

5. Materiály pro MAGNETICKÉ OBVODY

Požadavky: získání vysokých magnetických kvalit, úspora drahých kovů a náhrada běžnými materiály.

Podle magnetických vlastností dělíme na:

1. Diamagnetické látky
2. Paramagnetické látky
3. Feromagnetické látky

Diamagnetické látky

- Neprojevují navenek žádný magnetický jev,
- Jsou-li vloženy do nestejnorodého magn. pole působí zeslabení vnějšího pole
- Susceptibilita \mathbf{s} (magnetická jímavost) je negativní, není závislá na teplotě a intenzitě magnetického pole \mathbf{H}
- je-li magnetizace materiálu \mathbf{J} platí
$$\mathbf{J} = \mathbf{s} \cdot \mathbf{H} = (\mu - 1) \cdot 4\pi$$

Mezi diamagnetické látky patří:

zlato, stříbro, rtuť, měď, olovo aj.

Paramagnetické látky

Jsou látky takové, v nichž následkem termického pohybu molekul jsou elementární magnetické momenty orientovány nejrůznějšími směry, čímž se látka navenek jeví **nemagnetickou**.

Vnější účinkem magnetického pole se mohou tyto elementární magnetické momenty orientovat jedním směrem, susceptabilita s je kladná a závislá na teplotě

$$s = \frac{C}{T} \cdot S$$

, kde S je hustota, C Curierova konstanta a T absolutní teplota v Kelvinech

Paramagnetické látky

Mezi paramagnetické látky patří:

kyslík, platina, sodík, hliník, chróm, mangan.

Feromagnetické látky

V podstatě patří k paramagnetickým, mohou být velmi silně zmagnetizovány i tehdy, jsou-li vloženy do velmi slabého magnetického pole.

Určitý stupeň zmagnetování vykazují i tehdy, jsou-li z něho odstraněny. Dosahují velkých hodnot susceptibility s .

Mezi Feromagnetické látky patří:

železo a jeho slitiny, kobalt, nikl, gadolinium, mohou přejít i některé paramagnetické látky vhodným zpracováním (mangan s přísadou Al a Cu, hliník s Ni a kobaltem).

1		2										13					14	15	16	17	18	n																																																					
s ¹		s ²										p ¹					p ²	p ³	p ⁴	p ⁵	p ⁶																																																						
I.A		II.A										III.A					IV.A	V.A	VI.A	VII.A	VIII.A																																																						
1 1.008 1 Vodik 1.01	2 4.003 2 Helium 0.00018	3 6.94 3 Lithium [He] 2s ¹	4 9.01 4 Beryllium [He] 2s ²	5 22.99 11 Natrium [Ne] 3s ¹	6 24.31 12 Magnesium [Ne] 3s ²	7 44.96 21 Skandium [Ar] 3d ¹ 4s ²	8 47.87 22 Titan [Ar] 3d ² 4s ²	9 50.94 23 Vanad [Ar] 3d ³ 4s ²	10 52.00 24 Chrom [Ar] 3d ⁵ 4s ¹	11 54.94 25 Mangan [Ar] 3d ⁵ 4s ²	12 58.93 26 Železo [Ar] 3d ⁶ 4s ²	13 58.93 27 Kobalt [Ar] 3d ⁷ 4s ²	14 58.93 28 Nikl [Ar] 3d ⁸ 4s ²	15 63.55 29 Měď [Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹	16 65.39 30 Zinek [Ar] 3d ¹⁰ 4s ²	17 69.72 31 Gallium [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹	18 72.64 32 Germanium [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	19 74.92 33 Arsen [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³	20 78.96 34 Selen [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴	21 79.90 35 Brom [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵	22 83.80 36 Krypton [Ar] 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶	23 85.47 37 Rubidium [Kr] 4d ⁵ 5s ¹	24 87.62 38 Stroncium [Kr] 4d ⁵ 5s ²	25 88.91 39 Yttrium [Kr] 4d ¹ 5s ²	26 91.22 40 Zirkonium [Kr] 4d ² 5s ²	27 92.91 41 Niob [Kr] 4d ⁴ 5s ¹	28 95.94 42 Molybden [Kr] 4d ⁵ 5s ¹	29 [98] 43 Technecium [Kr] 4d ⁵ 5s ²	30 101.07 44 Ruthenium [Kr] 4d ⁶ 5s ¹	31 101.07 45 Rhodium [Kr] 4d ⁷ 5s ¹	32 106.42 46 Palladium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ⁰	33 107.87 47 Stříbro [Kr] 4d ¹⁰ 5s ¹	34 112.41 48 Kadmium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ²	35 114.82 49 Indium [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ¹	36 118.71 50 Cin [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	37 121.76 51 Antimon [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³	38 127.60 52 Tellur [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴	39 126.90 53 Jod [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵	40 131.29 54 Xenon [Kr] 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶	41 132.91 55 Cesium [Xe] 6s ¹	42 137.33 56 Baryum [Xe] 6s ²	43 [La-Lu] 57-71 Lanthan a LANTHANOIDY	44 178.49 72 Hafnium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ² 6s ²	45 180.95 73 Tantal [Xe] 4f ¹⁴ 5d ³ 6s ²	46 183.84 74 Wolfram [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁴ 6s ²	47 186.21 75 Rhenium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁵ 6s ²	48 190.23 76 Osmium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁶ 6s ²	49 192.22 77 Iridium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁷ 6s ²	50 195.08 78 Platina [Xe] 4f ¹⁴ 5d ⁸ 6s ²	51 196.97 79 Zlato [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	52 200.59 80 Rtuť [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ²	53 204.38 81 Thallium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ¹	54 207.21 82 Olovo [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	55 208.98 83 Bismut [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ³	56 [209] 84 Polonium [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁴	57 [210] 85 Astat [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁵	58 [222] 86 Radon [Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶	59 [223] 87 Francium [Rn] 7s ¹	60 [226] 88 Radium [Rn] 7s ²	61 [Ac-Lr] 89-103 Aktinoidy a AKTINOIDY	62 [261] 104 Rutherfordium [Rn] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	63 [262] 105 Dubnium [Rn] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	64 [266] 106 Seaborgium [Rn] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	65 [264] 107 Bohrium [Og] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	66 [277] 108 Hassium [Og] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	67 [268] 109 Meitnerium [Og] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	68 [271] 110 Darmstadtium [Og] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	69 [272] 111 Roentgenium [Og] 6f ¹⁴ 7s ² 7p ⁶	70 112 Uub Ununbium	71 113 Uut Ununtrium	72 114 Uuq Ununquadium	73 115 Uup Ununpentium	74 116 Uuh Ununhexium	75 117 Uus Ununseptium	76 118 Uuo Ununoctium

paramagnetika

feroramagnetika

diamagnetika

Rozdělení magnetických materiálů

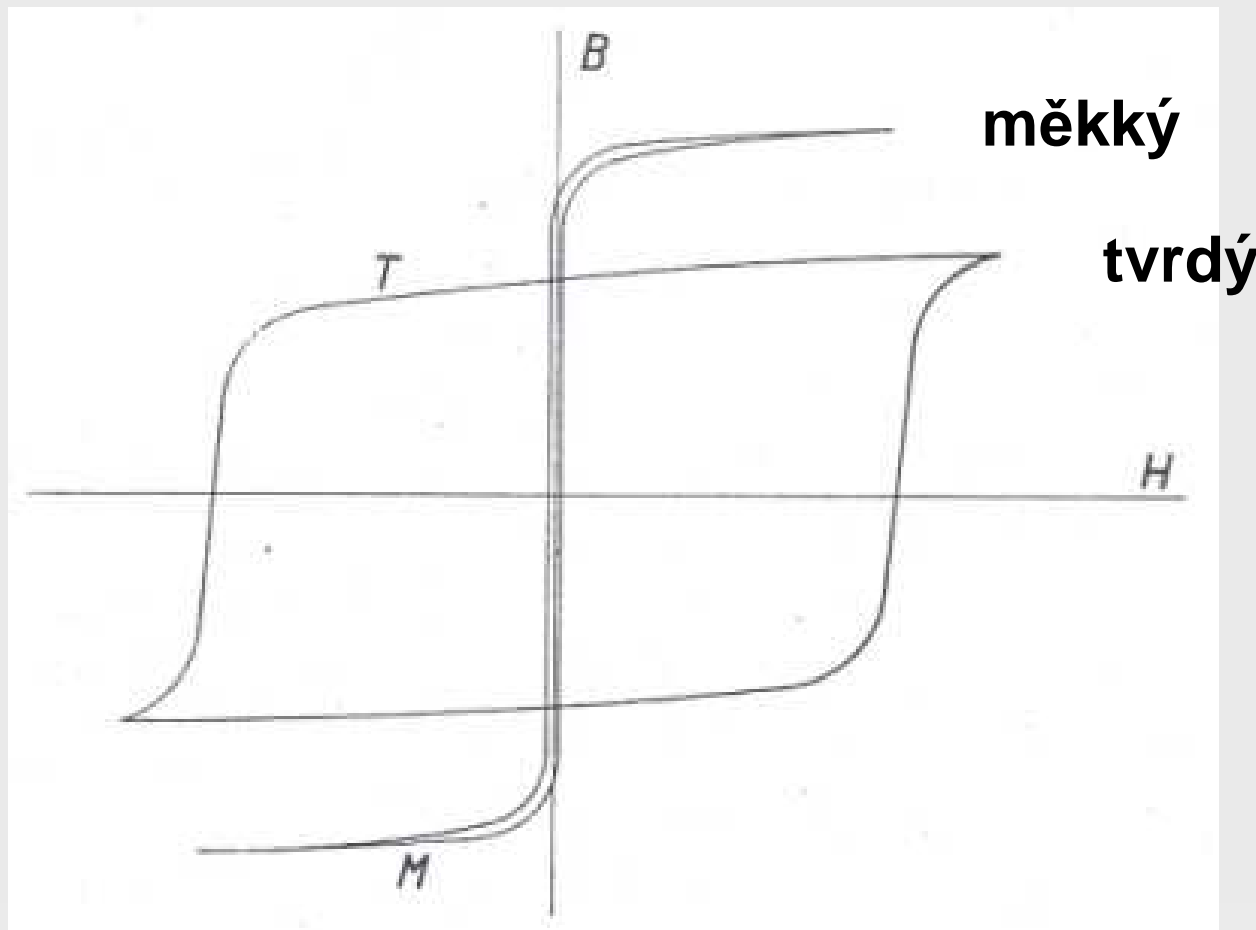
1. Podle velikosti tzv. koercitivní síly H_k

