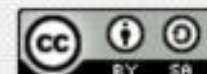




Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3:Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Předmět: Nauka o materiálu Přednáška č. 5: Neželezné kovy

doc. Ing. Pavlína Hájková, Ph.D.

Cíl přednášky

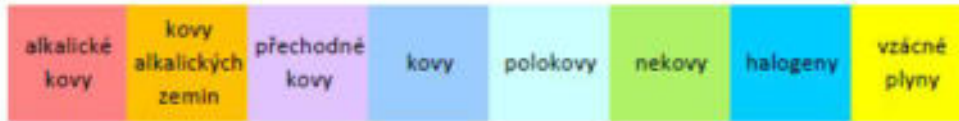
Cílem přednášky je seznámit studenty s neželeznými kovy. Studenti se seznámí s lehkými a těžkými neželeznými kovy a s kovy s nízkou, střední a vysokou teplotou tání. Největší pozornost bude věnována slitinám hliníku a jejich vytvrzování.

Obsah

1. Úvod
2. Pásová teorie
3. Rozdělení neželezných kovů
4. Kovy s nízkou teplotou tání
5. Lehké kovy
6. Kovy se střední teplotou tání
7. Kovy s vysokou teplotou tání
8. Ušlechtilé kovy
9. Slitiny hliníku
10. Měď a její slitiny

Li bude v přednášce 13

Periodická soustava prvků



1	1 H 1,0079 Vodík	2 He 4,00 Helium																
2	3 Li 6,94 Lithium	4 Be 9,01 Beryllium	5 B 10,81 Bor	6 C 12,01 Uhlík	7 N 14,01 Dusík	8 O 16,00 Kyslík	9 F 18,99 Fluor	10 Ne 20,18 Neon										
3	11 Na 22,99 Sodík	12 Mg 24,31 Hořčík	13 Al 26,98 Hliník	14 Si 28,09 Křemík	15 P 30,97 Fosfor	16 S 32,06 Síra	17 Cl 35,45 Chlor	18 Ar 39,95 Argon										
4	19 K 39,10 Draslík	20 Ca 40,08 Vápník	21 Sc 44,96 Skandium	22 Ti 47,88 Titan	23 V 50,94 Vanad	24 Cr 52,00 Chrom	25 Mn 54,94 Mangan	26 Fe 55,85 Železo	27 Co 58,93 Kobalt	28 Ni 58,69 Nikl	29 Cu 63,55 Měď	30 Zn 65,38 Cín	31 Ga 69,72 Gallium	32 Ge 72,61 Germanium	33 As 74,92 Arsen	34 Se 78,96 Selen	35 Br 79,90 Brom	36 Kr 83,80 Krypton
5	37 Rb 85,47 Rubidium	38 Sr 87,62 Stroncium	39 Y 88,91 Yttrium	40 Zr 91,22 Zirkonium	41 Nb 92,91 Niobium	42 Mo 95,94 Molibden	43 Tc ~98 Technecium	44 Ru 101,07 Ruthenium	45 Rh 102,91 Rhodium	46 Pd 106,42 Palladium	47 Ag 107,87 Stříbro	48 Cd 112,41 Kadmium	49 In 114,82 Indium	50 Sn 118,71 Cín	51 Sb 121,75 Antimon	52 Te 127,60 Tellur	53 I 126,90 Jod	54 Xe 131,29 Xenon
6	55 Cs 132,91 Cesium	56 Ba 137,33 Barium	57 La ~139 Lanthan	72 Hf 178,49 Hafnium	73 Ta 180,95 Tantal	74 W 183,85 Volfra	75 Re 186,21 Rhenium	76 Os 190,20 Osmium	77 Ir 192,22 Iridium	78 Pt 195,08 Platina	79 Au 196,97 Zlato	80 Hg 200,59 Rtuť	81 Tl 204,38 Thallium	82 Pb 207,20 Olovo	83 Bi 208,98 Bismut	84 Po ~209 Polonium	85 At ~210 Astat	86 Rn ~222 Radon
7	87 Fr ~223 Francium	88 Ra 226,03 Radium	89 Ac ~227 Aktin	104 Rf ~261 Rutherfordium	105 Db ~262 Dubnium	106 Sg ~269 Seaborgium	107 Bh ~270 Bohrium	108 Hs ~269 Hassium	109 Mt ~278 Meitnerium	110 Ds ~281 Darmstadtium	111 Rg ~281 Roentgenium	112 Cn ~285 Copernicium	113 Nh ~286 Nihonium	114 Fl ~289 Flerovium	115 Mc ~288 Moscovium	116 Lv ~293 Livermorium	117 Ts ~294 Tennessine	118 Og ~294 Oganesson

