

INTELIGENTNÁ PLASTELÍNA A NENEWTONOVSKÉ KVAPALINY

Čoraz populárnejšou sa stáva nová zvláštna hmota, takzvaná inteligentná plastelína. Oproti klasickej plastelíne je s ňou oveľa viac zábavy. Dá sa z nej modelovať, odráža sa od podlahy, dá sa oveľa viac naťahovať ako bežná plastelína. Je aj pružná, aj krehká, aj tekutá, to všetko v závislosti od toho, ako sa k nej správame my.

Trocha fyziky

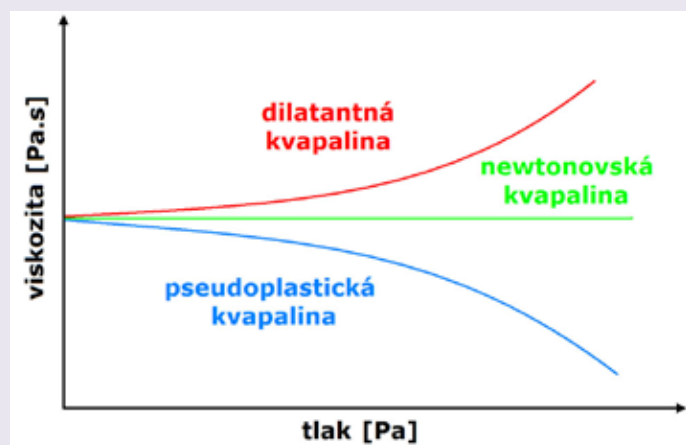
O niektorých kvapalinách sa často vraví, že sú *viskózne*. To znamená, že pomaly tečú – výborným príkladom je sirup alebo med. V takejto kvapaline by sa nám plávalo veľmi ťažko. Bežne by sme povedali, že takáto tekutina je hustá, ale nemusí to byť vždy pravda. Napríklad, olej je viskóznejší ako voda (tečie pomalšie), ale je menej hustý, lebo na vode pláva.

Každá tekutá látka má svoju charakteristickú viskozitu. Pre drvivú väčšinu tekutín (nazývajú sa *newtonovské*) je viskozita nemenná. Volajú sa tak preto, že sa správajú v súlade s klasickými zákonmi fyziky. Ich deformácia je priamo úmerná tlaku, akým na ne pôsobíme. Napríklad keď plávame vo vode, tak nám voda kladie odpor priamo úmerný našej rýchlosti.

Kvapaliny, ktoré sa nesprávajú v súlade s klasickou fyzikou, sa nazývajú *nenevtonovské*. S niektorými sa stretávame celkom bežne. Poznáme dva druhy nenevtonovských kvapalín – pseudoplastické a dilatantné.

Pseudoplastické kvapaliny sú také, ktorých viskozita s tlakom klesá, teda čím silnejšie na ne pôsobíme, tým ľahšie sa deformujú. Tieto látky sú samé o sebe väčšinou veľmi viskózne a pod malým tlakom tečú pomaly, avšak so zvyšujúcim sa tlakom sú tekutejšie. Typickým príkladom je kečup alebo maliarska farba. Niekedy kečup z fľaše nechce vytečť, ale keď ho niečím zamiešate, stane sa tekutejším a vytečie von. S maliarskou farbou je to podobné, preto sa vždy pred maľovaním farby poriadne miešajú.

Viskozita *dilatantných* kvapalín s tlakom rastie, takže sa pri zvyšujúcom sa tlaku deformujú stále ťažšie – tieto látky sa pri pomalom miešaní správajú tekuto, ale rýchly pohyb alebo náraz ich prakticky znehýbňuje a sú akoby v dočasnom tuhom stave. Typickým príkladom je hustý roztok kukuričného škrobu alebo aj „inteligentná“ plastelína.



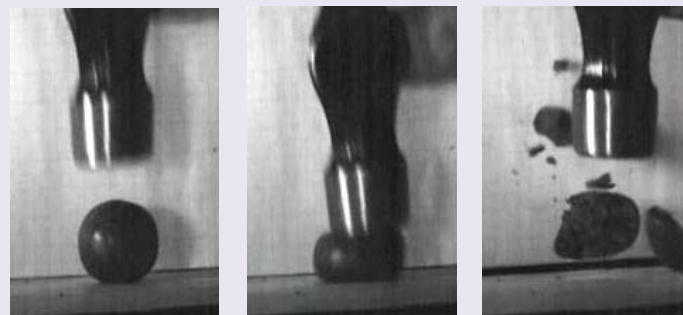
Tuhé amorfné látky, ktoré majú aj niektoré vlastnosti kvapalín, sa nazývajú viskoelastické. Viskozita je typickou vlastnosťou kvapalín a elasticita zase tuhých látok. Viskoelastické látky majú rôznu deformačnú odozvu na rôzne podmienky. V prípade krátkodobého silného tlakového pôsobenia sa správajú elasticky – deformujú sa úmerne pôsobiacej tlaku a po jeho ukončení obnovujú pôvodný tvar. V prípade dlhšieho pôsobenia tlaku sa správajú ako veľmi viskózne kvapaliny, teda pomaly tečú.

