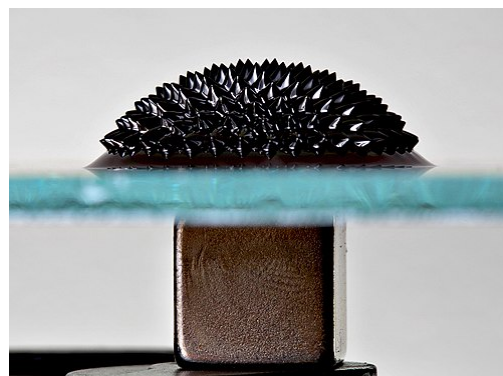


Magnet ze vzácných zemin

W en.wikipedia.org/wiki/Rare-earth_magnet

Magnety vzácných zemin jsou silné permanentní magnety vyrobené ze slitin prvků vzácných zemin. Magnety ze vzácných zemin, vyvinuté v 70. a 80. letech 20. století, jsou nejsilnějším typem vyrobených permanentních magnetů, které produkují výrazně silnější magnetická pole než jiné typy,



jako jsou feritové nebo alnico magnety. Magnetické pole typicky vytvářené magnety vzácných zemin může přesáhnout 1,2 tesla, zatímco feritové nebo keramické magnety obvykle vykazují pole 0,5 až 1 tesla.

Existují dva typy: neodymové magnety a samarium-kobaltové magnety. Magnety ze vzácných zemin jsou extrémně křehké a také náchylné ke korozí, takže jsou obvykle pokovené nebo potažené, aby byly chráněny před rozbitím, odštípnutím nebo rozpadnutím na prášek.

Vývoj magnetů vzácných zemin začal kolem roku 1966, kdy KJ Strnat a G. Hoffer z US Air Force Materials Laboratory objevili, že slitina yttria a kobaltu, YCo_5 , má zdaleka největší konstantu magnetické anizotropie ze všech tehdy známých materiálů. . [1].[2]

Pojem „vzácné zeminy“ může být zavádějící, protože některé z těchto kovů mohou být [3].[4] v zemské kůře tak hojné jako cín nebo olovo, [5] ale rudy vzácných zemin neexistují ve slojích (jako uhlí nebo měď), takže v jakémkoli daném krychlovém kilometru kůry jsou „vzácné“. Hlavním zdrojem je v současnosti Čína. [6] Některé země klasifikují kovy vzácných zemin jako strategicky důležité [7] a

nedávná čínská omezení vývozu těchto materiálů vedla některé k zahájení výzkumných programů na vývoj silných magnetů, které nevyžadují kovy vzácných zemin.



Neodymové magnety (malé válečky) zvedající ocelové kuličky. Jak je zde ukázáno, magnety vzácných zemin mohou snadno zvednout tisícinásobek své vlastní hmotnosti.

Vysvětlení síly

📖 Tato část **necituje žádné zdroje** . Pomozte prosím vylepšit tuto sekci přidáním citací ke spolehlivým zdrojům . Nezdvojený materiál může být napaden a odstraněn . (*březen 2020*) (Zjistěte, jak a kdy odstranit tuto šablonu zprávy.)


Prvky vzácných zemin (lanthanoidy) jsou kovy, které jsou feromagnetické , což znamená, že stejně jako železo mohou být zmagnetizovány , aby se staly permanentními magnety , ale jejich Curieovy teploty (teplota, nad kterou jejich feromagnetismus mizí) jsou pod pokojovou teplotou, takže v čisté formě jsou magnetismus se objevuje pouze při nízkých teplotách. Tvoří však sloučeniny s přechodnými kovy , jako je železo , nikl a kobalt , a některé z těchto sloučenin mají Curieovy teploty výrazně nad pokojovou teplotou. Z těchto sloučenin jsou vyrobeny magnety vzácných zemin.

Větší síla magnetů vzácných zemin je většinou způsobena dvěma faktory:

- Za prvé, jejich krystalické struktury mají velmi vysokou magnetickou anizotropii . To znamená, že krystal materiálu přednostně magnetizuje podél specifické krystalové osy , ale je velmi obtížné zmagnetizovat v jiných směrech. Stejně jako jiné magnety jsou magnety vzácných zemin složeny z mikrokrystalických zrn, která jsou při výrobě zarovnána v silném magnetickém poli, takže všechny jejich magnetické osy směřují stejným směrem. Odolnost krystalové mřížky vůči otáčení směru magnetizace dává těmto sloučeninám velmi vysokou magnetickou koercitivitu (odolnost vůči demagnetizaci), takže silné demagnetizační pole uvnitř hotového magnetu nesnižuje materiál magnetizace .