- **Magneticky měkké** s malou koercitivní silou, úzká hysterézní smyčka, malá plocha, velká maximální permeabilita

*magn. obvody transformátorů,
rotačních strojů*

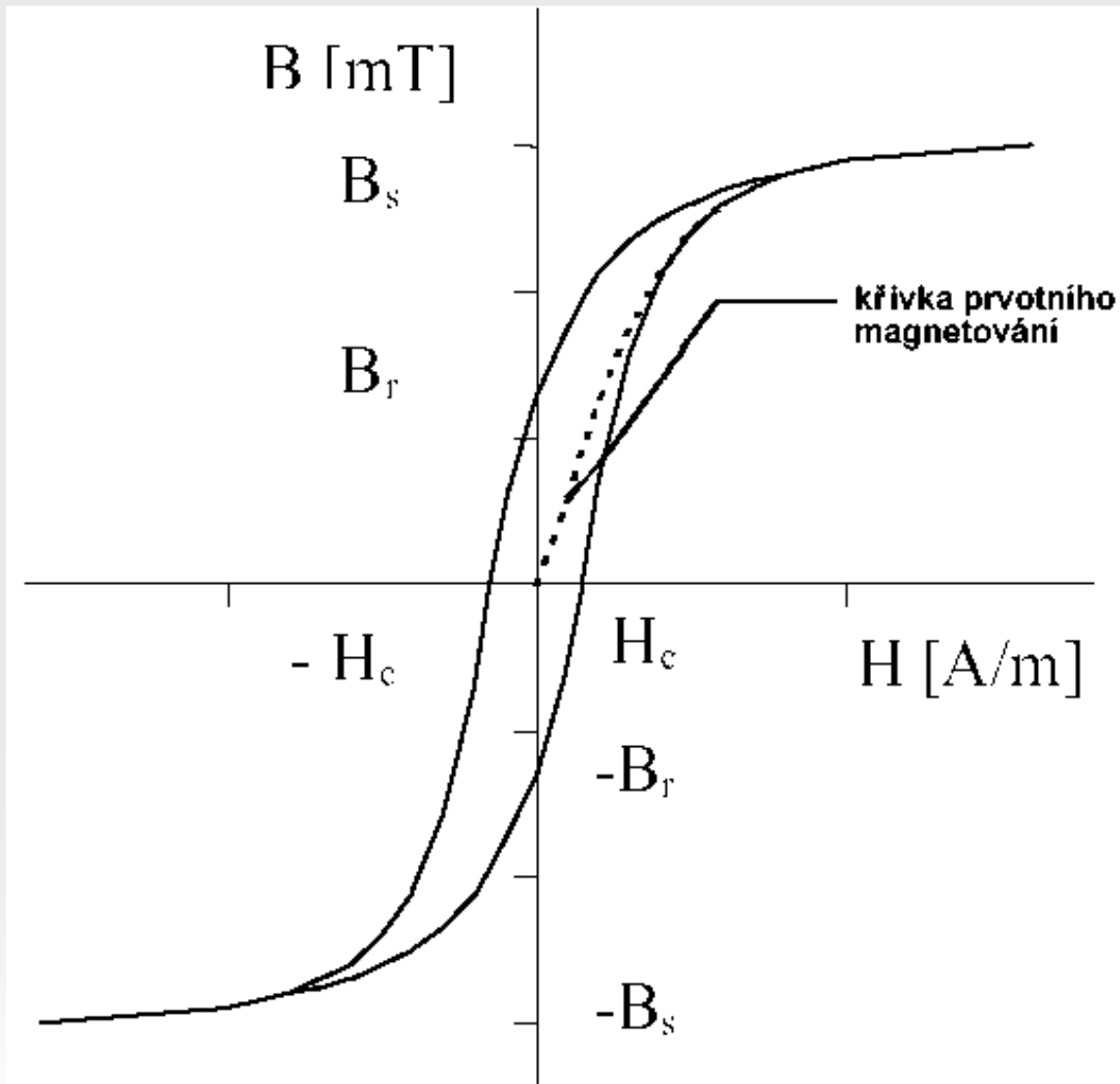
- **Magneticky tvrdé** s velkou koercitivní silou, hysterézní smyčka široká, velké hysterézní ztráty

permanetní magnety



Magnetické materiály charakterizuje jejich **hysterezní křivka**. Je to graf závislosti magnetické indukce **B** na intenzitě magnetického pole **H** v daném materiálu. Intenzita magnetického pole se mění od nuly do (+) maxima, poté do (–) maxima a zpět k nule.

ZÁKLADNÍ POJMY



Intenzita magnetického pole nutná k potlačení remanentní indukce **B_r** na nulu je definována jako koercitivní síla **H_c**

Základní pojmy: PERMEABILITA

Permeabilita, jako jedna ze základních charakteristik materiálu, je parametrem úměrnosti mezi magnetickou indukcí **B** a intenzitou magnetického pole **H** v určitém materiálu. Čím vyšší je hodnota permeability, tím větší indukce se vybudí v materiálu magnetickým polem stejné intenzity.

$$\mathbf{B} = \mu * \mu_0 * \mathbf{H}$$

kde **H** je intenzita magnetického pole [A/m]

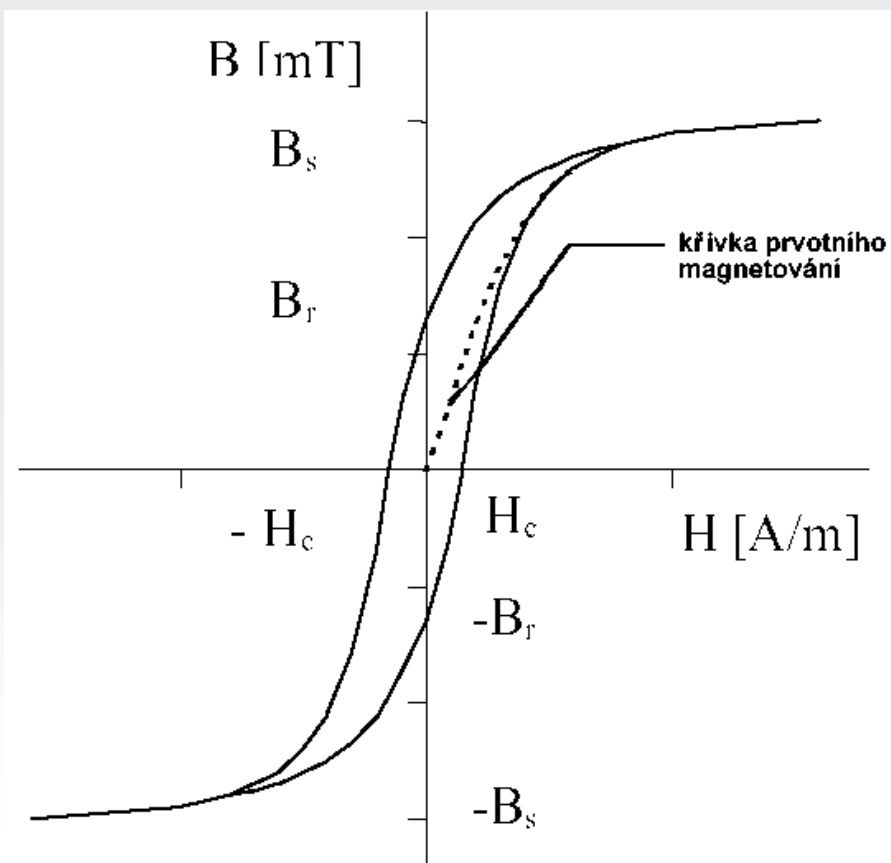
B je magnetická indukce [T]