polokovy se obvykle chovají jako polovodiče (B, Si, Ge)

Si - bude probírán v přednášce 13

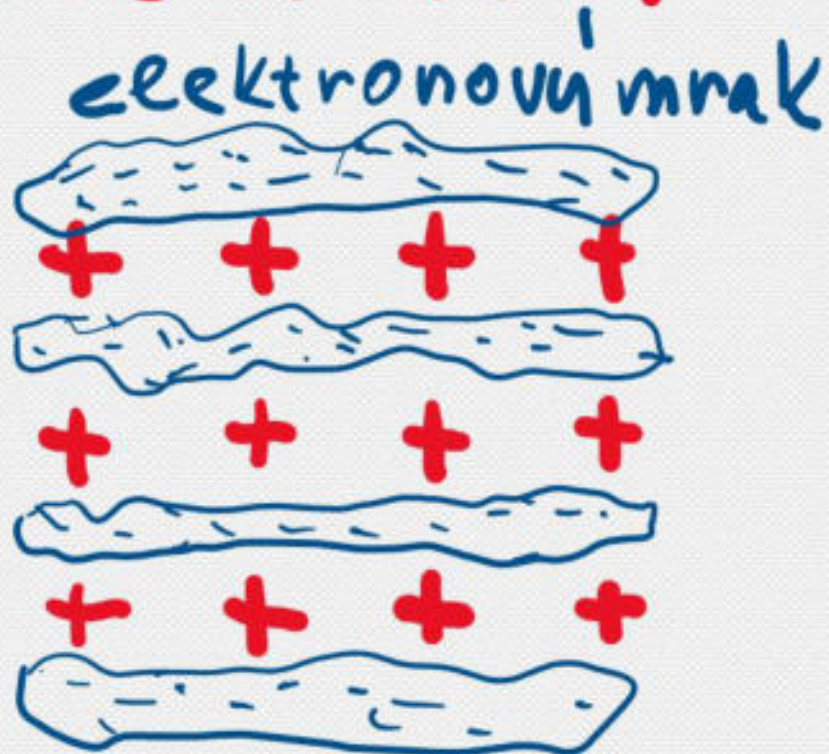
Kovy a polokovy

KOVY - většina prvků (cca 5/6)

vlastnosti – dány charakterem vazby a krystalové struktury

neprůhlednost, kovový lesk, kujnost, tažnost, dobrá elektrická (klesající s rostoucí teplotou) a tepelná vodivost, kromě Hg jsou v pevném stavu za LT

KOVOVÁ VAZBA



PRÁSOVÁ TEORIE



překrývají se
 e^- volně přestupují do vod. p.

