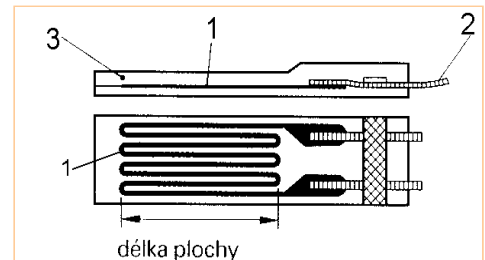
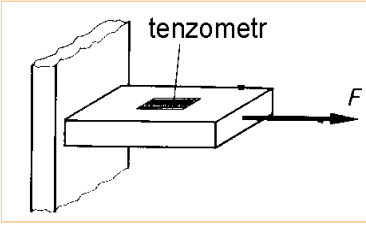
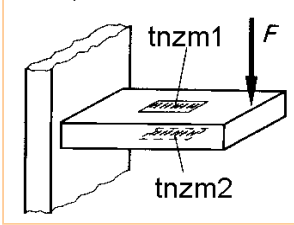


17. Snímače napětí (síly)

17.1. Odporové tenzometry

Kovový fóliový tenzometr		a) Měření prodloužení	b) Měření ohybu
	1 páska		
	2 vývody		
	3 obal		

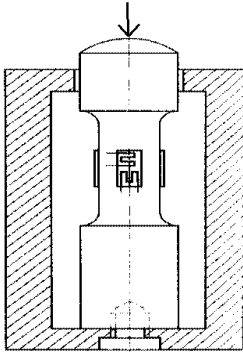
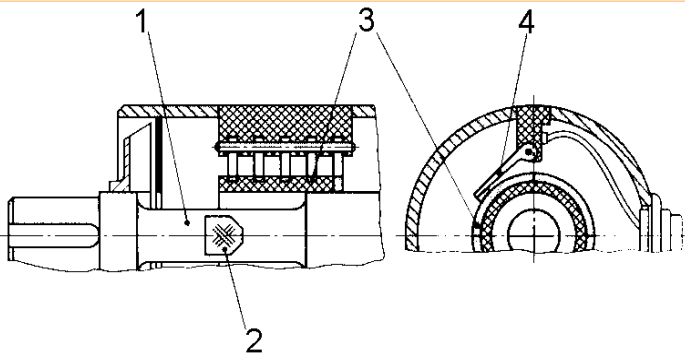
↔	Tenzometry jsou tenké vodiče, u kterých se využívá závislost elektrického odporu na jejich průřezu
↔	Při prodlužování vodiče a tedy zmenšování průřezu se jeho odpor zvětšuje
↔	Používají se ve formě fóliových pásek (nebo drátků) připevněných k měřenému předmětu
↔	Délkové změny tenzometrů jsou malé (řádově do stovek mm) - délka pásku se zvětšuje vlnitým (meandrovitým, klikatým) uspořádáním (prodloužení se násobí počtem záhybů)
↔	Rozsah měřených sil až desetitisíce N

Materiály tenzometrů:

↔	slitiny kovů	↔	konstantan (60% Cu, 40% Ni), chromnikl (80% Cr, 20% Ni)
↔	polovodiče	↔	na bázi křemíku (jsou asi 60x citlivější než kovové, ale víc teplotně závislé a křehké) - využívají změny odporu polovodiče při jeho deformaci (piezorezistivní efekt)

Použití:

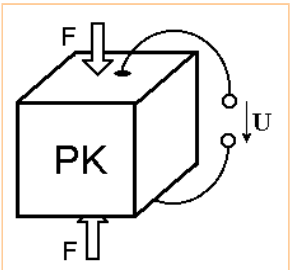
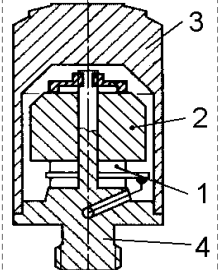
a)	měření prodloužení	↔	použije se tenzometr s jedním směrem pásků - umístí se ve směru prodlužování (nebo zkracování) tělesa
		↔	Pro měření ve více směrech se vyrábí tenzometrické pásky s pootočenými meandry
		↔	Ze změny délky lze určit napětí (<i>Hookův zákon - deformace je úměrná napětí</i>), působící sílu (napětí $\sigma = F/S$)
		↔	Příklad použití - siloměry - slouží k přesnému měření sil od malých (v Newtonech) do velkých (v MN) , tedy i hmotnosti (používají se např. v elektronických vahách, k regulaci tlaku při lisování a válcování)
		↔	touchpady u notebooků - detekce tlaku/síly dotyku
b)	měření ohybu	↔	u částí strojů (nosníků), stavebních konstrukcí, např. pro měření průhybu křídla letadla
		↔	použijí se dvě čidla - jedno čidlo je natahované, druhé stlačované, lze určit i ohybový moment
c)	měření zkrutu hřídelů	↔	úhel pásků je 45° vzhledem k ose otáčení
		↔	čidla jsou upevněna tak, že dvě jsou natahována a dvě stlačována
		↔	Příklad použití – měřicí zkrutová hřídel - slouží k měření kroutícího (točivého) momentu, který je úměrný zkrutu (připojení kontaktů je přes kroužky a sběrací kontakty nebo indukční vazbou pomocí vinutí na snímačích)

Siloměr	c) Měřicí zkrutová hřídel									
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1198 125 1225 210">1</td> <td data-bbox="1225 125 1503 210">měřená hřídel</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1198 217 1225 302">2</td> <td data-bbox="1225 217 1503 302">tenzometr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1198 309 1225 394">3</td> <td data-bbox="1225 309 1503 394">kontaktní kroužek</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1198 400 1225 486">4</td> <td data-bbox="1225 400 1503 486">sběrací kontakt</td> </tr> </table>	1	měřená hřídel	2	tenzometr	3	kontaktní kroužek	4	sběrací kontakt
1	měřená hřídel									
2	tenzometr									
3	kontaktní kroužek									
4	sběrací kontakt									

Další použití: snímače tlaku, zrychlení

17.2. Piezoelektrické snímače

<p>využívají piezoelektrické materiály, u kterých při jejich deformaci vzniká (<i>na jeho koncích</i>) elektrické napětí úměrné mechanickému napětí (pro střídavé napětí se musí materiál střídavě stlačovat a uvolňovat) = aktivní snímače</p>
<p>inverzní efekt - při zapojení střídavého elektrického napětí se materiál deformuje - zkracuje a prodlužuje (<i>např. generátory ultrazvuku, dřívější digitálky</i>)</p>
<p>Vlastnosti: jednoduchost, malé rozměry, snímají proměnné děje s vysokou frekvencí, dlouhá životnost - nejsou pohyblivé části</p>

Schéma piezoelektrického jevu	Piezoelektrický snímač vibrací									
		<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1023 963 1066 1030">1</td> <td data-bbox="1066 963 1503 1030">piezoelektrický snímač</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1023 1037 1066 1104">2</td> <td data-bbox="1066 1037 1503 1104">setrvačné těleso</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1023 1111 1066 1178">3</td> <td data-bbox="1066 1111 1503 1178">kryt</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1023 1184 1066 1247">4</td> <td data-bbox="1066 1184 1503 1247">základna se závitem</td> </tr> </table>	1	piezoelektrický snímač	2	setrvačné těleso	3	kryt	4	základna se závitem
1	piezoelektrický snímač									
2	setrvačné těleso									
3	kryt									
4	základna se závitem									

Materiály:

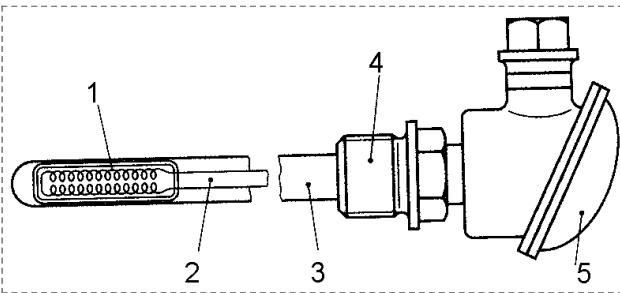
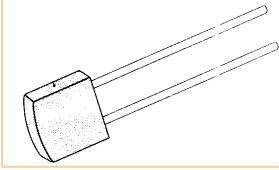
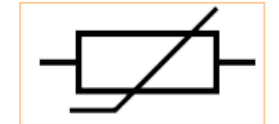
↔ krystaly na bázi křemíku	↔ SiO ₂ - oxid křemičitý - lidově křemen
↔ keramické materiály	↔ na bázi titaničitanu a zirkoničitanu olovnatého (PbTiO ₃ , PbZrO ₃) - jsou citlivější

Použití:

↔ piezoelektrické spínače (tlačítka)	↔ spínají tlakem s nepatrným zdvihem - např. dotykové (hmatové) snímače prstů robotů
↔ měření proměnných sil (tlaků, napětí)	<p>↔ snímají změny s frekvencí až 100 kHz</p> <p>↔ měření vibrací strojů - otřesové snímače, akcelerometry - snímač je jednou plochou spojen s předmětem a druhou se setrvačným tělesem - měření vibrací např. při kritických otáčkách</p> <p>↔ kontrola mechanického přetížení - např. ochrana vřeten obráběcích strojů - měření řezných sil při obrábění v podobě 3D snímače, který obsahuje jednotlivé snímače pro osy xyz; podobně spínače v měřicích sondách pro CMM, CNC</p>
↔ vysílání a snímání zvukových vln	↔ (také viz ultrazvukové snímače), kontaktní mikrofony u hudebních nástrojů, podobný princip - dříve krystalové gramofonové přenosky

18. Snímače teploty

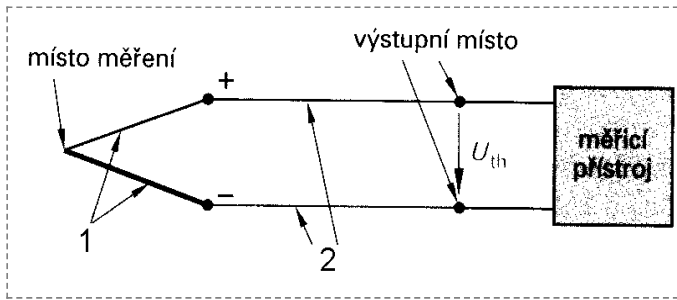
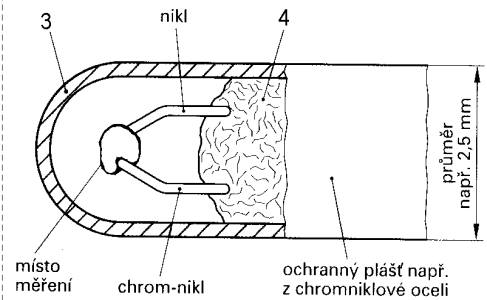
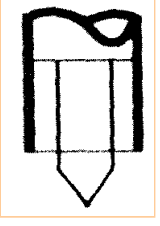
18.1. Odporové snímače teploty

↔	Využívají závislost elektrického odporu materiálu na teplotě
↔	Pasivní snímače - vyžadují zdroj elektrického napětí (oproti termočládkům)
Kovový odporový snímač teploty	
	1 skleněná trubička s kovovou spirálou (rezistorem)
	2 vnitřní vedení
	3 ochranná trubka
	4 závit
	5 uzávěr
Termistor	
	
	