- Za druhé, atomy prvků vzácných zemin mohou mít vysoké magnetické momenty. Jejich orbitální elektronové struktury obsahují mnoho nepárových elektronů; v jiných prvcích téměř všechny elektrony existují v párech s opačnými rotacemi, takže jejich magnetická pole se ruší, ale ve vzácných zeminách je magnetické zrušení mnohem méně. Je to důsledek neúplného zaplnění f-skořápky, která může obsahovat až 7 nepárových elektronů. V magnetu jsou to nepárové elektrony, které jsou uspořádány tak, že rotují ve stejném směru, které vytvářejí magnetické pole. To dává materiálům vysokou remanenci (saturační magnetizace J_s). Maximální hustota energie $B \cdot H_{\max}$ je úměrné J_s^2 , takže tyto materiály mají potenciál pro ukládání velkého množství magnetické energie. Součin magnetické energie $B \cdot H_{\max}$ neodymových magnetů je objemově asi 18krát větší než u „běžných“ magnetů. To umožňuje, aby magnety vzácných zemin byly menší než jiné magnety se stejnou intenzitou pole.

Magnetické vlastnosti

 Tato část necituje žádné zdroje. Pomozte prosím vylepšit tuto sekci přidáním citací ke spolehlivým zdrojům. Nezdokumentovaný materiál může být napaden a odstraněn. (březen 2020) (Zjistěte, jak a kdy odstranit tuto šablonu zprávy.)

Některé důležité vlastnosti používané pro srovnání permanentních magnetů jsou: remanence (B_r), která měří sílu magnetického pole; koercivita (H_{ci}), odolnost materiálu vůči demagnetizaci; energetický produkt ($B \cdot H_{\max}$), hustota magnetické energie; a Curieho teplota (T_C), teplota, při které materiál ztrácí svůj magnetismus. Magnety ze vzácných zemin mají vyšší remanenci, mnohem vyšší koercitivitu a energetický produkt, ale (u neodymu) nižší Curieovu teplotu než jiné typy. Níže uvedená tabulka porovnává magnetický výkon dvou typů magnetů vzácných zemin, neodymových ($Nd_2Fe_{14}B$) a samarium-kobalt ($SmCo_5$), s jinými typy permanentních magnetů.

Materiál	Příprava	B_r (T)	H_{ci} (k A /m)	$B \cdot H_{max}$ (k J /m ³)	T_c (°C)
Nd ₂ Fe ₁₄ B _ _ _ _	slinutý	1.0–1.4	750–2000	200–440	310–400
Nd ₂ Fe ₁₄ B _ _ _ _	spojený	0.6–0.7	600–1200	60–100	310–400
SmCo ₅	slinutý	0.8–1.1	600–2000	120–200	720
Sm(Co,Fe,Cu,Zr) ₇	slinutý	0.9–1.15	450–1300	150–240	800
<u>Alnico</u>	slinutý	0.6–1.4	275	10–88	700–860
<u>Sr-ferit</u>	slinutý	0.2–0.4	100–300	10–40	450
<u>Železný</u> (Fe) tyčový magnet	žíhaný	?	800 ^[8]	?	770 ^[9]

Zdroj:

Typy

samarium-kobalt

Hlavní článek: Samarium-kobaltový magnet

Samarium-kobaltové magnety (chemický vzorec: Sm Co₅), první rodina vynalezených magnetů ze vzácných zemin, jsou méně používané než neodymové magnety kvůli jejich vyšší ceně a nižší síle magnetického pole. Samarium-kobalt má však vyšší Curieovu teplotu , což vytváří mezeru pro tyto magnety v aplikacích, kde je potřeba vysoká intenzita pole při vysokých provozních teplotách . Jsou vysoce odolné vůči oxidaci, ale slinuté magnety samarium-kobalt jsou křehké a náchylné k praskání a praskání a mohou prasknout, když jsou vystaveny tepelnému šoku .

Neodym

Hlavní článek: Neodymový magnet

Neodymové magnety, vynalezené v 80. letech 20. století, jsou nejsilnějším a cenově nejdostupnějším typem magnetu ze vzácných zemin . Jsou vyrobeny ze slitiny neodymu , železa a boru (Nd₂ Fe₁₄ B), někdy označované zkratkou NIB. Neodymové magnety se používají v mnoha aplikacích vyžadujících silné, kompaktní

permanentní magnety, jako jsou elektrické motory pro akumulátorové nářadí , jednotky pevných disků , magnetické držáky a spony na šperky. Mají nejvyšší intenzitu magnetického pole a mají vyšší koercitivitu (což je činí magneticky stabilní), ale mají nižší Curieovu teplotu , a jsou náchylnější k oxidaci než magnety samarium-kobalt.



