

Přestavníky “MEMORY WIRE”

Drátek vyrobený z materiálu s tvarovou pamětí, tenký jako vlas, se v současnosti stává vedle elektromagnetických a elektromotorických přestavníků další možností jak oživit a rozpohybovat nejrůznější modelové mechanismy. Když se drátek průchodem elektrického proudu zahřeje, dojde k jeho zkrácení, které je možné využít k přestavení polohy nějakého pohyblivého dílu. Přestavná síla, kterou je přitom tento tenký drátek schopen vyvinout, je překvapivě veliká. Po vypnutí elektrického proudu se drátek prodlouží na původní délku a přestavovaný mechanismus se může vrátit do výchozí polohy. Tato, pro mnohé těžko představitelná vlastnost, je dána krystalickou strukturou a slitiny, které tuto vlastnost mají, bývají označovány jako „**materiály s tvarovou pamětí**“ (anglická zkratka SMA = Shape Memory Alloy).

Základy tvarové paměti

Slitiny s tvarovou pamětí mění svoji krystalickou strukturu v závislosti na teplotě. Při pokojové teplotě mají martenzitickou krystalovou mřížku, a při definované vyšší teplotě mají austenitickou krystalovou mřížku. Jestliže předmět vyrobený z takovéto slitiny při pokojové teplotě zdeformujeme (natažením, stlačením nebo ohnutím), pak po zahřátí, při přechodu na austenitickou strukturu, nabude své původní tvary. I při opakovaných deformacích se předmět chová tak, jakoby si své původní tvary pamatoval a toto chování dalo i název tomuto jevu – tvarová paměť. Pro zopakování jevu ale musíme na předmět vždy znovu působit vnější silou – je to jednosměrná tvarová paměť.

Je ale možné dosáhnout i dvousměrného efektu. Materiál je nutné zdeformovat již při výrobě, za zvláštních podmínek, a kovová struktura si pak pamatuje dva tvary – původní tvar a tvar definovaným způsobem deformovaný. V takovém případě pak předmět vyrobený z tohoto materiálu mění tvar podle teploty a přechází z výchozího do deformovaného stavu a zpět i bez zásahu vnějších sil. Je to vratný děj.

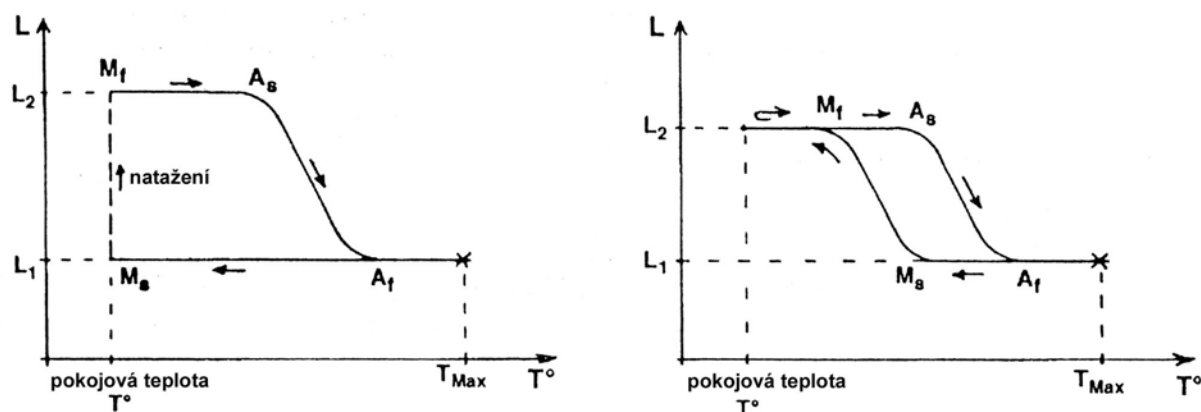
Slitiny s tvarovou pamětí lze vyrábět z různých kovů. Složením slitin lze měnit vlastnosti tvarové paměti. Pro naše modelářské účely jsou vhodné slitiny nikel-titanové (NiTi). Mají vysokou pevnost a životnost a také příhodnou velikost elektrického odporu. Kilogramová cena těchto slitin je velmi vysoká, ale při uvážení množství potřebných pro modelářské účely je tento materiál vcelku dostupný. Stejně jako jiné kovy, lze i slitiny s tvarovou pamětí dodávat v různých podobách – jako tyče, trubky, pružiny apod., dokonce z nich lze udělat povlak na jiný materiál, ale pro naše účely je nevhodnější tenký drát, co do pevnosti srovnatelný s ocelovou strunou.

