




Materiály – slitiny se speciálními
vlastnostmi



Materiály – slitiny se speciálními vlastnostmi

- ▶ S nízkým bodem tání
 - ▶ S odolností proti radiaci
 - ▶ Tvarovou paměť
 - ▶ Přesným odporem
 - ▶ Supravodivé
- 

Přehled kovů podle bodu tání

Nízký		Střední		Vysoký	
Kov	t [°C]	Kov	t [°C]	Kov	t [°C]
Ga	29,7	Sb	630,5	Ti	1668
K	63,7	Mg	650	Pt	1773,5
Na	97,8	Al	660,1	Zr	1852
In	156,4	Ag	960,8	Cr	1865
Li	179	Au	1063	V	1900
Sn	231,9	Cu	1083	Ir	2410
Bi	271	Be	1283	Nb	2415
Cd	320,9	Ni	1453	Mo	2610
Pb	237,4	Co	1493	Ta	2996
Zn	420	Pd	1552	W	3410

Slitiny s nízkým bodem tání

- Používané pro změnu pevného stavu do kapalného – regulace nebo signalizace (požární jističe, hlásiče, pojistky ohřivačů, regulátory, v tiskárnách)

Eutektické slitiny

Obsah prvků (%)					t (°C)
Bi	Pb	Sn	Cd	jiné	
	82,50		17,50		248
		96,5		3,5 Ag	221
		91		9 Zn	199
	38,14	61,86			183
60			40		144
	30,60	51,20	18,20		143
57		43			138,5
56		40		4 Zn	130
55,50	44,50				124
53,90		25,90	20,20		102,5
52	32	16			95
51,65	40,20		8,15		91,5
57,50		17,30		25,2 In	78,8
50	26,70	13,30	10		70
49,40	18	11,60		21 In	58
44,70	22,60	8,30	5,30	19,1 In	46,7

Slitiny s nízkým bodem tání

- Neeutektické slitiny s doporučenou funkční teplotou

Obsah prvků (%)					Interval tuhnutí (°C)	t (°C)
Bi	Pb	Sn	Cd	jiné		
12,60	47,50	39,90			176 ÷ 145	159
14	43	43			163 ÷ 143	154
20	50	30			173 ÷ 130	145
21	42	37			152 ÷ 120	142
5	32	45	18		139 ÷ 132	135
56,20	2	40,70	0,70	0,4 In	130 ÷ 124	127
48	28,50	14,50		9 Sb	127 ÷ 103	116
33,33	33,34	33,33			143 ÷ 95	111
59,40	14,80	25,80			114 ÷ 95	100
56	22	22			104 ÷ 95	96
52	31,70	15,30	1		92 ÷ 83	89
42,50	37,70	11,30	8,50		90 ÷ 70	72,5

Bi pod 48% - smrštění, 48-55% - malé obj. změny, 55% a víc – zvětšení objemu
Malá pevnost a tvrdost a jsou náchylné na tečení

Slitiny s nízkým bodem tání

➤ Pájky – obvykle eutektické složení kvůli dobré zabíhavosti (typická báze Sn-Pb)

Cínová - SnPb38 183 °C

Olověná - PbSb11 252 °C

Speciální pájky s velmi nízkou teplotou tání

název slitiny	cín(Sn) [%]	olovo(Pb) [%]	bismut(Bi) [%]	Kadmium (Cd) [%]	teplota tání [°C]	poznámka
Roseův kov	15,5	32,5	52	0	96	
Roseův kov	20	20	60	0	121	
Woodův kov	13	26	48	13	70	
Lipowitzův kov	13,3	26,7	50	10	60	
Arcetův kov	25	25	50	0	92	ve směsi se rtutí má bod tání dokonce 45 °C