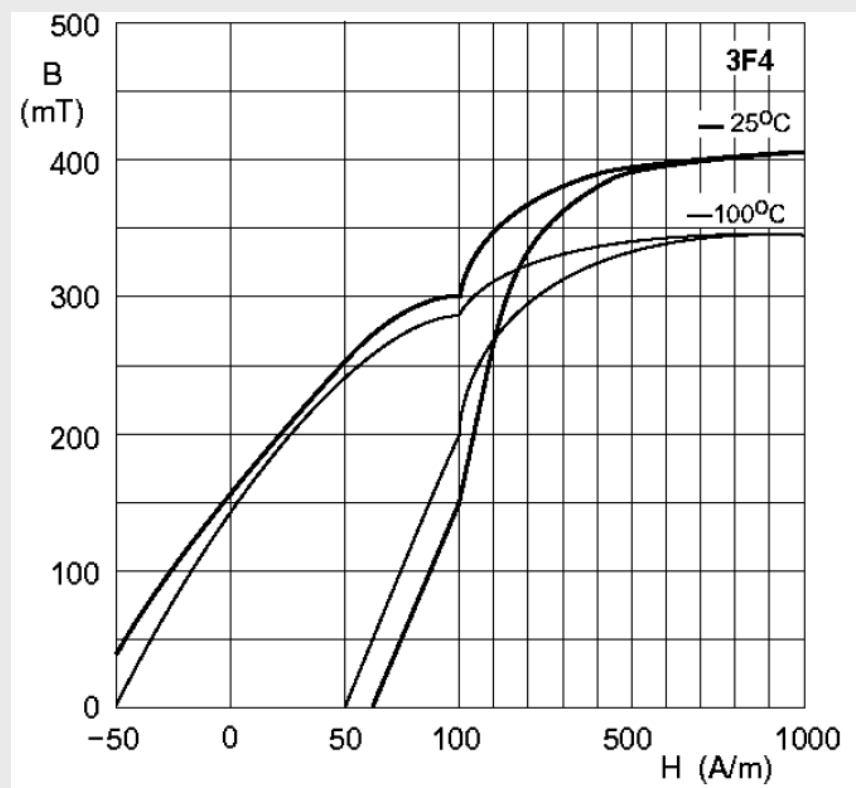
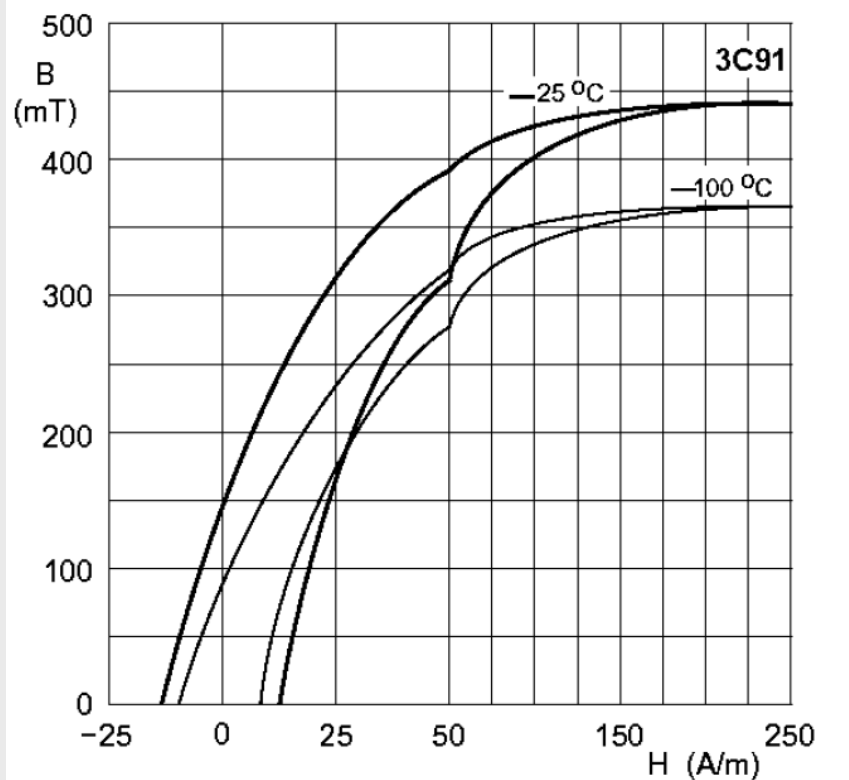
μ_0 je permeabilita vakua [$4 * 10^{-7}$ Tm/A]

μ je relativní permeabilita

Základní pojmy: POČÁTEČNÍ PERMEABILITA μ_i

Materiál, který nebyl dosud zmagnetován nebo je odmagnetován (např. tepelně), vykazuje při působení magnetického pole křivku prvotního magnetování (počáteční permeabilita). Při jakémkoli dalším magnetování již křivka neprochází bodem $H=0, B=0$.





B-H charakteristika materiálu 3C81 a 3F4 firmy SEMIC

Feromagnetické látky

Magnetické vlastnosti závisí mimo chemické a strukturální změny, způsobené slitinovými přísadami, na mechanickém tváření a tepelným zpracování.

Žihání: ohřev na vyšší teplotu s pomalým ochlazením (všechny materiály s vysokou permeabilitou a malé hysterézní ztráty musí být zpracovány žiháním (transformátorové plechy)

Kalení: rychlé ochlazení z určité teploty, zmenší se permeabilita a rovněž koercitivní síly a tedy i hysterézní ztráty.

Vzrůstem teploty až ke Curievu bodu cca 770°C, se zmenšuje hodnota magnetického sycení, koercitivní síla a remanence, a tedy feromagnetické látky se stávají paramagnetickými.

Materiály magneticky - měkké

např.

čisté železo, slitiny železa s křemíkem, slitiny železa s niklem (permalloye), slitiny železa s niklem a kobaltem a měkké ferity

Fe:

Čisté železo se získává žíháním ve vodíku při ve dvou stupních 1: 1480°C 18h 2:880°C 18h. Tímto se získá železo s hodnotou permability 340000.

Fe má malý měrný odpor, nehodí se ve střídavých magnetických polích pro vysoké ztráty vířivými proudy. Nahrazuje se slitinami (oceli).

Materiály magneticky - měkké

Šedá litina:

S obsahem 3.2% Cu, manganu, fosforu, síry, žíhaná.

Použití: stejnosměrné magnetické obvody, nižší indukce a velká váha.

Uhlíková ocel:

Použití: jádra magnetů a koster strojů.

Materiály magneticky - měkké

Tab. 19. Charakteristické vlastnosti magneticky měkkých materiálů

Označení	Přibližné složení %	Počáteční relativní permeabilita μ_{rp}	Maximální relativní permeabilita $\mu_{r\ max}$	Remanence při sycení $1\ \text{Wb/m}^2$ Wb/m^2	Koerzivní síla H_c Az/m	Měrný odpor při $25\ ^\circ\text{C} \cdot 10^6$ $\Omega\text{cm}^2/\text{cm}$	Měrná váha g/cm^3
Železo Armco	99,8 Fe	250	7000	1,30	80	11	7,88
Železo na jádra	1 až 4 Si; 0,15 Mn; 0,08 C; zbytek Fe	—	2000	0,18–0,27	52–75	22–60	—
Železo na magnety	99,9 až 99,94 Fe	200 až 250	5000 až 5500	1,30	48–8	10	7,88
Permalloy A	78,5 Ni; 0,6 Mn; zbytek Fe	9000 až 15 000	100 000 až 105 000	0,6 až 0,9	4–5	16–17	8,58
Permalloy C	79 Ni; 4 Mo; 0,6 Mn; zbytek Fe	20 000 až 22 000	72 000 až 80 000	0,50	5	55–57	8,72
Isoperm	50 Ni; 50 Fe	3000 až 9000	40 000 až 150 000	0,6 až 0,8	2,5–80	35–52	8,30
Perminvar	45 Ni; 25 Co; 0,6 Mn;	365 až 400	1800 až 2000	0,33	95–110	19	8,60
Železný prášek	98,1 až 99,8 Fe	3,1 až 75	—	—	—	10–45	5,53

Poznámka: V soustavě MKS má permeabilita rozměr henry na metr (H/m) a je dána součinem permeability vakua $\mu_0 = 0,4\pi \cdot 10^{-6}$ H/m a relativní permeability μ_r , která je číslem bez rozměru; je tedy $\mu = \mu_r\mu_0$.