Jednosměrná a vratná tvarová paměť

Následující dva grafy umožňují lépe porozumět tomu, jak drát s tvarovou pamětí reaguje na teplotu. První graf je pro materiál s jednosměrnou tvarovou pamětí (tj. bez zvláštního zpracování). Začínáme v bodě M_s . Drát je dodáván v délce L_1 , která představuje jeho výchozí („zapamatovaný“) tvar. Nyní drát vnější silou zdeformujeme, natáhneme ho na délku L_2 . Toto natažení představuje v grafu čára $M_s - M_f$. Poté začneme drát zahřívát. Po překonání teploty A_s začíná proces návratu k původnímu tvaru (zde délce) a při dosažení teploty A_f je austenitická přeměna dokončena a drát má opět svoji původní délku L_1 . S poklesem teploty již žádné další změny nenastávají, délka L_1 zůstává zachována a dostaneme se zpět do bodu M_s . Pro zopakování děje musíme drát znovu deformovat vnější silou.

Druhý graf je pro drát s vratnou tvarovou pamětí. Tento drát byl při výrobě za zvláštních podmínek deformován tak, až si zapamatoval svou deformovanou (prodlouženou) délku L_2 stejně dobře, jako výchozí délku L_1 a dodává se ve své deformované podobě (delší – L_2). Při zahřívání se děje totéž jako v grafu 1 – po překročení teploty A_s se drát začne zkracovat na délku L_1 , které dosáhne při teplotě A_f . Při poklesu teploty, na rozdíl od jednosměrné varianty, dochází k opětovnému prodloužení drátu. Děje se tak

podle zpětné větve grafu (čára $M_s - M_f$). Obě větve grafu jsou navzájem posunuty asi o 18°C (hystereze). Po dosažení bodu M_f má drát opět svoji prodlouženou délku L_2 a celý děj se může bez zásahu vnějších sil opakovat.



Obr. 1: Jednosměrná (vlevo) a vratná (vpravo) tvarová paměť

Modelářské aplikace drátu s tvarovou pamětí

Je jedno, jakým způsobem dosáhneme změny teploty, potřebných pro vyvolání paměťového jevu. Drát můžeme zahřát např. sálavým teplem, horkou lázní, topným tělískem, atd. Protože se ale jedná o tenký drátek s významným elektrickým odporem, nabízí se jako nejsnazší metoda ohřívání jej Jouleovým teplem vznikajícím při průchodu elektrického proudu (je jedno jestli stejnosměrného nebo střídavého).

Drát Pro-Rail o průměru 0.12 mm, vhodný pro většinu modelářských aplikací má měrný odpor $75 \Omega/\text{m}$ (platí ve studeném stavu) a pro plné využití paměťového jevu jím musí procházet proud o velikosti cca 200 mA. Pro stavbu přestavnicku je obvykle potřeba 50-150 mm drátku (záleží to hlavně na požadovaném zdvihu), tedy odpor činí 4-12 Ω a potřebný příkon ($P = R \cdot I^2$) je 160-480 mW. Takovéto energetické zatížení snadno zvládne každý zdroj pro napájení modelové železnice.

Přípevněním jednoho konce drátku k rámu kolejíště a druhého konce k pohyblivé části nějakého mechanismu (jazyk výhybky, rameno návěstidla, závora, křídlo vrat apod.) jste postavili asi nejjednodušší pohon jaký si lze představit. Po připojení odpovídajícího napětí se drátek zkrátí, a změní polohu ovládaného mechanismu jedním směrem. Výhodou oproti motorickým přestavníkům je, že pohyb je přímo (bez převodů) lineární a navíc se v přestavené poloze sám zastaví. Výhodou oproti elektromagnetickým přestavníkům je, že pohyb je pozvolný a tichý. Po vypnutí elektrického proudu drát vlivem okolního prostředí (pokojová teplota) rychle vychladne a prodlouží se do původní délky. Tenký drát ale nemůže vyvinout tlakovou sílu, ovládané zařízení se tedy nemůže vrátit do původní polohy, dokud je k tomu nepřiměje nějaká vratná síla. Tuto vratnou sílu obvykle vyvozujeme pružinou, nebo ještě jednodušeji pomocí závaží.

V případě použití materiálu s jednosměrnou tvarovou pamětí, kde je třeba pro zopakování cyklu drát vždy znovu mechanicky natáhnout, by musela být vratná síla dost velká, aby nejen uvedla mechanismus do výchozí polohy, ale i znovu natáhla drát do původní délky. To by vyžadovalo provést výpočet a vyrobit poměrně složité zařízení. Naproti tomu vratná tvarová paměť prodlouží drát sama a pro přestavení mechanismu do původní polohy obvykle postačí malá vratná síla. Přestavník z drátu s vratnou tvarovou pamětí je tedy výrazně jednodušší a spolehlivější. To je důvod, proč modeláři používají výhradně materiál s vratnou tvarovou pamětí, a to přesto, že drát sám je o něco dražší než v případě materiálu s jednosměrnou tvarovou pamětí.

Vhodným materiálem je právě drát **Pro-Rail**. Jeho průměr je 0.12 mm při toleranci $\pm 5\%$. Jeho mechanické a elektrické vlastnosti tedy mohou poněkud kolísat, přiměřeně skutečnému průměru dodaného drátu.

