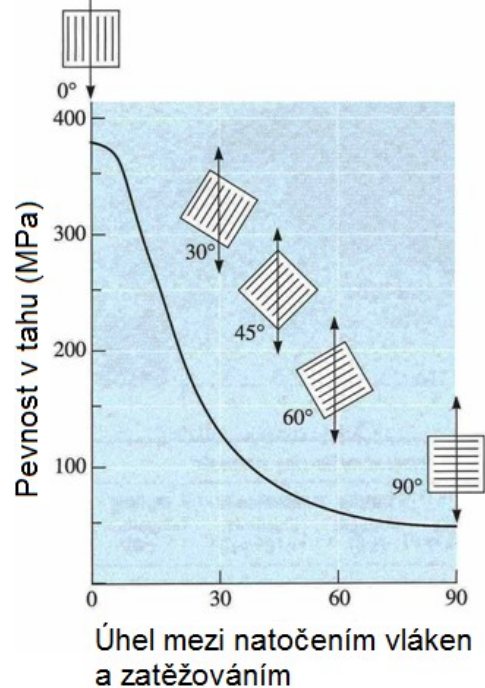
(d)

Uspořádání vláken kompozitu:

- a) spojitá jednosměrně orientovaná vlákna
- b) nespojitá náhodně orientovaná vlákna
- c) spojitá ortogonálně orientovaná vlákna
- d) spojitá několikavrstevně uspořádaná

Vláknové kompozity

- Mechanické vlastnosti vláknových kompozitů závisí na:
 - vlastnostech vláken a na přenosu sil mezi vlákny a matricí.
 - objemovém množství vláken a jejich orientaci.



Materiály vláken

Materiály vláken:

- ▣ **Whiskery** (monokrystalická vlákna)
 - grafit, SiN, SiC
 - vysoká dokonalost krystalu a z ní plynoucí vysoká (téměř teoretická) pevnost
- ▣ **Vlákna**
 - polymerní nebo keramická (polykrystalická nebo amorfní)
 - např. Al_2O_3 , Aramid, Bor, ..
- ▣ **Dráty**
 - Kovy – ocel, Mo, W

Vlákna - pevnost

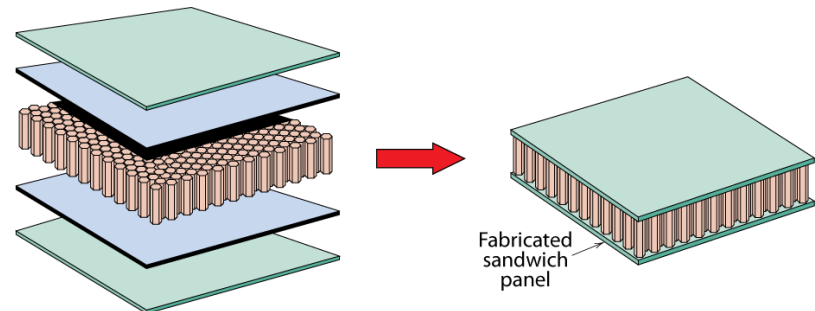
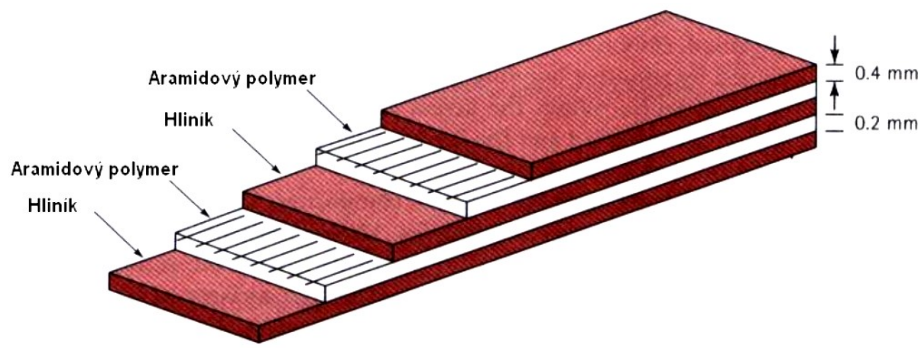
Druh	Měrná hmotnost (g.cm ⁻³)	Pevnost v tahu (GPa)	Modul pružnosti v tahu (GPa)
sklo - S	2,5	4,8	85
sklo - křemenné	2,2	7,0	74
uhlík (PAN)	1,9	3,7	350
uhlík (smola)	1,7	2,1	380
B (W)	2,63	3,5	400
Borsic (W)	2,7	3,1	400
SiC (W)	3,3	3,3	420
SiC whiskery	3,1	2 až 20	470
Al ₂ O ₃ (safír)	3,15 až 4,0	2,07 až 2,08	172 až 470
ZrO ₂	4,84	2,07	
BN	1,9	1,38 až 2,4	
B ₄ C	2,3 až 2,5	2,07 až 2,42	

Druh	Měrná hmotnost (gcm ⁻³)	Pevnost v tahu (GPa)	Modul pružnosti v tahu (GPa)
polyester (Terylen)	1,38	0,6	1,2
polyamid (Nylon)	1,14	0,8	2,9
Aramid (Kevlar)	1,44	3,45	68,6

Strukturní kompozity

- Strukturní kompozity jsou tvořeny z vrstev různých materiálů, které mají vliv na výsledné vlastnosti – pevnost, tvrdost, korozní odolnost (např. i plechy zpevněné vlákny).
- Patří sem i tenké povlaky, bimetaly, ale především **lamináty a mikrolamináty** (kompozity, ve kterých se střídají vrstvy Al a polymeru, zpevněného vlákny).