Neodymový magnet s niklováním většinou odstraněn

Koroze může způsobit, že se nechráněné magnety odlupují z povrchové vrstvy nebo se rozpadají na prášek. Ochranu proti korozi může poskytnout použití ochranných povrchových úprav, jako je pokovování zlatem , niklem , zinkem a cínováním a povlaky z epoxidové pryskyřice; Většina neodymových magnetů používá niklování, které poskytuje robustní ochranu.

Původně vysoká cena těchto magnetů omezovala jejich použití na aplikace vyžadující kompaktnost spolu s vysokou intenzitou pole. Jak suroviny, tak patentové licence byly drahé. Od 90. let se však magnety NIB staly stále levnějšími a jejich nižší cena inspirovala nová použití, jako jsou magnetické stavební hračky .

Nebezpečí

The greater force exerted by rare-earth magnets creates hazards that are not seen with other types of magnet. Magnets larger than a few centimeters are strong enough to cause injuries to body parts pinched between two magnets or a magnet and a metal surface, even causing broken bones.^[10] Magnets allowed to get too near each other can strike each other with enough force to chip and shatter the brittle material, and the flying chips can cause injuries. Starting in 2005, powerful magnets breaking off toys or from magnetic construction sets started causing injuries and deaths.^[11] Young children who have

swallowed several magnets have had a fold of the digestive tract pinched between the magnets, causing injury and in one case intestinal perforations, sepsis, and death.^[12]

A voluntary standard for toys, permanently fusing strong magnets to prevent swallowing, and capping unconnected magnet strength, was adopted in 2007.^[11] In 2009, a sudden growth in sales of magnetic desk toys for adults caused a surge in injuries, with emergency room visits estimated at 3,617 in 2012.^[11] In response, the U.S. Consumer Product Safety Commission passed a rule in 2012 restricting rare-earth magnet size in consumer products, but it was vacated by a US federal court decision in November 2016, in a case brought by the one remaining manufacturer.^[13] After the rule was nullified, the number of ingestion incidents in the country rose sharply, and is estimated to exceed 1,500 in 2019.^[11]

Further information: Neodymium magnet toys

Applications

Since their prices became competitive in the 1990s, neodymium magnets have been replacing alnico and ferrite magnets in the many applications in modern technology requiring powerful magnets. Their greater strength allows smaller and lighter magnets to be used for a given application.

Common applications

Common applications of rare-earth magnets include:

- computer hard disk drives
- wind turbine generators
- speakers / headphones
- bicycle dynamos
- MRI scanners
- fishing reel brakes
- permanent magnet motors in cordless tools
- high-performance AC servo motors

- traction motors and integrated starter-generators in hybrid and electric vehicles
- mechanically powered flashlights, employing rare earth magnets for generating electricity in a shaking motion or rotating (hand-crank-powered) motion
- industrial uses such as maintaining product purity, equipment protection, and quality control
- capture of fine metallic particles in lubricating oils (crankcases of internal combustion engines, also gearboxes and differentials), so as to keep said particles out of circulation, thereby rendering them unable to cause abrasive wear of moving machine parts



Neodymium magnet balls

Other applications

Other applications of rare-earth magnets include:

- Linear motors (used in maglev trains, etc.)
- Stop motion animation: as tie-downs when the use of traditional screw and nut tie-downs is impractical.
- Diamagnetic levitation experimentation, the study of magnetic field dynamics and superconductor levitation.
- Electrodynamic bearings
- Launched roller coaster technology found on roller coaster and other thrill rides.
- LED Throwies, small LEDs attached to a button cell battery and a small rare earth magnet, used as a form of non-destructive graffiti and temporary public art.
- Neodymium magnet toys
- Electric guitar pickups

- Miniature figures, for which rare-earth magnets have gained popularity in the miniatures gaming community for their small size and relative strength assisting in basing and swapping weapons between models.