Pojem viskoelasticity je spojený viac s tuhými látkami a nenevtonovské sú zase skôr kvapaliny. Pri polymérnych látkach je ale ťažké nájsť hranicu medzi týmito pojmi, preto často spolu splyávajú.

Inteligentná plastelína

Počas druhej svetovej vojny bol v USA veľký nedostatok gummy, keďže Japonsko sa snažilo obsadiť všetky krajiny, od ktorých USA surovú gumu dovážali. V zúfalej snahe nájsť jej efektívnu a lacnú náhradu sa v jednom z laboratórií General Electric v roku 1943 podarilo Jamesovi Wrightovi vytvoriť zaujímavú novú hmotu, keď zmiešal silikónový olej a kyselinu boritú. Táto látka sa dala natiahnuť oveľa viac ako bežná guma, odrážala sa od tvrdého povrchu a mala pomerne vysokú teplotu topenia. James Wright poslal vzorky tejto látky mnohým vedeckým inštitúciám po celom svete, avšak žiadne praktické využitie sa nenašlo. Až v roku 1949 s ňou prišiel do kontaktu Ruth Fallgatter, majiteľ hračkárstva, a jej uplatnenie mu bolo okamžite jasné, vedel totiž, že s takouto hmotou sa deti môžu výborne zabaviť. Neskôr Peter Hodgson odkúpil práva na použitie tejto hmoty a rozbehol jej sériovú výrobu pod názvom Silly Putty, čo znamená „hlúpa plastelína“. Po istom čase sa táto hmota stala v USA veľmi populárnou a rozšírila sa aj do zvyšku sveta. U nás ju dostať pod názvom Inteligentná plastelína.

Táto hmota sa dá natiahnuť prakticky na ľubovoľnú dĺžku, pri rýchlym ťahu sa ale trhá až podozrivo čistým rezom. Potom stačí roztrhnuté konce len letmo priložiť k sebe a hneď sa zase spoja. Voľne položená sa roztečie, ale ak ju pustíme na zem, odráža sa. Dá sa modelovať, trhať, znovu zliepať, naťahovať. Pri silnom údere kladivom sa rozbije na kúsky. Je to krásny príklad viskoelastickej dilatantnej látky. Pri nenásilnom spracovaní je prakticky ako viskózna kvapalina, pri drsnejšom zaobchádzaní skôr ako elastická tuhá látka.



Ako funguje?

Inteligentná plastelína je zmesou viacerých organických látok, ale podstatnou zložkou, ktorá udáva základné vlastnosti tejto hmoty, je zmes silikónového oleja (polydimetylsiloxánu) a kyseliny boritej. Zvyšok tvoria rôzne farbivá a iné prímеси, ktoré

potom ponúkajú možnosti plastelíny svietiacej v tme, metallickej plastelíny, teplocitlivej plastelíny meniacej farbu, prípadne magnetickej plastelíny. Kyselina boritá je maličká molekula v porovnaní s veľkými silikónovými reťazcami, ale veľmi rada sa na ne „lepi“ a vytvára tak medzi týmito reťazcami malé mostíky, z ktorých tvorí veľkú sieť. Tieto mostíky sa striedavo pripájajú a odpájajú a stále sa medzi veľkými reťazcami premiestňujú. Preto keď necháme inteligentnú plastelínu v pokoji, alebo ju pomaly naťahujeme, tak tečie (mostíky sa pomaly preskupujú a dovoľia látke tiecť). Ale pri prudkom náraze nemajú mostíky dosť času na odpojenie a premiestnenie, preto je hmota na okamih tuhá.