Technické údaje a omezení použitelnosti

Pevnost

Při používání drátu **Pro-Rail** by nemělo mechanické napětí překročit hodnotu 185 MPa, alespoň pokud má být zachována dlouhodobá životnost (více než 1 000 000 pracovních cyklů). Při průměru drátu 0.12 mm to představuje maximální tahovou sílu 2 N (odpovídá tíze závaží hmotnosti 200 g). Drát sice může snadno pracovat i s dvojnásobnou silou, ale je pak použitelný jen pro nevelký počet pracovních cyklů. Takže pokud potřebujete sílu např. 3 N, uděláte lépe, když do přestavníku dáte 2 dráty paralelně. Většinou ale v modelařině silový limit 2 N nijak nevádí, mnoho aplikací vystačí se silami menšími. Při konstrukci přestavníku je také třeba dát pozor, aby nic nebránilo plné kontrakci drátu. Jinak by se totiž drát mohl přetížit sám. Do série s drátem je vhodné zařadit nějaký pružný člen, který může kompenzovat kontrakci například při zablokování přestavovaného mechanismu a tak zabránit přetížení drátu. Z důvodu životnosti je také třeba vyhnout se ostrým ohybům drátu. Pro drát průměru 0.12 mm se doporučuje minimální poloměr ohybu 6 mm (jen v upevňovací smyčce na konci drátu zřejmě může být méně).

Zdvih

Dosažitelný pracovní zdvih závisí na deformaci vložené při výrobě do tvarové paměti drátu. Teoreticky lze docílit hodnot až do 8% původní délky, ale takto vysoké hodnoty deformace značně zkracují životnost. Proto se běžně používají hodnoty poměrné deformace nepřevyšující 4%. Drát **Pro-Rail** je dodáván právě s hodnotou poměrné deformace 4%, to znamená, že v konkrétních aplikacích dosahujeme (podle zatížení) zdvihu 3.5-4% aktivní délky drátu.

Teplota

Slitiny s tvarovou pamětí jsou citlivé nejen na přetížení, ale i na přehřátí. Drát **Pro-Rail** by neměl být vystavován teplotám vyšším než 130°C. Není snadné měřit teplotu v drátku, ale pro kontrolu úplně stačí vědět, že tato teplota je o pár desítek stupňů vyšší, než teplota potřebná pro plné zkrácení drátku. V praxi poslouží jako zcela vyhovující metoda, jak udržet pracovní teplotu v bezpečném rozmezí, sledování rychlosti kontrakce. Pokud se totiž nejvyšší teplota blíží teplotnímu limitu, stává se pohyb vyvolaný kontrakcí drátu výrazně prudším.

Proto se doporučuje při stavbě každého nového zařízení udělat zkoušku, při níž se postupně zvyšuje napájecí napětí. Sledováním pohybů zařízení zjistíme hodnotu napětí, při kterém nastává plná kontrakce a podle ní pak nastavíme zdroj pro běžný provoz.

Dalším vhodným opatřením je mechanicky navrhnout každé zařízení tak, aby v poloze, ve které je toto zařízení po většinu času, byl drát studený. Například u vjezdového návěstidla polohu „stůj“ přiřadíme studenému drátu a polohu „volno“ ohřátému drátu. V tomto případě ale nejde až tak o nebezpečí přehřátí, jako spíše o energetickou úsporu. Větší množství trvale zapojených přestavníků může významně zatížit napáječ.

Z důvodu teplotních omezení se také nedoporučuje drát s tvarovou pamětí letovat nebo svařovat. Pro mechanické i elektrické připojení používáme šrouby a svorky.

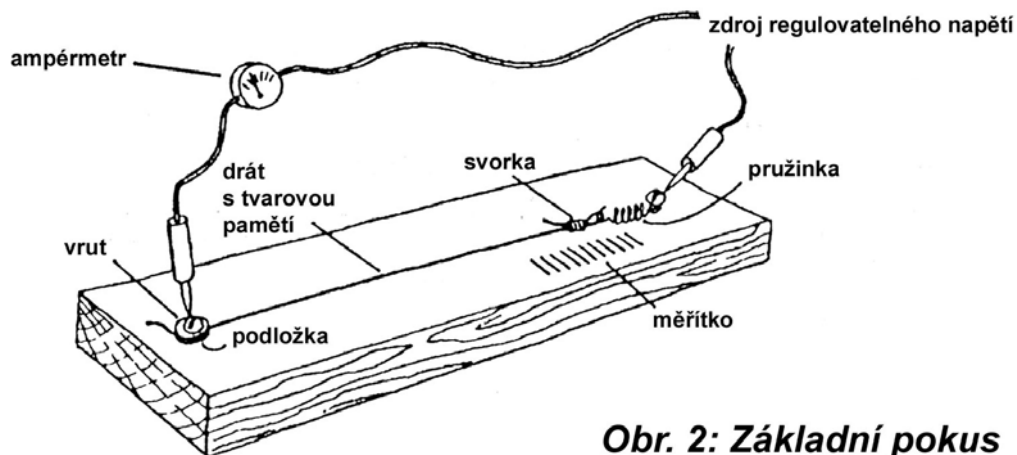
Přestavná rychlost

Pokud jde o rychlost deformace, je těžké uvádět přesná čísla. Rychlost prodlužování i zkracování velmi závisí na způsobu napájení, ale také na teplotě okolí. Například při pokojové teplotě (bez proudění vzduchu) a při předepsaném napětí ovládaném vypínačem (změna napětí skokem) to trvá 2-3 vteřiny, než drát dosáhne plného zkrácení, nebo prodloužení. Osvědčeným způsobem jak snížit vliv okolního prostředí na přestavnou dobu, je umístit drát do nějakého izolačního obalu. Pro tento účel se hodí například teflonová bužírka (dodává se v základní sadě nebo i samostatně).