Materiály s odolností proti radiaci

Druhy záření

- **záření α** - malý dolet, poškozuje jen materiál, ve kterém vzniklo
- **záření β** - malá hmotnost - velmi malé účinky na kovové materiály
- **záření γ** - může prostupovat značnou tloušťkou materiálů, interaguje s elektronovým obalem → **ionizace**
- **elektrony** - urychlené na energii
 - desítek keV → **ionizace** - vznik RTG
 - stovek keV → **vyrážení atomů**
- **neutrony** - 10^3 x **vyšší účinek** při poškozování kryst. struktury, než α, β, γ
 - vyrážení atomů, JADERNÉ REAKCE
- **ionty** - **vyrážení atomů** (bez rizika jaderné reakce) - modelování poškození neutrony
- **štěpné trosky** (produkty štěpení těžkých jader) - velmi omezený dolet, poškozuji pouze prim. Materiál

Neutronové záření

Nejnižší energii mají **termické neutrony** (0,025eV)

Nejvyšší energii mají **rychlé neutrony** 2 MeV, $v \approx 10^7$ m/s, neutrální → velký dolet → lokalizované poškození



Materiály s odolností proti radiaci

ÚČINKY ZÁŘENÍ NA MATERIÁLY

Změny v materiálu v důsledku ozáření závisí na:

VLASTNOSTECH ZÁŘENÍ (druh a energie)

OZAŘOVANÉM MATERIÁLU

druh atomů - účinný průřez pro ROZPTYL, ZÁCHYT, ŠTĚPENÍ (1/250 000)

- typ vazby - kov, keramika, polymer ...

- struktura materiálu

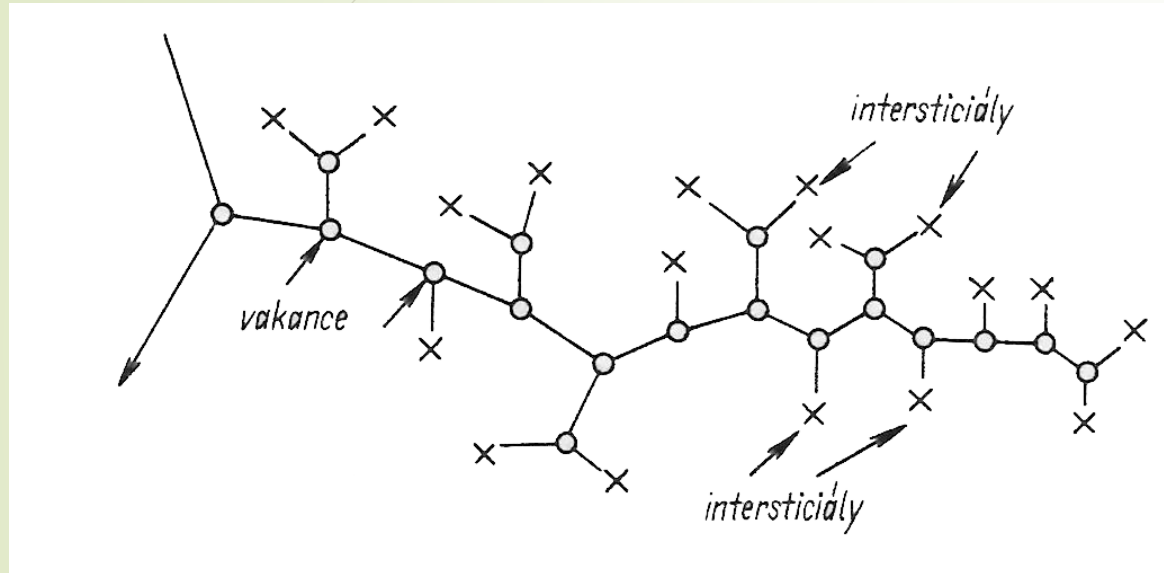
DÁVCE ZÁŘENÍ, JEHO SPEKTRU

PODMÍNKÁCH EXPERIMENTU (PROVOZU) - (ozařovací T, doba, mech. napětí, apod.)

POZNÁMKA: V závislosti na vzájemném spolupůsobení jednotlivých faktorů dostáváme výsledné radiační poškození - v některých případech i malá změna některého z faktorů může způsobit podstatné rozdíly ve velikosti radiačního poškození.