Kovy a polokovy – energetické pásy

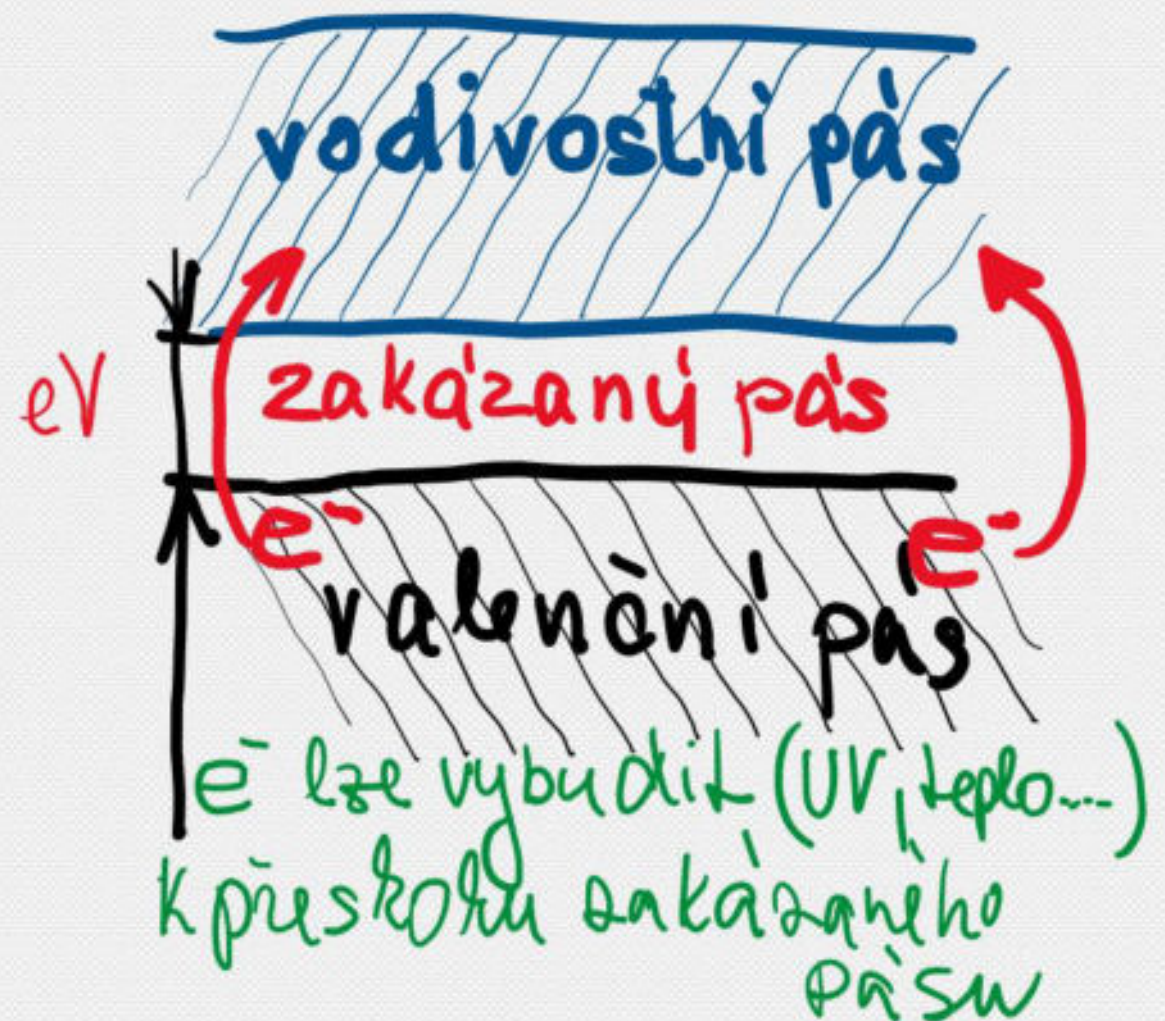
(př TiO_2 - 3,2 eV)

PAŠOVÁ TEORIE VODIČE



překrývají se
 e^- volně přestupují do vod. p.

PAŠOVÁ TEORIE POLOVODIČE



e^- lze vybudit (UV, teplo...)
k překročení zakázaného pásu

Izolátory – energetické pásy

PÁSOVÁ TEORIE IZOLÁTORŮ



Neželezné kovy a jejich slitiny

Al, Cu, Ti, Mg, Ni, Zn, Mo, Sn, Pb a jejich slitiny

- ✓ Kromě Fe se říká všem ostatním kovům neželezné
- ✓ Využívají se především ve slitinách
- ✓ Využití také jako legury slitin Fe-C (v ocelích a litinách)
- ✓ Široké využití – automotive, elektrotechnika, tepelná technika, letecký průmysl, potravinářství, zdravotnictví....