Rare-earth-free permanent magnets

The United States Department of Energy has identified a need to find substitutes for rare-earth metals in permanent-magnet technology and has begun funding such research. The Advanced Research Projects Agency-Energy (ARPA-E) has sponsored a Rare Earth Alternatives in Critical Technologies (REACT) program, to develop alternative materials. In 2011, ARPA-E awarded 31.6 million dollars to fund Rare-Earth Substitute projects.^[14]

Recycling efforts

The European Union's ETN-Demeter project (European Training Network for the Design and Recycling of Rare-Earth Permanent Magnet Motors and Generators in Hybrid and Full Electric Vehicles)^[15] is examining sustainable design of electric motors used in vehicles. They are, for example, designing electric motors in which the magnets can be easily removed for recycling the rare earth metals.

The European Union's European Research Council also awarded to Principal Investigator, Prof. Thomas Zemb, and co-Principal Investigator, Dr. Jean-Christophe P. Gabriel, an Advanced Research Grant for the project "Rare Earth Element reCYCling with Low harmful Emissions : REE-CYCLE", which aimed at finding new processes for the recycling of rare earth.^[16]

See also

- Circular economy – Regenerative system in which resource input and waste, emission, and energy leakage, are minimised
- Lanthanide – Trivalent metallic rare-earth elements

- Magnet fishing – Searching in outdoor waters for ferromagnetic objects
- Recycling – Converting waste materials into new products
- Samarium–cobalt magnet – Strong permanent magnet made from an alloy of a rare-earth element and cobalt
- Neodymium magnet – Strongest type of permanent magnet from an alloy of neodymium, iron and boron

References

1. ^ Cullity, B. D.; Graham, C. D. (2008). Introduction to Magnetic Materials. Wiley-IEEE. p. 489. ISBN 0-471-47741-9.
2. ^ Lovelace, Alan M. (March–April 1971). "More Mileage Than Programmed From Military R&D". *Air University Review*. US Air Force. **22** (3): 14–23. Retrieved July 4, 2012.
3. ^ McCaig, Malcolm (1977). *Permanent Magnets in Theory and Practice*. US: Wiley. p. 123. ISBN 0-7273-1604-4.
4. ^ Sigel, Astrid; Helmut Sigel (2003). *The lanthanides and their interrelations with biosystems*. US: CRC Press. pp. v. ISBN 0-8247-4245-1.
5. ^ Walsh, Bryan (March 13, 2012). "Raring to Fight: The U.S. Tangles with China over Rare-Earth Exports". *Time Magazine*. Retrieved November 13, 2017.
6. ^ Chu, Steven (2011). Critical Materials Strategy. Diane Publishing. pp. 96–98. ISBN 1437944183. "China rare earth magnets."
7. ^ Introduction to Magnets and Magnetic Materials, David Jiles, Ames Laboratories, US DoE, 1991

8. [^] 3 Sources:
 - Beichner and Serway. Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics. 5th ed. Orlando: Saunders College, 2000: 963.
 - Curie Temperature." McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology. 8th ed. 20 vols. N.P: McGraw-Hill, 1997.
 - Hall, H.E and J.R. Hook. Solid State Physics. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1991: 226.
9. [^] Swain, Frank (March 6, 2009). "[How to remove a finger with two super magnets](#)". *The Sciencepunk Blog*. Seed Media Group LLC. Retrieved 2017-11-01.
10. [^] "[Magnet Safety Alert](#)" (PDF). U.S. Consumer Product Safety Commission. Retrieved 20 July 2014.
11. [^] "[CPSC Recall Snapshot](#)" (PDF). Alston & Bird. December 2016.
12. [^] "[DEMETER project](#)". *etn-demeter.eu*.
13. [^] "[REE-CYCLE project](#)". *cordis.europa.eu*.

Further reading

- Furlani Edward P. (2001). "Permanent Magnet and Electromechanical Devices: Materials, Analysis and Applications". Academic Press Series in Electromagnetism. ISBN 0-12-269951-3.
- Campbell Peter (1996). "Permanent Magnet Materials and their Application" (Cambridge Studies in Magnetism). ISBN 978-0-521-56688-9.
- Brown, D. N.; B. Smith; B. M. Ma; P. Campbell (2004). "[The Dependence of Magnetic Properties and Hot Workability of Rare Earth-Iron-Boride Magnets Upon Composition](#)" (PDF). *IEEE Transactions on Magnetics*. **40** (4): 2895–2897. Bibcode:2004ITM....40.2895B. doi:10.1109/TMAG.2004.832240. ISSN 0018-9464. Archived from [the original](#) (PDF) on 2012-04-25.

External links

- *Standard Specifications for Permanent Magnet Materials*
(Magnetic Materials Producers Association)
- *Edwards, Lin (22. března 2010). "Sloučenina železa a dusíku tvoří nejsilnější známý magnet". PhysOrg.*