Materiály magneticky - měkké

Dynamové a transformátorové plechy:

Pro použití v oblasti 50 Hz se používají křemíkové oceli s měrným odpor asi 6x větší než u čistého železa a při obsahu asi 5% Si se zmenší ztráty vířivými proudy.

Podle obsahu Si dělíme na:

- a) Slabě legované (do 1% Si ...v el. přístrojích)
- b) Středně legované (do 3% Si ...magn. obvody el. strojů) tloušťka plechů 0.35 až 0.5 mm z důvodů snížení ztrát vířivými proudy)
- c) Silně legované (4% ...jádra transformátorů)

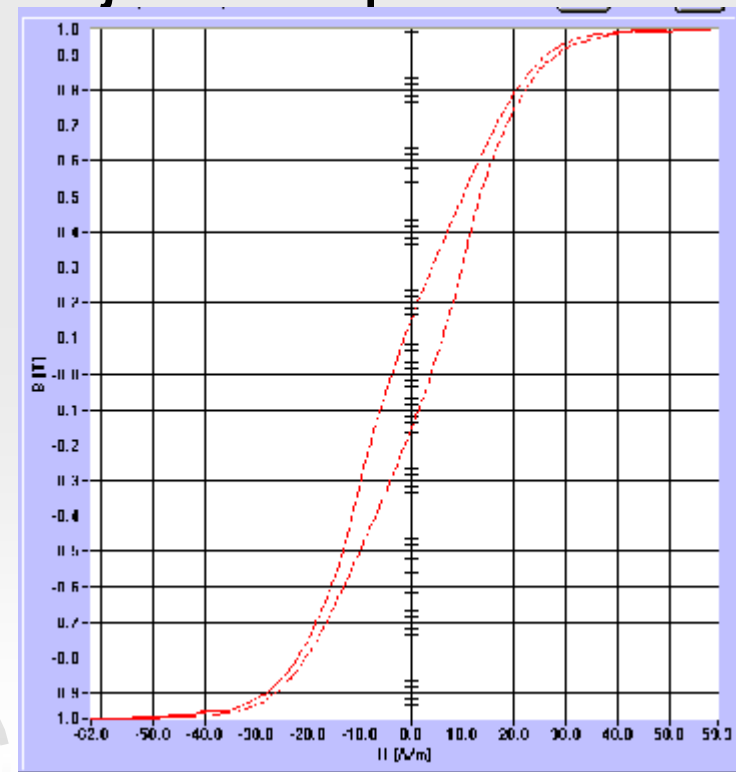
Materiály magneticky - měkké

Materiály s velkou permeabilitou (PERMALLOYE):

Slitiny železa s vysokým obsahem niklu (až 45-80%), mají nepatrnou koercitivní sílu a tedy velmi úzkou hysterzní smyčku. Jsou nasyceny již při malých H , protože mají skoro pravoúhlé hysterzezní smyčky.

Dosahuje asi polovinu magnetického sycení čistého železa.

Pozn. pro siln. DRAHÉ
Použití: jádra relé, cívek.



Materiály magneticky - měkké

Materiály pro vysoký kmitočet:

lisování z práškových magnetických materiálů, má nižší ztráty, stálejší permeabilitu.

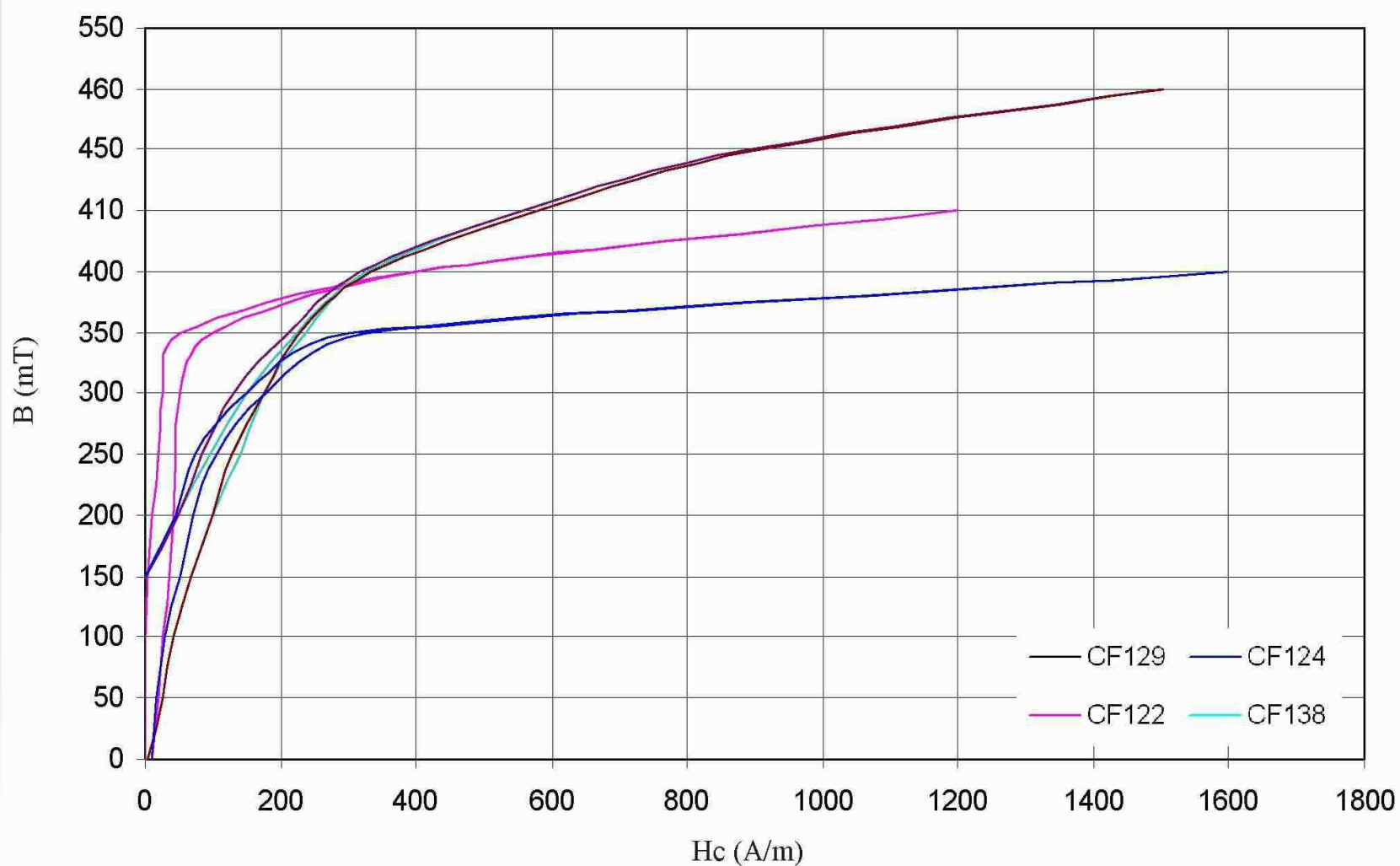
Př. Karbonylové železo, permalloy, magnetit.,
pojídlem je pryskyřice, polystyren, vodní sklo.

K zmenšení ztrát vířivými proudy a pro nejvyšší frekvence se užívá nekovových feromagnetik čili **MAGNETICKÝCH POLOVODIČŮ (FERITŮ)** mají velký poměrný odpor a současně velkou permeabilitu. Jádra cívek až do GHz.