Arall (aramid-Al) a Glare (sklohliníkový laminát).



Výroba kompozitů

Při výrobě složených materiálů je třeba zaručit zejména tyto podmínky:

- rovnoměrné uložení zpevňujících vláken (částic) ve vrstvě,
- dobré spojení vláken (částic) s matricí.

Výroba kompozitního materiálu s matricí v tuhém stavu:

- lisování za tepla,
- válcování za tepla,
- plazmový nástřik,

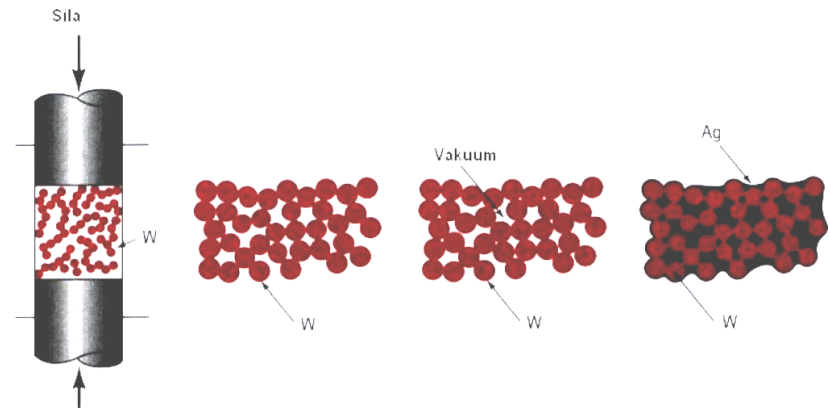
Výrobu kompozitního materiálu s matricí v tekutém stavu:

- nanášení tekutého kovu na zpevňující vlákna,
- kontinuální lití,
- zalévání zpevňujících vláken.

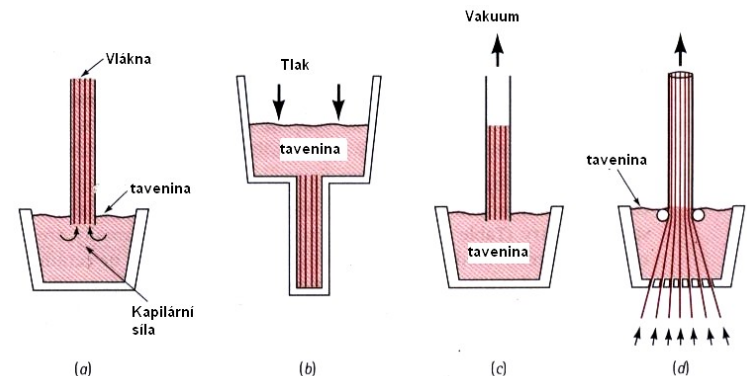
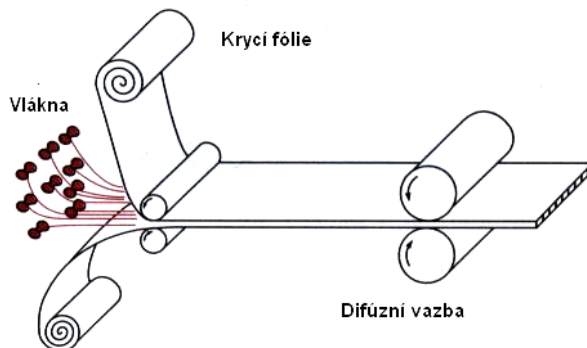
Výroba kompozitů

Jiné způsoby výroby: technologie práškové metalurgie.

a) Výroba částicového kompozitu (lisování Ag-W):

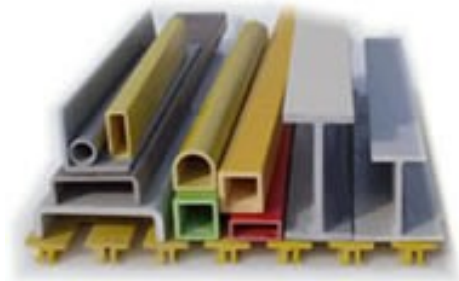


b) Výroba vláknového kompozitu (válcování, odlévání):



Použití kompozitů

- Částicové kompozity - jsou používány např. jako součásti turbinových motorů, v letectví, v jaderné energetice (elektrické kontakty, brusné a řezné kotouče).
- Vláknové kompozity se uplatňují např. v letectví, kosmonautice nebo automobilovém průmyslu, ve sportu (hokejky, golfové hole, lyže, rybářské pruty aj.).
- Laminární kompozity jsou často navrhovány pro aplikace s vysokou odolností proti korozi nebo abrazi, apod.



Závěr

Literatura:

- [1] Askeland, D.R. *The Science and Engineering of Materials*. Chapman & Hall, 1996.
- [2] Ptáček a kol. *Nauka o materiálu I a II*. CERM, 2003, 520+396 s.
- [3] Hluchý, M., Kolouch, J. *Strojírenská technologie 1*. Scientia, 2007, 266 s.
- [4] internet <<http://ime.fme.vutbr.cz/vyukazs.html>>
- [5] internet < http://ime.fme.vutbr.cz/studijni_opory.html >