Přestavnou rychlost je možné řídit pomocí regulace proudu procházejícího drátem. Pozvolným nárůstem (poklesem) proudu lze prodloužit dobu zkracování (prodlužování) drátu.

Začínáme

Nejlepším způsobem, jak se blíže seznámit s vlastnostmi drátu **Pro-Rail**, je praktický pokus. Ještě předtím, než postavíte první přestavník, si vezměte asi 13 cm drátu a kus dřeva. Jeden konec drátu přitáhněte šroubem (s podložkou) k prkénku, na druhém konci drátu vytvarujte malou smyčku a zajistěte ji svorkou. Vezměte pružinku, jeden její konec zavěste do smyčky a druhý připevněte dalším šroubem k prkénku tak, aby vzniklý řetězec drát-pružinka byl lehce napnutý (obr. 2).



Obr. 2: Základní pokus

Nyní připojte ke šroubům vodiče od zdroje stejnosměrného napětí a od nuly pozvolna napětí zvyšujte, až uvidíte počátek kontrakce drátu. Opatrně dále zvyšujte napětí, až zpozorujete, že další nárůst napětí již nevyvolává změnu délky drátu. Tuto hodnotu napětí si poznačte (pokud napětí neměříte voltmetrem, udělejte si značku u příslušné polohy regulátoru), je to nejvyšší dovolené napětí a neměli byste ho při dalších pokusech překročit (zjištěná hodnota napětí platí vždy jen pro příslušnou délku drátu).

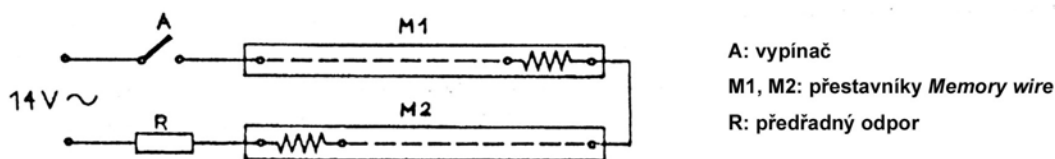
Manipulujte regulátorem v povoleném rozsahu a brzy získáte jasnou představu o chování a možnostech drátu s tvarovou pamětí. Je užitečné přiložit (nebo nakreslit) na dřevěnou podložku nějaké měřítko, které umožní lépe sledovat dosahovaný zdvih. Měli byste pozorovat zdvih okolo 3.5 mm (to je 3.5% z aktivní délky cca 100 mm).

Jinou zajímavou možností je vložit do elektrického obvodu ampérmetr a sledovat změny proudu. Ukazuje se, že při dosažení plné kontrakce je proud okolo 200 mA a poté ještě trochu vzroste aniž by se měnilo napětí. To je způsobeno tím, že odpor slitiny při přechodu z martenzitické struktury na austenitickou klesne. Vyspělý napájecí zdroj by to mohl brát v úvahu a nejprve vytvořit napěťovou špičku pro strukturální změnu a poté dávat ustálené nižší napětí pro udržení přestavené polohy, ale v běžné modelářské praxi se tím nemusíme zabývat.

Napájení

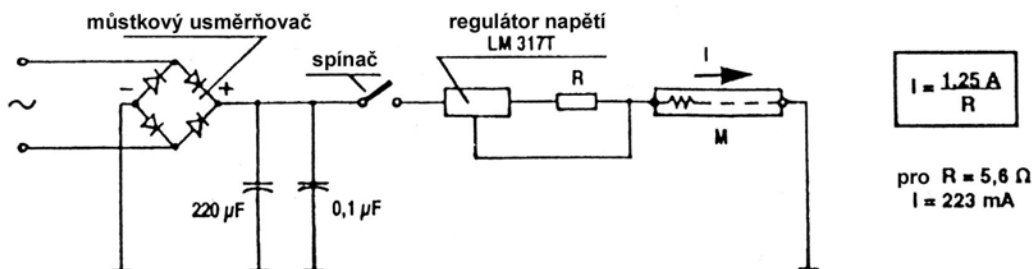
Všechno, co je potřeba udělat pro zprovoznění přestavníku z drátu s tvarovou pamětí, je připojit konce drátu k přiměřenému zdroji napětí. Protože odpor přestavníku je poměrně nízký, je nízké i požadované napájecí napětí – obvykle leží v intervalu 1-3 V. Krátkodobě lze přestavník napájet z dvojice tužkových baterií (to se hodí třeba při předvádění na výstavě), ale pro dlouhodobější využití je rozhodně výhodnější napájet ho ze síťového zdroje. Napáječe pro modelovou železnici mají výstup pro příslušenství, ale ten poskytuje příliš vysoké napětí (14 V a více), takže pokud je chceme využít, musíme napětí snížit. Nejjednodušším způsobem je použití předřadného odporu, jehož velikost se vypočte z Ohmova zákona. Potřebný proud je 200 mA, ostatní veličiny vstupující do výpočtu změříme. Není to příliš elegantní řešení, je třeba si uvědomit, že ztrátový výkon vůbec není zanedbatelný a proto je nutné použít odpory o výkonu alespoň 2 W nebo spíše 4 W.