Př. FeO, CuO, MgO, Mn_3O_4 , NiO, CdO, ZnO

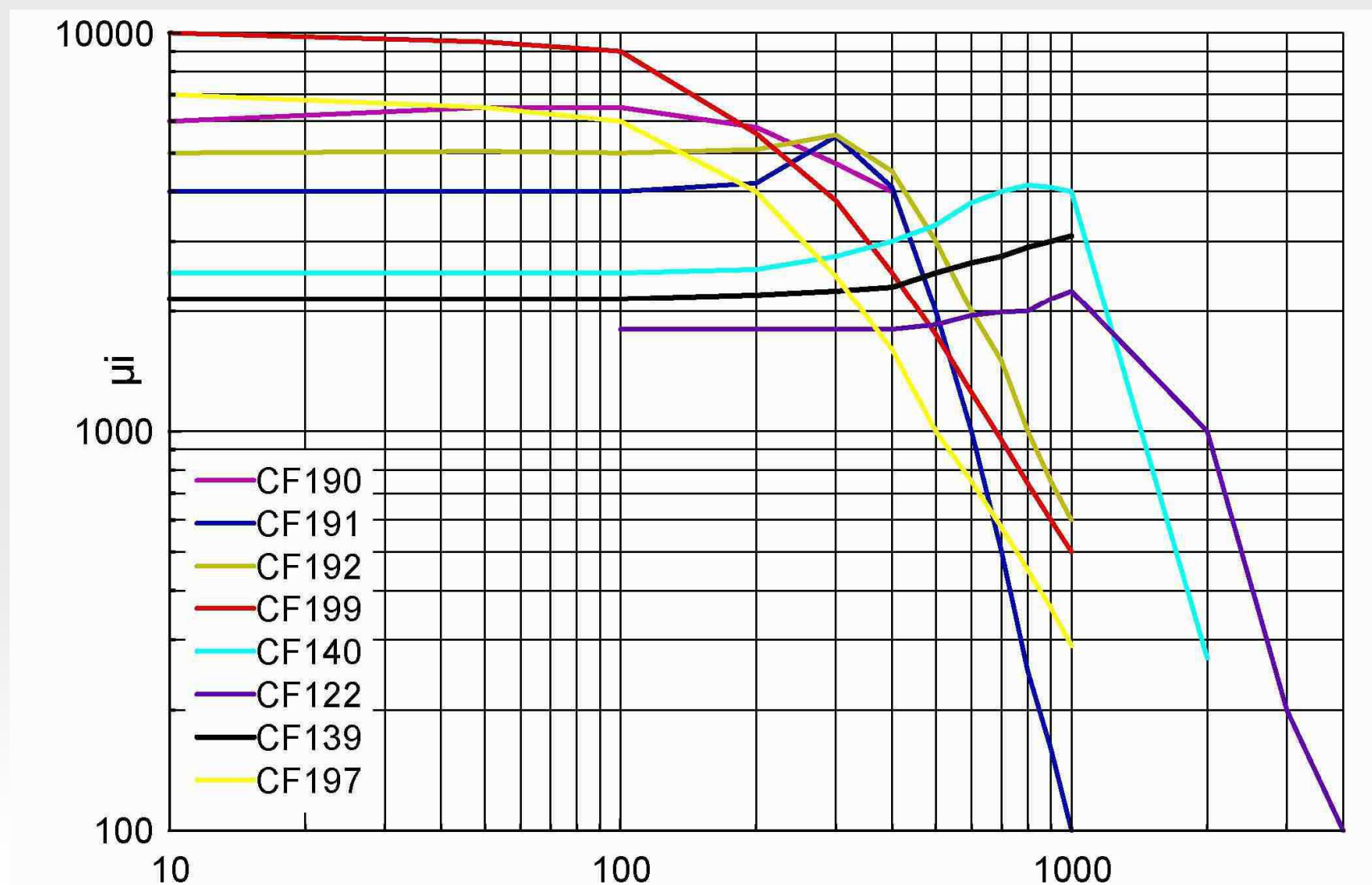
Materiály magneticky - měkké

Materiály pro vysoký kmitočet:



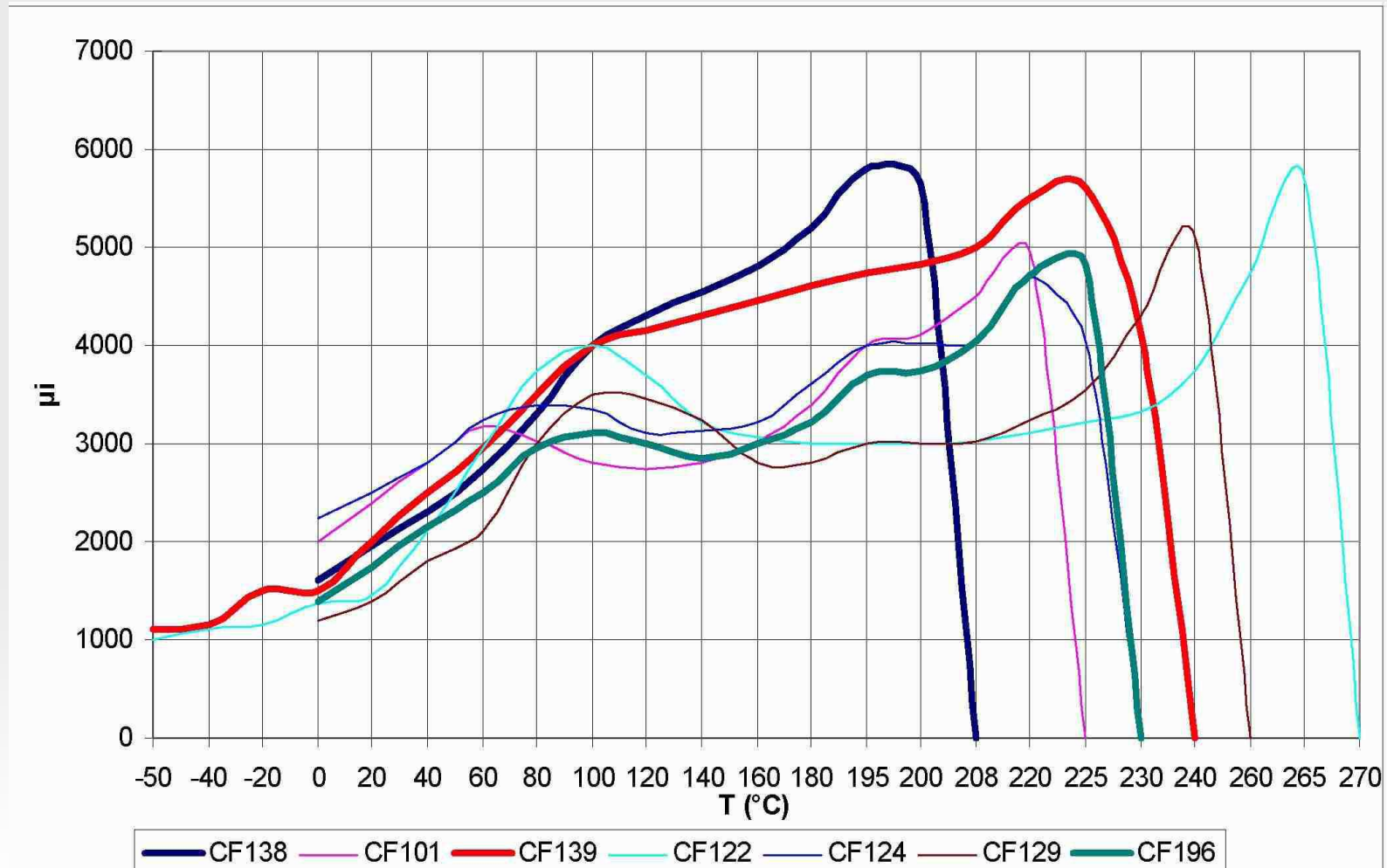
Materiály magneticky - měkké

Závislost poč. permeability na f



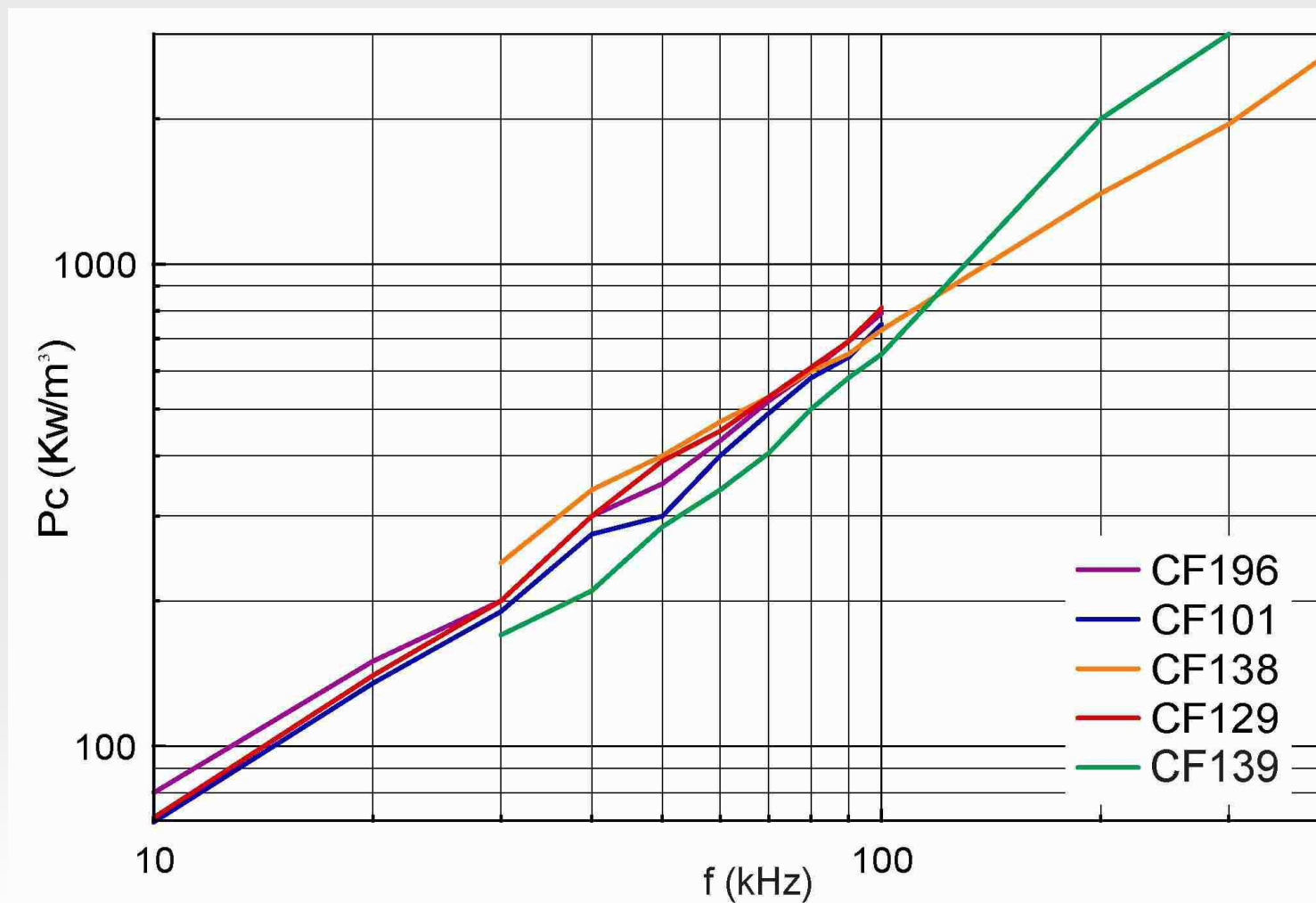
Materiály magneticky - měkké

Závislost poč. permeability na T



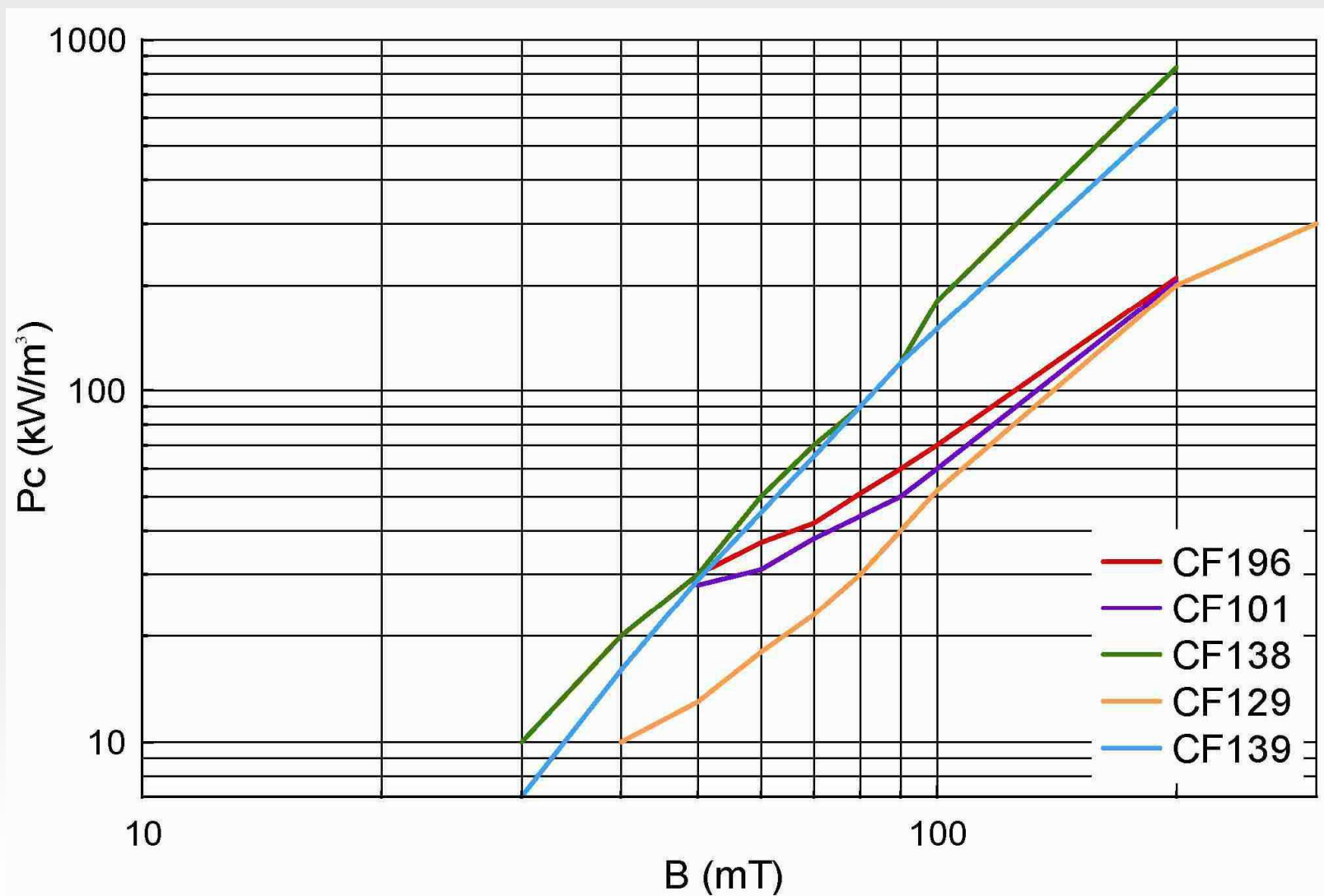
Materiály magneticky - měkké

Ztráty na f



Materiály magneticky - měkké

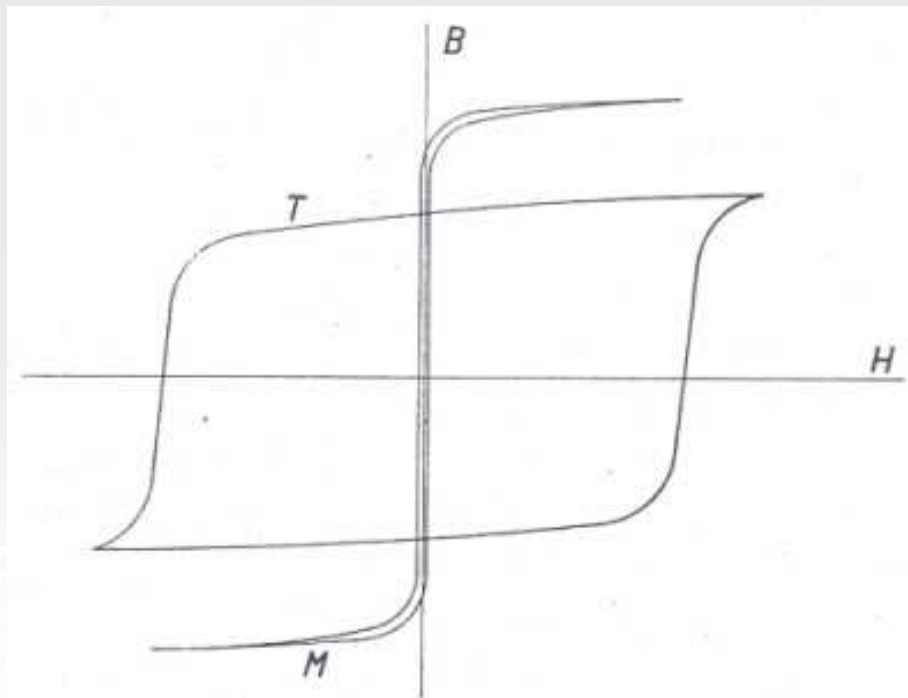
Ztráty na B



Materiály magneticky - tvrdé

Vlastnosti: vysoká koercitivní síla, velká remanence, velká plocha hysterezní smyčky.

Nejstarší PM jsou z kalené **uhlíkové oceli** s velkou tvrdostí. Přidáním uhlíku asi 1% zvětšíme koercitivní sílu, ale zmenší se remanence.



Materiály magneticky - tvrdé

Jakostnější jsou PM z ocelí wolframových, chromových a kobaltových. **(ŽÍHÁNÍ)**

Wolframové: mají 0,7% uhlíku a 6% wolframu

Chromové: 6% chrómu

Kobaltové: 9-36% kobaltu

Jiná skupina jsou slitiny schopné **(VYTVRZENÍ)**, slitiny železa s niklem, hliníkem, kobaltem, mědí, ...

Př. ALNIKO (složení 6-12% hliníku, 14-28% niklu, 0-35% kobaltu a zbytek železo.