Materiály s odolností proti radiaci

Radiační poškození



Kaskáda - vznik vakancí a intersticiálů po ozáření

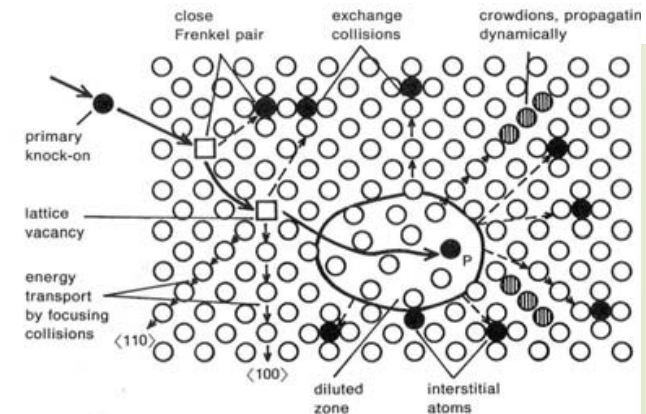
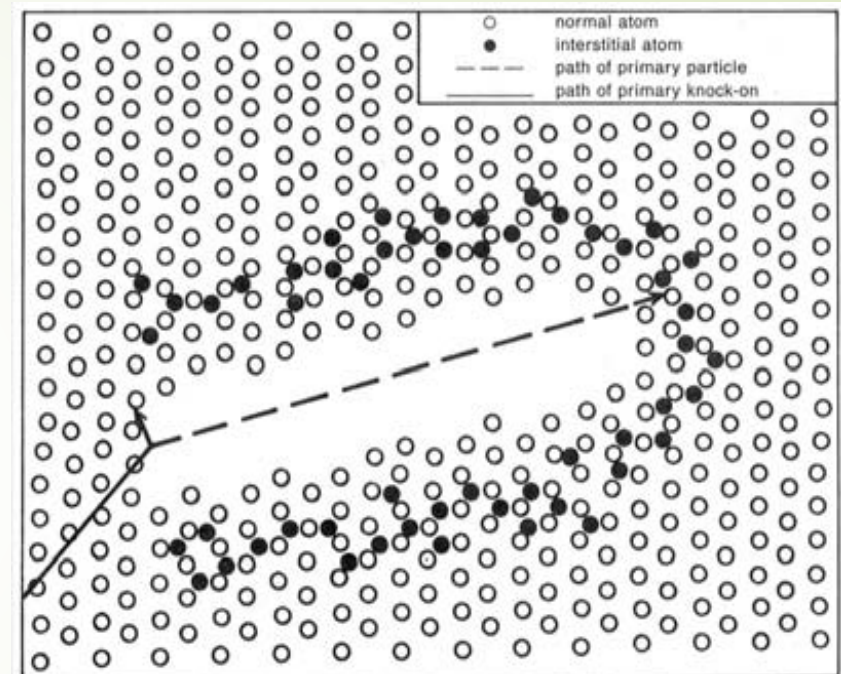


Fig. 2.10. Schematic picture of the radiation damage. From [11].

Materiály s odolností proti radiaci

Oceli na tlakové nádoby reaktorů

- 1. generace** – $R_{p0,2} < 500$ MPa, obsah C limitován svařitelností, ↑ plasticita
- 2. generace** – $R_{p0,2} = 500$ až 900 MPa, dnes používaná, ↑ obsah leg. Prvků, tranzitní teplota -50°C
 - Mn-Ni-Mo (používané v USA a Francii pod názvy ASTM A 533-B a A 508, v SRN a Japonsku pod názvy DIN 20 MnMoNi 55 a 22 NiMoCr 37),
 - Cr-Mo-V (používané v býv. RVHP u TNR typu VVER pod označením GOST 15Ch2MFA a 25Ch2MFA),
 - Cr-Ni-Mo (používané v býv. SSSR u TNR typu VVER 1000 pod označením GOST 15Ch2NMFA a 15Ch2NMFAA – složení v %: 0,13-0,18C, 0,17-0,37Si, 0,3-0,6Mn, max. 0,12 P, max. 0,025S, 2,5-3,5Cr, max. 0,4Ni, 0,6-0,8Mo, 0,25- 0,35V, max. 0,1Cu).
- 3. generace** – $R_{p0,2} > 1000$ MPa, vysokolegované, martenziticky vytvrditelné se sníženou houževnatostí, tranzitní teplota -100°C