Rozdělení neželezných kovů a slitin

Podle teploty tání

S nízkou teplotou tání (Sn, Pb, Zn....)

Se střední teplotou tání (**Cu**, Ni, Co...)

S vysokou teplotou tání (Zr, Nb, W, Mo...)

Podle měrné hmotnosti

Lehké pod 5 000 kg/m³ (**Al**, Mg, Ti..)

Těžké nad 5 000 kg/m³ (Cu, Ni...)

Ušlechtilé kovy (Cu, Au, Ag, Pt – odolnost vůči korozi)

Radioaktivní kovy

Neželezné kovy a jejich slitiny

Kovy		Atomové číslo	Atomová hmotnost	Teplota tání [°C]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost [MPa] Čisté/vytvrzené		Cena [Kč/kg]
S nízkou teplotou tání + Al, Mg (u lehkých)	Cín Sn	50	118,1	231,9	7 298	30		625
	Olovo Pb	82	207,21	327,4	11 340	15		50
	Zinek Zn	30	65,38	419,4	7 136	120		60
	Kadmium Cd	48	112,41	321	8 650			
	Vismut Bi	83	2,9	271,3	9 800			
	Antimon Sb	51	121,76	630,5	6 620			
Se střední teplotou tání	Měď Cu	29	63,54	1 083	8 940	180	450	180
	Nikl Ni	28	58,71	1 453	8 900	350	850	480
	Kobalt Co	27	58,93	1 493	8 900			1350
	Mangan Mn	25	54,93	1 244	7 400			
S vysokou teplotou tání +Ti (u lehkých)	Zirkonium Zr	40	91,22	1 860	6 500			
	Niob Nb	41	92,2	2 415	8 750			
	Molybden Mo	42	95,94	2 610	10 200			364
	Tantal Ta	73	10,94	3 000	16 600			
	Wolfram W	74	183,85	3 345	19 320			

Neželezné kovy a jejich slitiny

Kovy		Atomové číslo	Atomová hmotnost	Teplota tání [°C]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Pevnost [MPa] Čisté/vytvrzené		Cena [Kč/kg]
lehké	Hliník Al	13	26,98	660,2	2 669	70	200	47,4
	Hořčík Mg	12	23,34	650	1 740	180		
	Berilium Be	4	9,01	1 285	1 840			
	Titan Ti	22	47,9	1 668	4 500	400	900	
Ušlechtilé	Stříbro Ag	47	107,87	960,5	10 490	150		16 158
	Zlato Au	79	196,78	1 063	19 320	120		1 343 248
	Platina Pt	78	195,09	1 773,5	21 450	200		649 862
	Paladium Pd	46	106,4	1 552	12 000			884 855
	Iridium Ir	77	192,2	2 443	22 600			
	Osmium Os	76	190,2	2 900	22 600			
Lithium – bude v jiné přednášce		3	6,94	180,5	534			900

1oz = Trojská unce, (v angličtině troy weight nebo troy ounce) je základní váhová jednotka (přibližně 31,1 gramu) používaná na národních a mezinárodních trzích stříbra, zlata, platiny a dalších drahých kovů, příp. drahokamů.

Kovy s nízkou teplotou tání

Olovo Pb

327,4 °C

231,9 °C Cín Sn

Zinek Zn

419,4 °C

- kov šedé barvy, velmi měkký a dobře tvárný, dobře odolává silným anorganickým kyselinám
- je to špatný vodič tepla a elektrického proudu
- jedovaté, proto se nesmí používat v potravinářství
- použití Pb – ochrana nádob a potrubí při výrobě H_2SO_4 , ochrana elektrod v autobateriích, ochrana proti radiaci (rentgenové záření, radioizotopy), výroba střeliva, slitiny Pb (měkké pájky, olověné kompozice, liteřina)