V řadě aplikací používáme dva (někdy i více) současně pracující přestavníky (např. dvě břevna závor). V těchto případech můžeme s výhodou spojit všechny aktivní drátky do série (obr. 3) a lépe tak využít napětí zdroje.



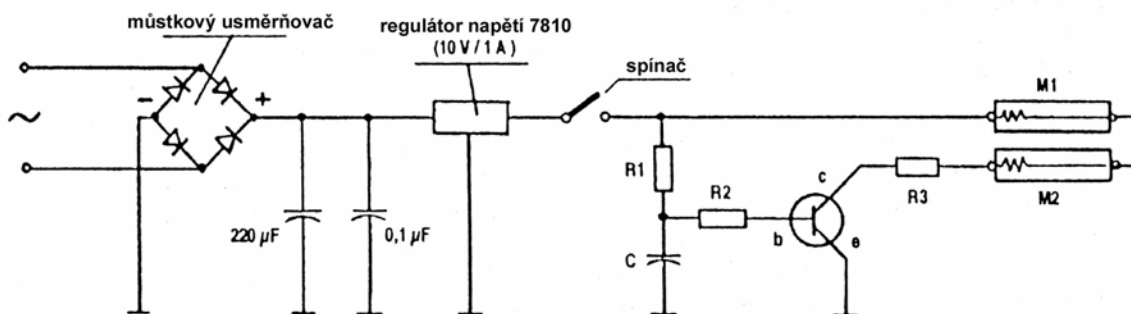
Obr. 3: Jednoduchý způsob napájení souběžně pracujících přestavníků

Obr. 4 ukazuje zajímavou možnost, zdroj který poskytuje proud stálé velikosti, bez ohledu na délku a odpor drátu.



Obr. 4: Zdroj stálého proudu

Výše popsaná zapojení umožňují provozovat přestavník s „přirozenou“ přestavnou dobou, která je okolo 2 vteřin. Pokud chcete dosáhnout pomalejšího pohybu, potřebujete elektrický obvod umožňující řídit nárůst a pokles proudu. Například schéma z obrázku č. 5 může zpomalit pohyb závor (dvě břevna, každé s vlastním pohonem). Je na vás, abyste vyvinuli ještě vyspělejší řešení, například taková, která současně zajistí i doprovodné efekty (blikající světla, akustické signály...).



Obr. 5: Obvod umožňující řízení přestavné rychlosti

První část obvodu vytváří konstantní stejnosměrné napětí 10 V (obvod napájíme z jakéhokoliv stejnosměrného nebo střídavého zdroje, který má na výstupu alespoň 12 V). Přes vypínač (ten může být nahrazen např. relé ovládaným spínací kolejí, nebo jiným samočinným zařízením) je připojena druhá část obvodu. Jejím základem je Darlingtonův zesilovač, napájející drát s tvarovou pamětí. Báze tranzistoru je ovládána dvojitým R-C časovačem. Po sepnutí vypínače se začne přes odpor R_1 nabíjet kondenzátor C a zvolna otevře Darlingtonovu bránu. Díky tomu narůstá proud způsobující ohřev drátu s tvarovou pamětí pomaleji. Doba ohřevu je úměrná součinu R_1C a můžete ji snadno regulovat změnou odporu R_1 . Po rozepnutí vypínače se kondenzátor C postupně vybije přes odpor R_2 a bázi tranzistoru a proud způsobující ohřev drátu pozvolna klesá. V tomto případě je příslušná doba úměrná součinu R_2C a můžete ji regulovat změnou odporu R_2 . Odpor R_3 snižuje vliv teplotních změn hodnoty vlastního odporu drátu s tvarovou pamětí na tento proces.

Například pro závory poháněné dvěma drátky (pro každé břevno jeden) s aktivní délkou po 75 mm použil autor tyto hodnoty: $C = 1000 \mu\text{F}$, $R_1 = 56 \Omega$ a $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$. Tím docílil, že se závory chovají tak jak v tomto konkrétním případě potřeboval: Po aktivaci zařízení (vypínačem) nastane asi 10 s dlouhá prodleva a teprve poté se začnou pohybovat závory. Vlastní pohyb závor trvá asi 3 s. Odpor obou drátků zapojených do série činí v tomto případě 16Ω ve studeném, a 12Ω v teplém stavu. Hodnota odporu R_3

byla zvolena 22Ω (výkon 4 W), takže poměrná změna odporu v obvodu kolektoru tranzistoru se snižuje z 25% (zapojení bez odporu R_3) na 10% (s odporem R_3) a ve stejném poměru klesá i nebezpečí přehřátí drátku.