Ďalšou zaujímavou vlastnosťou tejto hmoty je jej vysoká priľnavosť. Ponechaná na vytlačenej texte alebo obrázku, okopíruje ho zrkadlovo na svoj povrch, prípadne ho môže opätovne preniesť na čistý papier. Tento efekt závisí aj od kvality tlače, súčasná moderná tlač sa už na plastelínu zväčša neotláča. Ale pokiaľ máte atramentovú tlačiareň môžete si to sami vyskúšať, takáto tlač sa prenáša dobre, podobne aj tlač v novinách.



Domácia výroba slizu

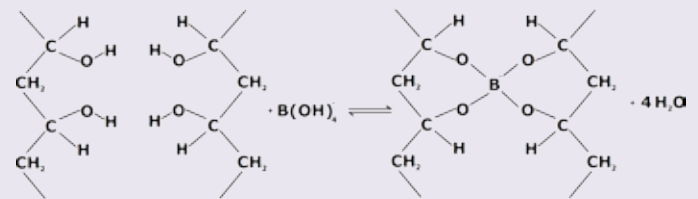
Podobnú látku, ako je inteligentná plastelína, si môžete vyrobiť aj doma z pomerne bežných látok. Stačí na to biele disperzné lepidlo a borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Obe zložky zoženiete v lepšej drogérii alebo domácich potrebách.



Pripravte si roztok A zmiešaním 75 ml vody s 12 ml kryštalického boraxu (pre rýchlejšie rozpustenie je vhodné použiť horúcu vodu) a roztok B zmiešaním 75 ml disperzného lepidla s 50 ml vody. Oba roztoky potom za stáleho miešania zlejte, vytvorí sa tak zrazenina, ktorú rukou oddeľte od zvyšného roztoku a prepláchnite vodou. Táto zrazenina je cieľovou hmotou tohto pokusu. Spočiatku je trochu mazľavá a mokrá, ale keď sa s ňou budete chvíľu hrať, bude taká, aká má byť. Do roztoku B môžete pridať aj trochu akrylovej farby, aby nebola plastická hmota fádna. Výsledná látka tak môže mať ľubovoľnú farbu. Na farbenie nepoužívajte inú ako akrylovú farbu, lebo je pravdepodobné, že všetko farbivo ostane v roztoku, ktorý potom aj tak vylejete.



Základom disperzného lepidla je polymér polyvinylalkohol (PVA), ktorý sa zosieťuje dočasnými mostíkmi podobne, ako to bolo v predchádzajúcom prípade:



Táto hmota je tiež veľmi dobre tvarovateľná a pri náraze elastická, ale v menšej miere, ako je to pri inteligentnej plastelíne. Podobná látka sa tiež objavila v hračkárskom priemysle, ale o čosi neskôr ako predchádzajúca. V roku 1976 ju firma Mattel uvedla pod názvom Slime, neskôr sa objavila pod rôznymi ďalšími značkami ako Ooze alebo Toxic Waste, u nás napríklad Vesmírny sliz a podobne.

Škrobový bazén

Najbežnejšou spomedzi nenevtonovských kvapalín je hustý roztok škrobu vo vode. Môžete si ho tiež veľmi ľahko pripraviť doma. Stačí dať do pohára pár lyžíc škrobu (najlepšie kukuričného) a postupne po malých dávkach (napr. čajových lyžičkách) pridávať vodu a vždy dôkladne premiešať (uvidíte, že miešať sa dá len pomaly). Týmto postupom sa dopracujete k hustej kvapaline.



Táto kvapalina pomerne rýchlo tečie (asi ako omáčka), dá sa pomaly miešať, ale ak na ňu rýchlo narazíte, zostáva tuhá. Ak chcete rýchlo vybrať z takejto kvapaliny lyžičku, ktorou ste ju miešali, kvapalina na moment stuhne a zdvihne sa spolu s lyžičkou celá nádoba. Keď by ste do nej chceli rýchlo pichnúť prstom, nepodariť sa vám to a prst si ani nenamočíte. V uzavretej nádobe sa kvapalina prelieva, ale ak ňou prudkou zatrasiete, nespľiecha, lebo opäť stuhne. Keď začnete túto nádobu rýchlo kotúľať, správa sa ako tuhá látka a nespomaľuje kotúľanie ako iné kvapaliny. Po takejto kvapaline sa dokonca dá utekať bez toho, aby sa do nej človek ponoril. Ponorí sa, až keď na nej zastane. Keď na takýto roztok pôsobíte silou, škrobové vlákna sa do seba zakliesnia a uväznia vo svojich dutinkách molekuly vody, a preto kvapalina naokamih stuhne. Keď sa tlak uvoľní, získa voda opäť prevahu a zmes je tekutá.

Lukáš F. Pašteka