Materiály magneticky - tvrdé

Tab. 23. Charakteristické vlastnosti magneticky tvrdých slitin

Označení	Přibližné složení %	Maximální relativní permeabilita $\mu_{r\max}$	Remanence při sycení 1 Wb/m^2 Wb/m^2	Koercitivní síla H_c Az/m	Měrný odpor při 25 °C \times $\times 10^6 \left(\frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} \right)$	Měrná váha g/cm ³
1% uhlíkatá ocel	1 C; 0,5 Mn; zbytek Fe	—	0,90	$4 \cdot 10^3$	20	7,86
5% wolfram. ocel	5 W; 0,7 C; zbytek Fe	—	1,05	$5,6 \cdot 10^3$	23	8,13
1% chromová ocel	0,9 Cr; 0,6 C; 0,45 Mn; zbytek Fe	—	0,95	$4 \cdot 10^3$	23	7,86
6% chromová ocel	6 Cr; 1,1 C; 0,4 Mn; zbytek Fe	—	0,95	$5,8 \cdot 10^3$	34	7,83
Alnico IC	12 Al; 10,5 Ni; 5 Co; zbytek Fe	14	0,76	$8 \cdot 10^3$	75	6,93
Alnico IIIA	12 Al; 26 Ni; zbytek Fe	12	0,65	$48 \cdot 10^3$	63	6,93
Alnico V	8 Al; 14 Ni; 24 Co; 3 Cu; zbytek Fe	18	1,27	$52 \cdot 10^3$	47	7,36
Alnico XII	6 Al; 18 Ni; 35 Co; 8 Ti; zbytek Fe	4	0,61	$80 \cdot 10^3$	28	8,42
Cunico	50 Cu; 21 Ni; 29 Co; zbytek Fe	3,8	0,31	$56 \cdot 10^3$	24	8,36
Cunife	60 Cu; 20 Ni; zbytek Fe	8	0,57	$47 \cdot 10^3$	18	8,67
Remalloy	12 Co; 17 Mo; zbytek Fe	—	1,00	$18 \cdot 10^3$	45	8,22
Vicalloy	13 Va; 52 Co; zbytek Fe	—	1,00	$35 \cdot 10^3$	60	8,17
Vectolit	30 Fe ₂ O ₃ ; 44 Fe ₃ O ₄ ; zbytek Fe	3	0,16	$72 \cdot 10^3$	225 až 10	3,15

Materiály magneticky - tvrdé

Magnety FeNdB a SmCo

V relativně nedávné době byla vyvinuta nová generace permanentních magnetů, obsahujících prvky vzácných zemin, nejčastěji **Samarium (Sm)** nebo **Neodym (Nd)**.

Tyto magnety mají z dosud známých materiálů největší magnetickou energii, uloženou v jednotce objemu. Magnety z prvků vzácných zemin se vyrábějí spékáním (sintrováním) velmi jemně rozemletých substancí, neboť jejich přímé slévání není možné.

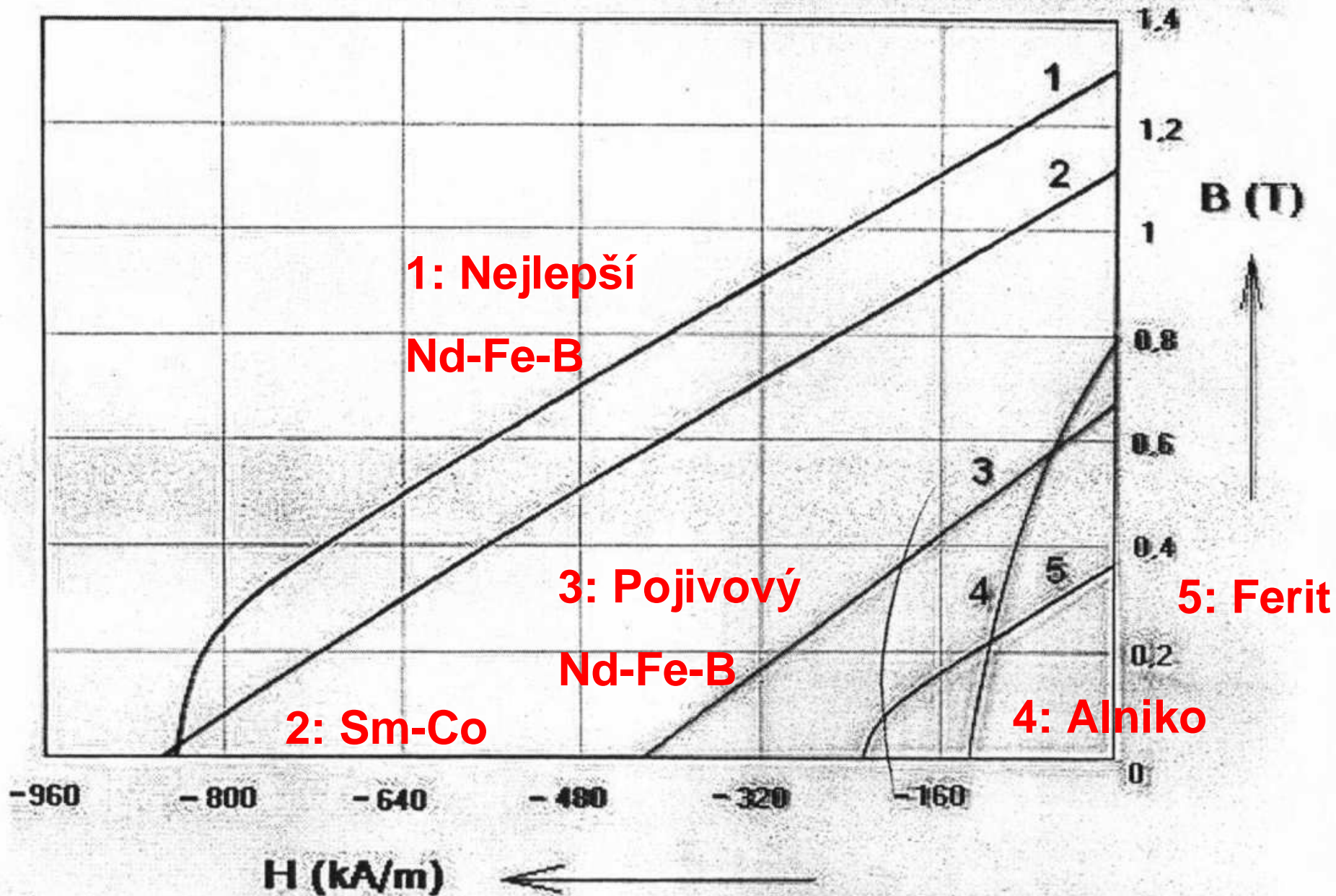
Základní typy mají směrné chemické složení **SmCo₅**, **Sm₂Co₁₇** a **Fe-Nd-B**.

Magnety FeNdB - magnetické vlastnosti

Třída	Koercivita		Remanence	Max. součin	max.teplota použití
	H _{cB}	H _{cJ}	B _r [mT]	(BH) _{max} [kJ/m ³]	°C
	[kA/m]				
N35	≥868	≥955	1170-1210	263-287	90
N38	≥868	≥955	1210-1250	287-310	90
N40	≥835	≥955	1260-1290	318-324	90
N42	≥835	≥955	1290-1320	324-342	80
N45	≥835	≥955	1330-1370	342-366	80
N50	≥842	≥876	1400-1440	324-342	70
N52	≥842	≥876	1440-1470	394-414	70
N30H	≥810	≥1353	1080-1120	232-239	120
N33H	≥842	≥1353	1140-1170	247-263	120

Magnety SmCo - magnetické vlastnosti

Třída	Koercivita	Remanence	Max. součin	max.teplota použití
	H _{cB} [kA/m]	B _r [mT]	(BH) _{max} [kJ/m ³]	°C
YX-18	620-648	850-900	127-143	250
YX-20	653-717	920-960	150-167	250
YX-24	730-770	960-1000	175-190	250
YXG-24	637-732	950-1020	175-190	300
YXG-26	748-796	1020-1050	195-215	300
YXG-28	756-796	1050-1080	205-220	300



Toroidní jádra

Toroidní jádra je možno dodávat také v provedení s izolační povrchovou vrstvou:

Použitý materiál: Epoxid & Polyuretan (Pu)

Tloušťka povlaku je 0.18÷0.25mm a závisí na velikosti jádra.