Rady pro praktické použití

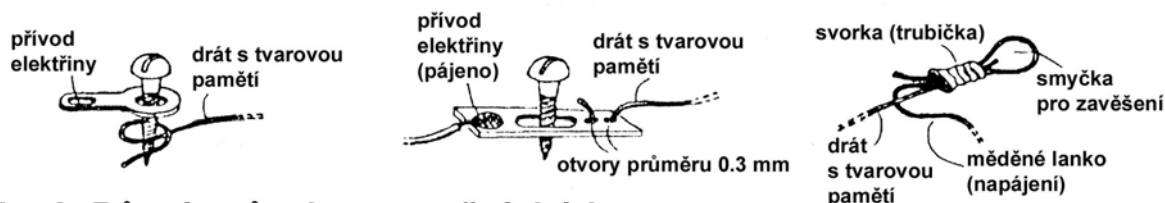
Bužírka

V příslušenství dodávaném k drátu s tvarovou pamětí (průměr 0.12 mm) je teflonová bužírka, vyráběná speciálně pro tento drát. Bužírka má velmi malé rozměry (vnější průměr 0.7 mm, vnitřní průměr 0.4 mm), aby v miniaturních pohonech nezabírala zbytečně mnoho místa. Jejím hlavním účelem je omezit vliv teplotních změn okolního prostředí (proudění vzduchu atd.) na chování drátku. Současně svojí hmotou akumuluje teplo a tím mírně zpomaluje odezvy drátku. Bužírka dále může zabránit nežádoucím propojením a zkratům v případech, kdy se drátek pohonu kříží s jinými vodiči.

Teflon je pro tento účel ideálním materiálem, protože má nízký součinitel tření a navíc je odolný výrazně vyšším teplotám, než ostatní běžné plasty. Při stavbě pohonu je jen třeba dát pozor, aby bužírka sama nebránila jeho pohybům. Při pokojové teplotě musí být bužírka o něco kratší než pracovní drátek.

Připevňování drátku

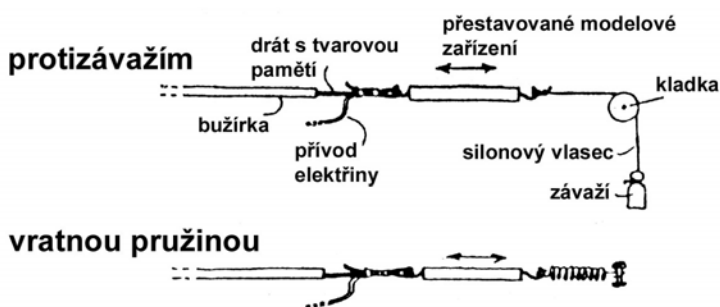
Upevnění drátku musí vyhovovat po mechanické i elektrické stránce. Tři základní používané způsoby jsou na následujícím obrázku. Konec drátku je možné upevnit šroubem (konec drátku přitáhnout pod očkem), zaplést (provléknout několika malými otvory), nebo zajistit svorkou. Doporučuje se hlavně poslední zmíněná metoda. Svorka je malý kousek tenké trubičky z jakéhokoliv měkkého kovu (hliník, měď, mosaz). Po provlečení drátku (a případně i drátu zajišťujícího elektrické napájení) se svorka zajistí rozmáčknutím. Nezapomeňte na drátek navléknout bužírku dříve, než zajistíte oba jeho konce.



Obr. 6: Různé způsoby upevnění drátku

Vyvozování vratné síly

Je výhodné navrhnout mechanismus pohonu tak, aby vratnou sílu vyvolávalo protizávaží. Jeho hmotnost může být snadno stanovena vážením a velikost síly, kterou způsobuje, je stálá pro celý pracovní zdvih. Na druhé straně ale protizávaží často vyžaduje použití kladky (vždy, když směr pohybu mechanismu není svislý). Proto se pro tyto účely často používá miniaturní tažná pružina. Je možné použít libovolnou pružinku s vyhovující charakteristikou (závislostí síly na prodloužení), ale jednodušší je použít pružinky navržené přímo pro drát **Pro-rail** (jsou obsaženy v základní sadě, nebo se prodávají i samostatně). Tyto pružiny vyvozují sílu 1.5 N (odpovídá tíze závaží 150 g) při natažení na délku asi 18 mm. Pro snadnější montáž doporučujeme vytvořit na obou koncích pružiny očka odehnutím závěrných závitů pomocí malých kleští.