Svěddecké programy jsou využívány ve většině JE jako nástroj stanovení radiačního poškození TNR. Výraznou měrou se podílí na zajištění bezpečnosti jaderných zařízení, jejich výsledkem je potvrzení (či vyvrácení) očekávaných trendů materiálových charakteristik a dalších sledovaných veličin.

Materiály s tvarovou pamětí (Shape Memory Alloys - SMA)

Zejména u slitin kovů, ale i u některých plastů a keramických materiálů.

První pozorování v r. 1951 na bázi Au-Cd. Dále objeveno u slitiny NiTi, později též na slitinách Cu₃Al, Cu₃Zn, Cu-Al-Ni, Cu-Al-Mn, Ni-Ti-Cu, Ni-Ti-Hf a další.

Jsou i další slitiny (vesměs intermetalické), ale obvykle jsou buď nestabilní anebo je efekt slabý.

Jev tvarové paměti je způsoben tím, že kov, u kterého se tato vlastnost vyskytuje, **přechází při určité teplotě z jedné krystalické struktury do jiné**. To je zapříčiněno tím, že se **slitina snaží udržet v energeticky nejvýhodnějším stavu**, a proto se vždy přeorientuje do krystalické mřížky, která je za daných podmínek energeticky nejúspěšnější. Pokud slitině něco v přechodu brání, dokáže vyvinout slušnou sílu a rychlost (v závislosti na teplotě), aby se dostala do té krystalické struktury, která je pro ni za daných podmínek nejvhodnější. Další zajímavou vlastností je elastická deformace u těchto slitin. Zatímco u běžných kovů **vratná (elastická) deformace** nepřesahuje 1 %, u **kovů s tvarovou pamětí** může plně vratná deformace dosahovat **až 15 %**.

Použití: lékařství – stenty, v letectví jako odolné spojky potrubí (F-14, Blackbird), vodovodní baterie, varné konvice a kávovary – regulace teploty, rovnátka – působení konstantní silou, vesmírné aplikace – samostavění konstrukcí.



Materiály s přesným odporem

Obecně: prvky s velkým elektrickým odporem mají dva valenční elektrony, popřípadě mají zaplněný vodivostní pás. Budou to technické kovy jako mangan, vanad, titan, zirkonium a nekovy typu křemík a germanium. Větší odpor je však u tuhých roztoků slitin.

Rozdělení:

Přesné odpory – pro měření a regulaci

Odpory pro funkční použití

Topné odporové materiály

Pro přesné odpory používané v měřicí technice se požadují co největší hodnoty měrného elektrického odporu, co nejnižší hodnoty teplotního součinitele elektrického odporu a dále záruku časové stálosti.

Materiály s přesným odporem

Důležitá je soustava Cu-Ni.

Starší materiály – niklové mosazi 15-25% Ni a 15-25% Zn.

Konstantany – Cu s 44% Ni a 1% Mn.

Manganiny – Cu s 12% Mn a 2% Ni (Ni byl nahrazován Al a pak i germániem 2-6%)

Dobré vlastnosti má báze Ag-Mn, ale slitiny mají vysokou cenu.

