

---

# Mechanické vlastnosti - obecně

---

Obecně je možné popsat základní mechanické vlastnosti zátěžovou křivkou (F-dl). Pro technické materiály je zátěžová křivka lineární a po zavedení poměrných veličin napětí (síla na plochu) a poměrné deformace (změna délky dělená původní délkou) je snadno popsatelná lineárním Hookovým zákonem. ( [OBR 4BM3](#) )

Biologické tkáně se vyznačují viskoelastickými vlastnostmi a nelineárním průběhem zátěžové křivky, kterou v těchto obecnějších případech popisujeme tzv. konstitutivní rovnicí (Hookův zákon je speciální případ), která navíc závisí i na čase a rychlosti deformace. ( [OBR 4BM 6](#) )

## Základní mechanické vlastnosti

Jedná se především o **tuhost**, tj. schopnost odolávat deformacím, reprezentovanou u lineárních materiálů konstantou (modulem). Pevnost neboli mez pevnosti je mezní zatížení, které pokud je překročeno způsobí destrukci materiálu. **Elasticita** (pružnost) je schopnost materiálu vrátit se po odeznění vnější zátěže do původního tvaru, plasticita (tvárnost) naopak schopnost materiálu uchovat deformace i po vymizení vnější zátěže. Mez pružnosti je hraniční hodnota napětí tvořící přechod mezi deformacemi pružnými a plastickými. Odolnost proti vrypu nazýváme **tvrdostí** materiálu.

Biologická pevnost je hraniční napjatost, která působí-li po určitou dobu či opakovaně, způsobí spontánní snižování mechanických vlastností a resorpci biologického materiálu. ( [OBR 4BM 3](#) )

## Vlastnosti biologických materiálů

Při řešení celé řady úloh je nutné si uvědomit celou řadu odlišností živých biologických materiálů a jejich vlastností oproti materiálům technickým (umělým). Veškeré vlastnosti jsou výrazně interindividuální a závislé na okamžitém stavu osoby i na její komplexní historii (pohlaví, genetické předpoklady, věk, výživa, životní styl, pracovní zatížení aj.). Obecně je řadíme mezi materiály viskoelastické, anizotropní a nehomogenní. Změny mechanických vlastností v důsledku imobilizace tkání ( [OBR 4BM 7](#) )

## Relaxace a creep

Jsou dlouhodobé odezvy viskoelastických materiálů, za které považujeme i biologické tkáně a orgány. Při aplikaci vnější síly (či deformace) se kromě okamžité deformační odezvy (či potřebné síly k vyvolání této deformace) v průběhu času, při nezměněných podmínkách, projevuje pozvolný nárůst deformace (či pokles potřebné zátěžné síly k udržení počáteční deformace), který nazýváme tečení neboli creep (či relaxaci). Po uplynutí určitého času se deformace (či zátěžná síla) ustálí na konstantní hodnotě. Modelovat tyto projevy můžeme na reologických modelech. ( [OBR BM 8](#) )

## Mechanické vlastnosti biologických materiálů

Mechanické vlastnosti biomateriálů jsou do značné míry dány stavbou a uspořádáním tkáně. Základním stavebním prvkem jsou vlákna elastinu a kolagenu. Elastin se vyznačuje značnou schopností pružných deformací (až 150%), kolagen naopak značnou tuhostí a pevností v tahu. Míra zastoupení jednotlivých vláken a jejich prostorové uspořádání výrazně určují výsledné mechanické vlastnosti, které jsou navíc ovlivněny množstvím amorfní mezibuněčné hmoty – především tekutiny a např. u kosti přítomností minerálních látek.

Biologické tkáně považujeme za viskoelastické materiály, což se projevuje závislostí tuhosti na rychlosti deformace, hysterézní křivkou při změnách zatížení a projevy relaxace a creepu v čase. ( [OBR 4BM 14](#) )

**Únava materiálu** je snižování meze pevnosti způsobené cyklickým opakováním působení vnější zátěže. Mez únavy je hodnota mechanického napětí, která pokud není překročena, je možné materiál zatěžovat neomezeným počtem cyklů. Cyklická zátěž může být popsána nejrůznějším průběhem opakujícího se silového zatížení – např. obdélníkový, trojúhelníkový, sinusovka či jejich libovolná kombinace. Obecně je považován za harmonický takový průběh působících sil, který je možné rozložit na součet několika goniometrických funkcí s rozdílnou amplitudou a frekvencí. Podle porovnání smyslu a velikosti amplitudy a střední hodnoty rozeznáváme různé typy cyklického zatížení. ( [OBR BM 10](#) )

**Biokompatibilita** - schopnost vzájemné snášenlivosti umělých orgánů s hostitelem. Umělý orgán má obnovit nebo napodobit fyziologii přirozeného orgánu. Rozeznáváme látkovou (agresivita umělého materiálu vůči biologickému a naopak), funkční (vhodné mechanické vlastnosti, tření apod.) a tvarovou (tvar, velikost) biokompatibilitu. Pro náhrady kostí a kloubů se používají kovové materiály (především korozivzdorné slitiny kobaltu, titanu, chromu a niklu schopné

vytvářet pasivační vrstvu nebo schopné požadované povrchové úpravy), plastické hmoty (např. pro kloubní jamky teflonu či polyetylenu), hliníkové a sialonové (na bázi nitridu křemíku) keramické hmoty s vysokou tvrdostí a dobrou snášenlivostí živými tkáněmi. Pouze materiály na bázi kolagenu dovolují odbourání imunologických reakcí. ( [OBR BM 20](#) )