Obr. 7: Vyvozování vratné síly



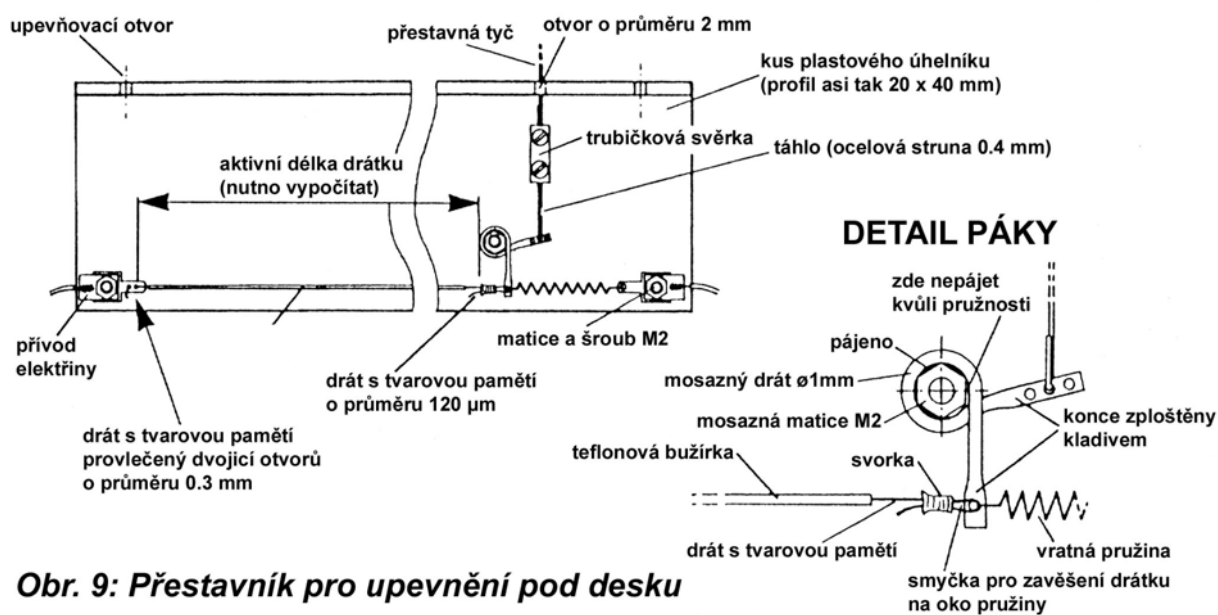
Obr. 8: Cejchování pružiny

Je nanejvýš doporučené, abyste si pružinu, která má být použita v navrhovaném mechanismu, ocejchovali. Pomůže vám to předejít přetížení drátku (nezapomínejte, že maximální dovolená síla činí 2 N, to odpovídá tíze 200 g závaží). Jak to udělat ukazuje obr. 8. Myšlenka je jednoduchá, pružinu zatížíme závažím o hmotnosti 200 g a změříme prodloužení. Naměřená hodnota je pak největším dovoleným prodloužením, kterého může pružina vestavěná do mechanismu dosáhnout, aniž by došlo k přetížení drátku. V praktických aplikacích se samozřejmě snažíme držet spíše menších hodnot. Čím menší síla, tím lépe pro drátek. Pokud nemáte k dispozici dostatečně přesnou váhu (stačí i kuchyňská), můžete cejchovat pružiny pomocí sáčku naplněného mincemi. Různým počtem mincí a kombinací jejich druhů můžete (s využitím následující tabulky) velmi jemně nastavit potřebnou sílu.

mince	hmotnost 1 ks	počet mincí na 200 g
2 eurocenty	3.6 g	56
10 Kč	7.62 g	26
20 Kč	8.43 g	24

Typický skrytý přestavník

Příklad nejběžnějšího, snadno zhotovitelného přestavníku, v provedení s vodorovným drátkem. Navržený přestavník vyhovuje pro řadu případů (např. mechanická návěstidla, závory atd.):



Obr. 9: Přestavník pro upevnění pod desku

Základem přestavníku je kus plastového úhelníku, na němž je napnut paměťový drátek s vratnou pružinou. Přestavník je upevněn dvěma šrouby k dolní ploše desky kolejiště, v místě ležícím přímo pod poháněným modelovým zařízením. Pohyb se nad desku přenáší svislou přestavnou tyčí, ta je vyrobena z ocelové struny průměru 0.4 mm a její horní konec je upraven pro připojení k poháněnému zařízení. Protože ukázkový případ obsahuje zařízení poháněné svislou přestavnou tyčí, převádíme vodorovný pohyb přestavníku na svislý pomocí páky. Ta je jednoduše vyrobena z mosazného drátu o průměru 1 mm vytvarovaného podle obrázku. Do středu páky je zaletována matice M2. Ta umožňuje, že se páka může volně pootáčet na ose zhotovené z odpovídajícího šroubu a přitom je závitěm jednoduše zajištěna proti spadnutí. Konce obou ramen páky jsou zploštěny kladivem a jsou do nich vyvrtány otvory pro připojení navazujících dílů. Rameno pro připojení přestavné tyče má tři otvory. Tím je možné volit převodový poměr páky (základní poměr 1:1 je pro stejně dlouhá ramena). Zdvih přestavné tyče se tak může v tomto poměru lišit od kontrakce drátku. Jednodušším řešením je instalovat přestavník svisle. Tím odpadá potřeba páky, ale je pravděpodobné, že svisle orientovaný přestavník bude něčemu překážet.