Kovy s nízkou teplotou tání



- stříbrobílý kov, dobře tvárný, tvrdší než Pb, ale stále velmi měkký
- Sn je polymorfní kov a modifikace stálá při teplotě nižší než 13°C způsobuje přeměnu Sn na šedý prášek (cínové předměty se rozpadají) – jedná se o tzv. cínový mor
- Sn dobře odolává korozi, potravinářská nezávadnost!
- použití Sn – asi polovina vyrobeného Sn se spotřebovává na povrchovou ochranu předmětů zejména pro potravinářské účely, druhá polovina vyrobeného Sn se spotřebuje na slitiny s nízkou teplotou tání (měkké pájky, cínové kompozice) a spolu s Cu na výrobu bronzů

Kovy s nízkou teplotou tání

Olovo Pb

327,4 °C

231,9 °C Cín Sn

Zinek

419,4 °C



- Zn je bílý kov s modrošedým odstínem, středně tvrdý a za normální teploty křehký
- dobře odolává atmosférickým vlivům, mořské vodě i organickým látkám
- významné jsou sloučeniny Zn jako např. oxid zinečnatý ZnO (běloba v malířství, příprava zásypů, mastí apod.) či tzv. bílá skalice (použití v lékařství, při galvanickém pozinkování, k impregnaci dřeva a kůže)
- **hlavní oblasti použití Zn – povrchová ochrana zejména ocelí**

Kovy se střední teplotou tání

Měď Cu

1083°C

Nikl Ni

1453°C

Mangan Mn

1244°C

- Cu je kov načervenalé barvy s výbornou tepelnou i elektrickou vodivostí, velmi dobrou tvárností za tepla i za studena – tvárnost si zachovává i při záporných teplotách
- má velmi dobrou korozní odolnost jak vůči atmosférickým vlivům tak i vůči řadě chemikálií
- má dobrou obrobiteľnosť a svařitelnost, špatnou slévatelnost
- Cu je po Fe a Al třetí nejpoužívanější kov
- hlavní oblasti použití Cu – v elektrotechnice - elektrovodný materiál, zařízení vystavená nízkým teplotám, střešní krytina, okapové žlaby, nádoby v potr. průmyslu, plátování ocelových plechů, ca 1/2 vyrobené Cu se používá k výrobě slitin, a to buď mosazí nebo bronzů

Budem probírat podrobněji

Kovy se střední teplotou tání

Měď Cu **1083°C**

Nikl Ni **1453°C**

Mangan Mn **1244°C**

- Ni je drahý bílý feromagnetický kov s velmi dobrou korozní odolností a dobrými mechanickými vlastnostmi i v čistém stavu
- významnou vlastností Ni je vysoká vrubová houževnatost i při nízkých teplotách
- hlavní oblasti použití Ni – asi 60 % Ni se spotřebuje jako přísada do slitinových ocelí, kde zvyšuje zejména vrubovou houževnatost při nízkých teplotách, v elektrotechnice se Ni využívá pro baterie, regulační odpory či odporové teploměry, jako konstrukční materiál se používá pro ventilová sedla či součásti parních armatur, asi 25% spotřeby představují vlastní Ni slitiny – mince, slitiny žárovzdorné a žárovevné, šperky (pozor na kontaktní alergie), katalyzátory
- 1/4 světové produkce niklu, je z kanadské Sudbury



Kovy se střední teplotou tání

Měď Cu 1083°C

Nikl Ni 1453°C

Mangan Mn 1244°C

- Mn je kov šedé barvy, tvrdý a křehký, V přírodě se mangan vyskytuje prakticky vždy současně s rudami železa. (Krušné hory) Oxid manganičitý = burel – ve sklářství.
 - na vzduchu rychle oxiduje, rozpouští se v kyselinách, rozkládá vodu
 - hlavní oblasti použití Mn – většina Mn se spotřebuje jako přísada do ocelí – jedná se o jednu z nejběžnějších přísad většinou u levných legovaných ocelí, kde působí především na zvýšení pevnosti
 - Mn bývá často součástí železné rudy, proto se dostává přirozeně do oceli ě jako Si, P či S
- Pozn.: Zatímco Mn a Si jsou v určitých množstvích považovány při výrobě oceli za užitečné příměsi, P a S jsou považovány za příměsi škodlivé. Obsah Mn nebo Si, spolu s rychlostí ochlazování, je zároveň rozhodující pro to, zda proběhne krystalizace podle stabilního či metastabilního diagramu soustavy Fe – C.*