Nikelin – CuNi30Mn

Vlastnosti odporových materiálů

Slitina	ρ ($\mu\Omega$ m)	$\alpha_{el} \cdot 10^5$ (K^{-1})	σ_{Pt} (MPa)	HB	ČSN
CuMn13Ni	0,435	3	400 až 550	120	42 3056
CuNi30Mn	0,420	12	380 až 400	60 až 70	42 3064
CuNi44Mn	0,500	5	400 až 500	75 až 90	42 3065
NiCr20	1,100	10	400 až 770		42 3436

Materiály s přesným odporem

Elektrické vlastnosti wolframu a molybdenu – použití do velmi vysokých teplot, za nízkých teplot jsou vodivé a za vysokých teplot odporové (drátky a pásy)

Vlastnost	Teplota (°C)	Mo	W
Měrný elektrický odpor ρ ($\mu\Omega \text{ m}$)	20	0,052	0,055
	1 000	0,315	0,332
	2 000	0,620	0,660
	2 500	0,775	0,838
	3 350		1,160
Přípustné elektrické zatížení ($\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$)	2 000	37	45
	2 500	95	115
	3 000		238

Topné odpory

Požadavek: vysoký měrný elektrický odpor a vysoké měrné povrchové zatížení, práce do vysokých teplot se zachováním dostatečné pevnosti a odolnosti proti oxidaci.

Nejznámějším odporovým materiálem je **Ni-Cr** s obsahem 20%Cr.

Nejlepšími odporovými slitinami jsou **kantal a megapyr**, báze Fe-Al-Cr, u ČR to byl také **termal ČSN 17 141** a novější aluterm (20% Cr a 5% Al, 25% Cr a 5% Al).

Nevýhodou je nízká pevnost za tepla – omezení použití, či speciální konstrukce.

Pro speciální účely jako zatahovávání křemenných baňek při teplotách **1200-1300°C** a současně rychlé teplotní změny na vzduchu se používají slitiny **Pt-Rh**. Pro dvojnásobné zvýšení mech. vl. Je upraveno složení - 18-20% Rh a 9% Co.

Pro **nejvyšší teploty** se používají slitiny **W a Mo**. Mo – použití pro pece do 2000°C. Pro vyšší teploty wolfram. Oba mají velmi dobré mech. vl., ale W se obtížně opracovává, navíc problém s oxidací.



Supravodivé materiály

Kvantový jev spojený s velmi nízkými teplotami, kde kov s dokonalou mřížkou by měl u absolutní nuly mít elektrický odpor roven nule, takže vedením tepla se energie neztrácí přeměnou na Jouleovo teplo.

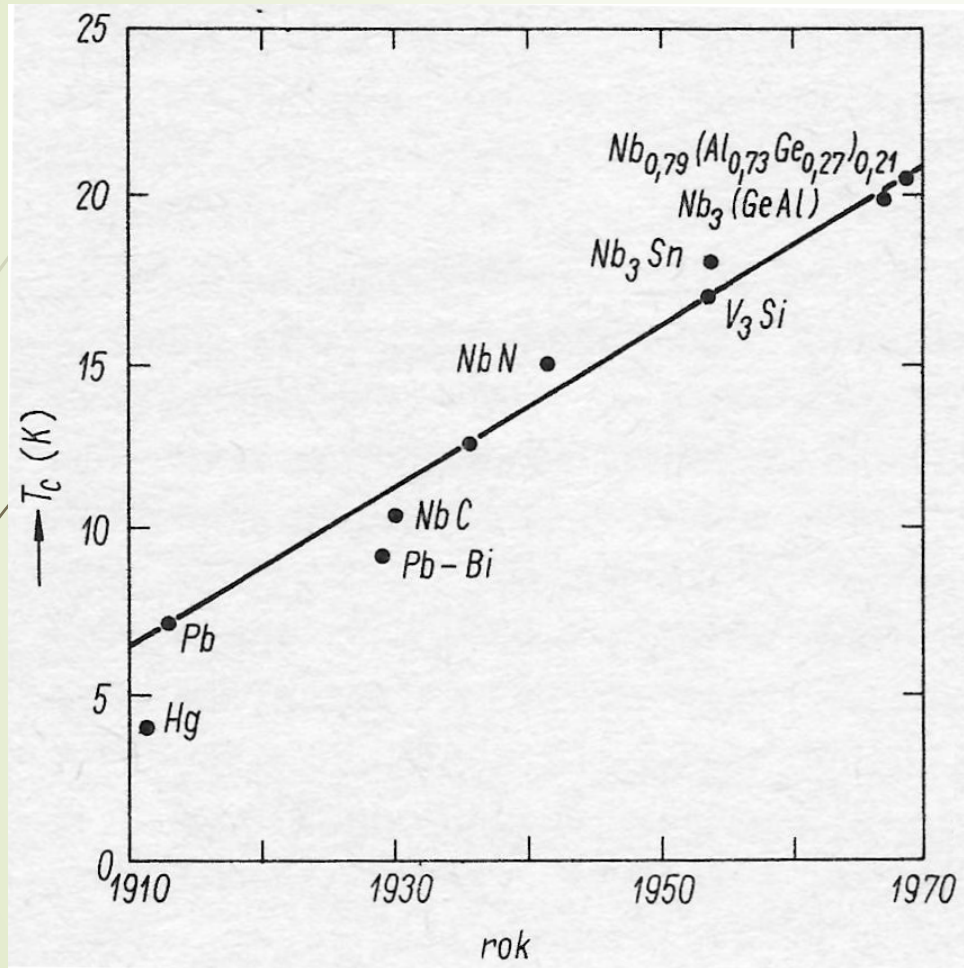
Teplota, při které látka přechází z normálního do supravodivého stavu, se nazývá kritická teplota T_c .