Většina modelových zařízení vyžaduje minimální přestavné síly a tak je možné drátek zpřevodovat do rychla. Díky tomu může mít přestavník menší zastavovací rozměry a ušetříme i na výdajích za paměťový drátek. Aktivní délku drátku počítáme pro každé zařízení, případ od případu. Například když potřebujeme, aby měla přestavná tyč zdvih 3 mm, a můžeme použít převodový poměr 3 : 2, vychází potřebná kontrakce drátku 2 mm. Kvůli vůlím v mechanismu je ale potřeba trochu přidat a počítat spíše s kontrakcí 3 mm. Při dané poměrné deformaci 3.5 % vychází potřebná aktivní délka drátku 86 mm. Nezapomeňte, že každý převod mění nejen zdvih, ale v převráceném poměru také sílu, takže to, co získáte na zdvihu, ztratíte na výsledné síle. Pokud jsou síly v přestavovaném zařízení větší a musíme použít převodový např. poměr 1 : 1, je potřebná kontrakce drátku po započtení vůlím v mechanismu 3 + 1 = 4 mm, a z toho vychází aktivní délka drátku 115 mm.

Nedoporučuje se používat aktivní délku drátku menší než 50 mm. Malý zdvih, který by tak krátký drátek docílil, by patrně zcela zanikl ve vůlích mechanismu. Na druhé straně použití velmi dlouhých drátků by jistě umožnilo docílit velké zdvihy a po zpřevodování do pomala i vyšší síly, ale v takových případech se již nepříznivě projeví velké rozměry přestavníku a cena drátku. Proto drát **Pro-rail** nachází uplatnění hlavně v pohonech rozměrově blízkých právě popsanému případu.

Pokud poháníte nějaký otočný mechanismus, tak je vhodné přestavnou tyč připojit co možná nejbližší k ose otáčení mechanismu a tak omezit potřebný zdvih pohonu a tím i spotřebu drátku. Přestavnou tyč je vhodné nejprve vyrobít delší a teprve po sestavení celého zařízení a dořešení jejího spojení s přestavníkem ji zkrátit na konečnou délku. Vhodným způsobem spojení je trubičková svěrka se dvěma šroubky. Ta totiž umožňuje přesné doladění výchozí polohy mechanismu i po jeho dokončení a případně i při jeho pozdějších úpravách.

Drátek k přestavníku je vhodné připevnit na straně vratné pružiny svorkou a na druhém konci zaplést provléknutím několika malými otvory (tím je možné doladit aktivní délku a drátek lehce napnout).

Další možnosti

Prvními průmyslově vyráběnými doplňky pro modelovou železnici, které využívají drát s tvarovou pamětí, byly závory a návěstidla německé firmy Brawa. Představeny byly na norimberském veletrhu v roce 1990 pod obchodním označením „Slow Memory“. Tvarová paměť ale může v železničním modelářství nalézt daleko širší uplatnění, zvláště při přestavování výhybek modelovou rychlostí. Úplně nové pole pro uplatnění drátku na vozidlech otevírá nástup digitálního ovládání modelové železnice. Drátek by mohl zajišťovat například zvedání pantografu, nebo otevírání dveří. Klasické pohony a přestavníky budou i dál pohánět mnohá zařízení, protože je pro ně zdvih docilovaný drátkem příliš malý. Paměťový drátek ale naopak umožňuje pohánět zařízení, jejichž rozpočty bylo klasickým způsobem prakticky nemožné. Jen si představte 4 mm vysokou figurku, která zvedá ruku s praporkem, nebo vůz, který u nástupiště otevře dveře. Tyto nápady mají jen podnítit vaši vlastní tvořivost a fantazii. Prostor pro nápady je otevřený a možnosti skoro neomezené. Další užitečné informace můžete také najít v člancích některých zahraničních modelářských časopisů:

- anglicky: Model Railway Journal č. 73 (9/94) a č. 112 (9/99)
Railway Modeller – 9/96
- francouzsky Loco-Revue č. 577/578 (1-2/95) a č. 643/644 (1-2/2001)
Train Miniature Magazine č. 11 (5/2001)
- německy Miba-Spezial 25 (8/95)
Miba 6/2002, 7/2002 a 8/2002
- holandsky Rail-Hobby 1/95
Modelspoor Magazine č.11 (5/2001)

Pro Rail International 4a, rue du Pont-de-Bois
anglicky vydáno v červenci 2002
do češtiny přeložil Ing. Petr Litomyský, 2003-2004

B-1490 Court-Saint-Etienne (Belgie)
© Jacques Le Plat, březen 1993
www.litomysky.cz