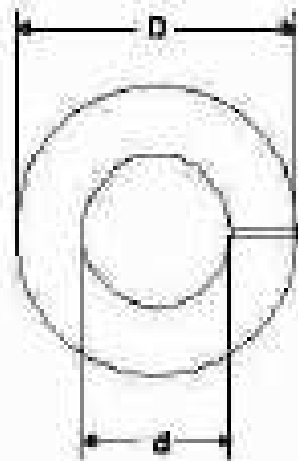
Maximální pracovní teplota >200°C

Izolační pevnost pro jednotlivé typy toroidů:

velikost jádra	U_{max}
$\leq T10$	1.0kV
> T10 – T25	1.5kV
> T25	2.0kV

Toroidní jádra se vzduchovou mezerou

Toroidní jádra od velikosti Lj T0704 lze dodávat se vzduchovou mezerou $g \geq 1.00\text{mm}$.



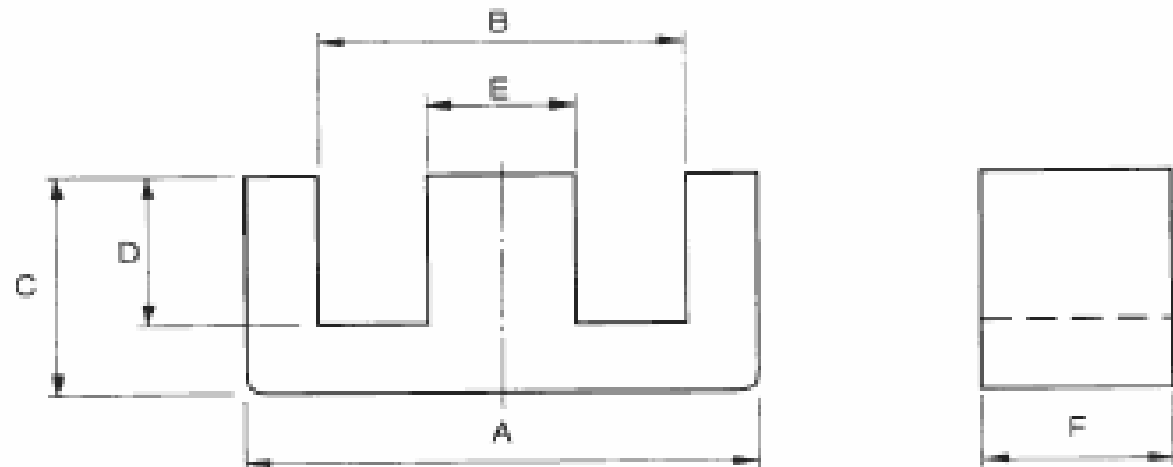
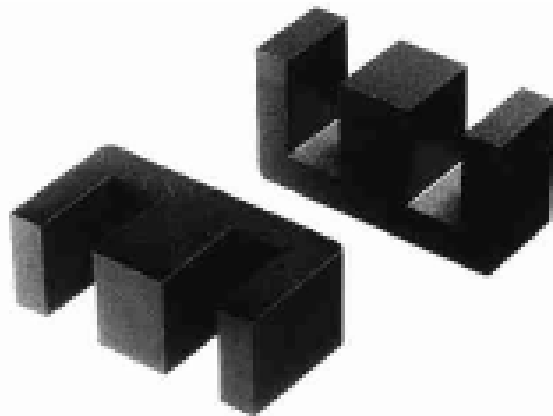
B 5 - 30

E jádra

aktualizace: 27.10.2008

technické parametry E jader:

typ	L _e [mm]	A _e [mm ²]	A _{min} [mm ²]	V _e [mm ³]	rozměry [mm]						A _L [nH] +25%F.R./-20%						m ks) [g]
					A	B	C	D	E	F	CF 129	CF 196	CF 138	CF 101	CF 195	CF 197	
Lj E 1011	25.4	12	11.6	305	10.2 ±0.3	7.8 ±0.3	5.55 ±0.15	4.15 ±0.15	2.4 ±0.2	5.0 ^{-0.0} _{-0.3}	800	850	900	1300	-	-	1
Lj E 1304	29.6	13	12.4	384	12.65±0.45	9.2 ±0.3	6.5 ^{+0.0} _{-0.2}	4.5 ^{+0.3}	3.7 ^{+0.0} _{-0.3}	3.7 ^{+0.0} _{-0.3}	750	800	850	-	1300	1800	1
Lj E 1306	29.6	22.4	22.4	663	12.65±0.45	9.2 ±0.3	6.5 ^{+0.0} _{-0.2}	4.5 ^{+0.3} _{-0.0}	3.7 ^{+0.0} _{-0.3}	6.3 ^{+0.0} _{-0.3}	1250	1350	1450	2050	2250	3150	1.65
Lj E1404	33	15	13	525	13.95±0.35	10.8 ±0.3	7.65 ±0.15	5.4 ±0.2	4.15 ±0.15	4.15 ±0.15	-	-	750	1050	-	-	1.4
Lj E1605	37.6	20.1	19.4	754	16.0 ^{+0.7} _{-0.5}	11.3 ^{+0.6} _{-0.0}	8.2 ^{+0.0} _{-0.3}	5.7 ^{+0.4} _{+0.0}	4.7 ^{+0.0} _{-0.3}	4.7 ^{+0.0} _{-0.4}	950	1000	1050	1450	1850	2600	2
Lj EL1605	55.6	19.3	17.6	1075	16.0 ±0.3	12.1 ±0.3	12.45±0.2	10.25±0.2	4.0 ±0.2	4.8 ±0.2	650	700	750	950	1350	1900	2.75
LiEL1605B	34	17	17	604	16.1 ±0.6	12.1 ±0.3	6.95 ±0.15	5.4 ±0.2	4.0 ±0.2	4.8 ±0.2	-	875	900	1150	1550	-	1.5

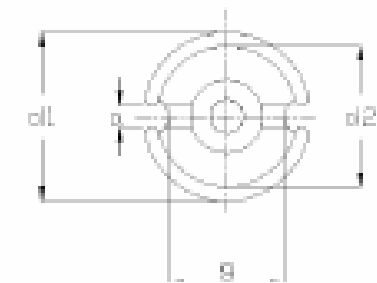


HRNKOVÁ JÁDRA

technické parametry hrnkových jader:

typ jádra	d_1	d_2	a	h_1	h_2	d_3	d_4	g
Lj P18x11	18.0 ±0.4	15.2 ±0.25	3.4 ±0.6	5.25 ±0.10	3.72 ±0.13	7.45 ±0.15	3.10 ±0.12	12.85±0.5
Lj P22x13	21.6 ±0.4	18.2 ±0.30	3.8 ±0.6	6.70 ±0.10	4.73 ±0.13	9.25 ±0.15	4.55 ±0.15	15.30±0.5
Lj P26x16	25.5 ±0.5	21.6 ±0.45	3.8 ±0.6	8.05 ±0.12	5.63 ±0.13	11.30±0.20	5.55 ±0.15	18.05±0.4
Lj P30x19	30.0 ±0.5	25.4 ±0.40	3.4 ±0.6	9.40 ±0.12	6.63 ±0.13	13.30±0.25	5.55 ±0.15	20.60±0.5
Lj P36x22	35.5 ±0.5	30.5 ±0.40	5.2 ±0.4	10.85±0.20	7.6 ±0.15	15.90±0.30	5.50 ±0.12	26.20±0.6

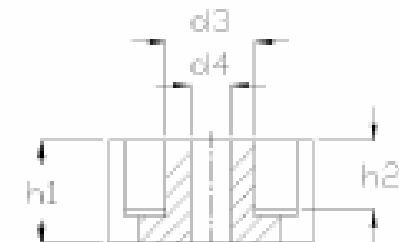
Poznámka: Hrnková jádra dodáváme pouze s centrálním otvorem.



HRNKOVÁ JÁDRA BEZ VZDUCHOVÉ MEZERY

typ jádra	L_s [mm]	A_s [mm ²]	A_{min} [mm ²]	V_s [mm ³]	A_L [nH]						m (ks) [g]
					+30%/-20%						
					CF138	CF129	CF196	CF101	CF195	CF140	
Lj P18x11	25.9	43	35	1120	3100	2900	3000	3950	5300	3700	3.5
Lj P22x13	31.8	63	50	2000	3950	3850	3800	5100	7000	4700	6.5
Lj P26x16	37.2	93	74	3460	5100	4750	4900	6700	9400	6200	10.5
Lj P30x19	45.2	137	115	6190	6400	6000	6200	8500	12200	7900	18
Lj P36x22	52.0	202	202	10800	7700	—	—	11000	—	9100	27.5

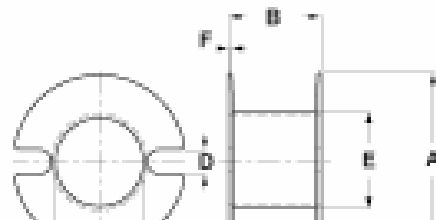
Poznámka: Hrnková jádra je možné dodávat se vzduchovou mezerou, na základě požadavků zákazníka.



HRNKOVÁ JÁDRA – příslušenství

kostry

jednokomorová



dvoukomorová