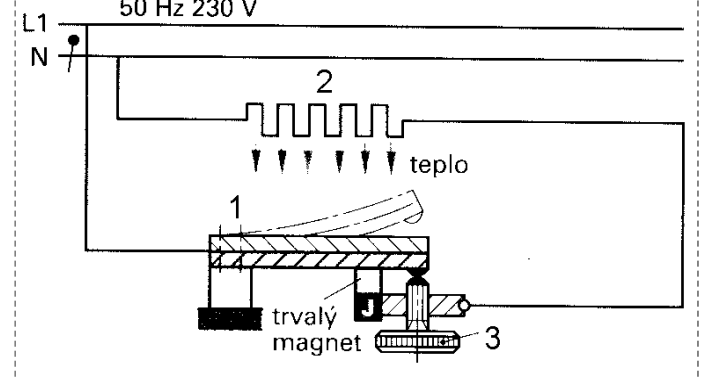
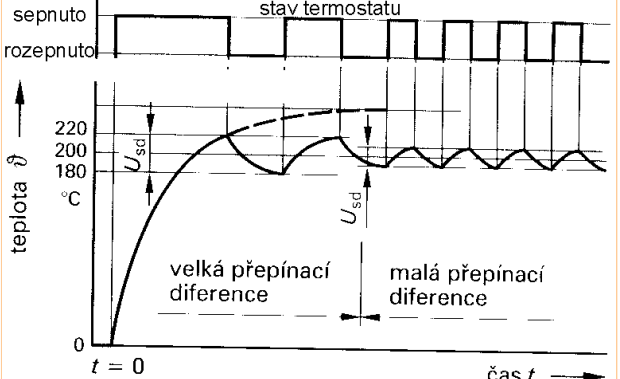
Rozdělení:

a) Kovové	↔	u kovů odpor s rostoucí teplotou roste
	↔	materiály: platina - pro rozsahy $-200 +1000^{\circ}\text{C}$ – má vysoký bod tání, nikl - rozsah $-60 +200^{\circ}\text{C}$ - levnější
	↔	vysoká přesnost - 0,01 K ve velkém rozsahu teplot ($0-200^{\circ}\text{C}$), při vyšší teplotě (do 1000°C) do 0,5 % (5 K)
	↔	Použití: elektrické pece, topeniště, kotle, autoklávy (sterilizace), klimatizační a mrazicí zařízení
b) Polovodičové	↔	využívají termistor - polovodičová součástka, jejíž odpor (vodivost) je závislý na teplotě
	↔	Druhy termistorů:
	↔	NTC (negastor) - s rostoucí teplotou jeho odpor klesá
	↔	PTC (pozistor) – s rostoucí teplotou odpor roste
	↔	Vyrábí se z oxidů kovů slisováním a spékáním do malých tvarů (řádově jednotky mm) - mají malé rozměry – jsou vhodné pro bodové měření teploty
	↔	Rozsah teplot $-80^{\circ}\text{C} +200^{\circ}\text{C}$
	↔	levné, spolehlivé, mají rychlou odezvu, snadné zpracování signálu řídicí technikou - použití v automatizaci, měření teploty provozních kapalin (automobil - olej, chladicí kapalina)
	↔	velká citlivost (<i>zachytí malou změnu teploty</i>) – vhodné pro měření malých změn teploty v úzkém rozsahu teplot
↔	přesnost asi 1% (<i>z měřeného rozsahu</i>), mají nelineární charakteristiku (nevýhoda)	
↔	Použití také jako snímače pro hlídání a regulace teplot - digitální termostaty	

18.2. Termočlánky (termoelektrické snímače)

Schéma termočlánku	Provedení zapouzdřeného t.	Otevřený t.
 <p>místo měření, výstupní místo, měřicí přístroj, U_{th}, 1, 2</p>	 <p>3 - plášť (kryt), 4 - izolace (keramika), místo měření, nikl, chrom-nikl, ochranný plášť např. z chromniklové oceli, průměr např. 2,5 mm</p>	
<p>1 - spojené dráty z různých kovů, 2 - vedení</p>	<p>3 - plášť (kryt), 4 - izolace (keramika)</p>	
<p>= dva spojené dráty z různých kovů s vysokou teplotou tavení (platina, wolfram, chrom, nikl) - materiály mají vliv na citlivost a rozsah měřitelných teplot</p>		
<p>↔ Aktivní snímač - zahřátím spoje drátů vzniká na druhém konci drátů napětí úměrné rozdílu teplot – termočlánek se chová jako elektrický zdroj</p>		
<p>↔ Vlastnosti: velký rozsah teplot (až 2300°C), menší přesnost než odporové (více než 1 K), levné, jednoduché, spolehlivé, malé rozměry</p>		
<p>↔ Provedení: zapouzdřený termočlánek (<i>plášťové provedení</i>) – izolované dráty jsou uloženy v tenkostěnném kovovém pouzdru nebo otevřený spoj (<i>drátové provedení</i>) - pro měření teploty plynů (kvůli rychlé odezvě)</p>		
<p>↔ Použití: (<i>tam, kde jsou vysoké teploty</i>) metalurgie – teplota roztavených kovů, spalovací motory – měření vnitřní teploty, pece, kotle, kosmické sondy</p>		