Supravodivost objevena v roce 1911 nizozemským fyzikem H. Kamerlingh-Onnesem, když se mu tři roky předtím podařilo zkapalnit helium a umožnit tak zchlazování látek na teplotu 4,2 K za normálního tlaku.

Supravodič také vykazuje superdiamagnetismus – uvnitř svého objemu zcela kompenzuje změny vnějšího magnetického pole, takže trvale vypuzuje magnetické siločáry ven.

Supravodiče se používají zejména ve vinutích silných elektromagnetů, které dosahují magnetické indukce v řádu jednotek až desítek tesla.

Supravodivé materiály - Historický vývoj kritické teploty T_c



Supravodiče I. typu, které nazýváme měkké supravodiče a které byly prozkoumány jako první, jsou kovy a jejich přímé slitiny.

Supravodivost u tohoto typu ale nastává až při teplotách blízko absolutní nule, proto je nutné je chladit kapalným heliem. Zkapalňování helia je však poměrně nákladné.

Supravodiče II. typu stačí chladit kapalným dusíkem, který je o mnoho levnější. Proto znamenají supravodiče II. typu materiál 21. století. Nejvyšší teplota, jaká je (prozatím) dosažena je 138 K (-135 °C). Tímto supravodičem je $(Hg_{0.8}Tl_{0.2})Ba_2Ca_2Cu_3O_{8.33}$. Výroba supravodiče je poměrně snadná, ale složitější je výroba dlouhých drátů, které jsou potřeba pro aplikace.

Supravodivé materiály

Aplikace supravodivosti - tam kde je to nezbytné nebo ekonomicky výhodné.

Transrapid v Německu



Supravodivá levitace - Vlaky MAGLEV - se pohybují na polštáři magnetického pole, které je vytvářeno soustavou supravodivých magnetů, zabudovaných v trati i ve vlaku.

Setrvačníky - pro stabilizaci polohy družic. Vesmírné teploty jsou výhodně nízké - odpadá starost o chlazení.

Nukleární magnetická rezonance - měření frekvence magnetických spinů atomových jader s nenulovým spinem v silném magnetickém poli. Toto je dnes jedna ze základních metod, využívaných při strukturní analýze organických látek. Magnetické pole (až 23 Tesla) při chlazení magnetů kapalným héliem.

Urychlovače částic - magnetická nádoba v tokamacích a stelarátorech (udržování plazmatu).

Elektromotory a generátory

Elektromagnetické zbraně - přerušování výroby el. en. v elektrárnách, supravodivé elektromagnetické zbraně na ničení elektroniky...



Hybridní přístroj pro diagnostiku PET/MR o síle magnetického pole 3 Tesla.