18.3. Bimetalové teplotní snímače

<p>↔ Bimetal = dvojkov - dva spojené kovy s různou tepelnou roztlačností (např. ocel a bronz)</p>		
<p>↔ Tvary pásků – rovný pásek, spirála, šroubovice, rozsah teplot do 400°C</p>		
Bimetalový termostat	Regulace teploty	
 <p>L1, N, 50 Hz 230 V, 2, teplo, 1, trvalý magnet, 3</p>	 <p>sepnuto, rozepnuto, stav termostatu, teplota ϑ, 220, 200, 180, 0, $t = 0$, čas t, velká přepínací diference, malá přepínací diference, U_{sd}</p>	
<p>1 - bimetal, 2 - topná spirála, 3 - šroub pro nastavení hodnoty</p>		

Použití:

↔ mechanické termostaty	↔ binární teplotní spínače - bimetalový pásek se při ohřátí ohýbá a rozpojí kontakt, při ochlazení zase kontakt sepne
↔ teploměry	↔ dvoustavová teplotní regulace v elektrických topidlech (varných plotýnkách, žehličkách), regulace pokojové teploty, ochrana před přehřátím (tepelná pojistka), také termostatické ventily
↔ teploměry	↔ spirálový bimetal s ručičkou, případně páskový bimetal s pákovým mechanismem

18.4. Bezdotykové snímače teploty

↔	Měří povrchovou teplotu tělesa na základě příjmu elektromagnetického (světelného a infračerveného) záření, které těleso vysílá (sálá)
↔	Jako čidla se používají termočlánky, termistory, fotodiody, měřený rozsah se upravuje filtry
↔	neovlivňují měřený prvek, prvek musí být opticky viditelný

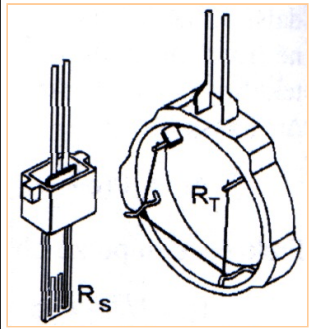
Provedení:

a)	Pyrometry	↔	slouží přímo k měření teploty - bývají vybaveny laserovým zaměřováním
		↔	Použití: zejména pro rozsahy 1000-2500°C (tam, kde nelze použít dotykové snímače), měření pohyblivých prvků (ložiska) a žhavých tekutin (ocel, sklo)
b)	Termovize	↔	zařízení pro plošné snímání teploty objektu a jeho zobrazování v tepelných obrazech - tzv. termogramech
		↔	Použití: kontrola teploty součástí v průmyslu, rozložení teplot ve stavebnictví (úniky tepla), hledání živých organismů, noční vidění (vojenství)

Příbuzný snímač - PIR (Passive InfraRed sensor)

↔	detekuje člověka na základě IR záření (reaguje na tepelné záření člověka)
↔	obsahuje čip snímače záření + zaměřovací optiku
↔	použití jako detektor pohybu pro spínání zařízení – např. osvětlení (rožínají při detekci pohybu), hlášení vniku do hlídané místnosti

Doplňek - tepelný průtokoměr

	↔	obsahuje topný prvek (žhavený wolframový drát) a snímač teploty
	↔	princip: proudící plyn odebírá teplo žhavenému drátu, úbytek tepla je uměrný rychlosti proudění (drát je vlastně odporový snímač teploty)
	↔	použití - měření průtoku plynů - např. snímače průtoku směsi paliva a vzduchu u spalovacích motorů