Kovy s vysokou teplotou tání

1907°C

Chrom Cr

2610°C

Molybden Mo

3345°C

Wolfram W

- Cr je bílý kov s nádechem do modra, lesklý a tvrdý, na vzduchu je velmi stálý
- sloučeniny Cr jsou jedovaté a zpravidla výrazně zabarvené, proto se často používají jako barviva
- hlavní oblasti použití Cr –přísada do tzv. korozivzdorných ocelí (oceli používané v chemicky agresivním prostředí) – aby se však ocel dala označit jako korozivzdorná musí teoreticky obsahovat více než 11,5% Cr (prakticky více než 14% Cr)
- v menších množstvích zvyšuje Cr výrazně prokalitelnost ocelí, další použití Cr je galvanické pokovování různých součástek a předmětů, které jsou takto chráněny před oxidací a mají hladký a lesklý povrch
- Je poměrně lehký – $7,1 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$,
- Teplota tání 1857°C



Kovy s vysokou teplotou tání

1907°C

Chrom Cr

2610°C

Molybden Mo

3345°C

Wolfram W

- Mo je tvrdý, křehký kov, chemicky stálý, s vysokou teplotou tání (2617°C)
- hlavní oblasti použití Mo – nejvíce Mo se spotřebuje při výrobě ocelí, kde působí na zvýšení žárovevnosti, prokalitelnosti, korozní odolnosti atd., Mo se využívá také k výrobě slinutých karbidů pro řezné nástroje, v elektrotechnice na kontakty
- Používá se jako součást magneticky měkkých slitin, na rentgenové lampy, odporové materiály ve vakuu pro teploty 1600 až 2000°C, jeho dobrá odolnost proti korozi se využívá při výrobě armatur, míchadel a nádob v chemickém průmyslu



Kovy s vysokou teplotou tání

1907 °C

Chrom Cr

2610 °C

Molybden Mo

3345 °C

Wolfram W

- W má podobné vlastnosti jako Mo, jeho teplota tání je nejvyšší mezi kovy (3345 °C, hustota 19,3 g / cm³) je velmi vysoká, blízká zlatu
- tvoří velmi tvrdé a stálé karbidy
- hlavní oblasti použití W – je typickým přísadovým kovem u nástrojových ocelí, zejména pak u tzv. rychlořezných ocelí (zvyšuje odolnost proti otěru a řezivost nástroje), dále se používá u ocelí pro práci za vyšších teplot a u ocelí s vysokou tvrdostí
- W se používá rovněž pro kontakty s dobrou odolností proti opotřebení, pro vlákna žárovek, elektronky, speciální lampy, svařovací elektrody, topné odpory vakuových pecí pro vysoké teploty apod.
- prášková metalurgie – slinuté karbidy wolframu – řezné nástroje

Kovy s vysokou teplotou tání

1907°C

Chrom Cr

2610°C

Molybden Mo

3345°C

Wolfram W



LEHKÉ kovy

Hliník Al

660 °C

Hořčík Mg

650 °C

Titan Ti

1668 °C

- Al je stříbrobílý, lehký a tvárný kov, dobrý vodič el. proudu a tepla
- Al je nejrozšířenější kov v zemské kůře a spotřebou druhý po Fe
- Čistý Al se na povrchu slučuje s kyslíkem (tenký povlak Al_2O_3)
- pro výrobu Al je nejvýznamnější ruda bauxit, což je v podstatě Al_2O_3 s neurčitým obsahem vázané vody
- hlavní oblasti použití Al – elektrotechnický průmysl (elektrovodný materiál, kondenzátory), chemický a potravinářský průmysl (využívá se dobrá tepelná vodivost a odolnost proti korozi v kyselém prostředí), obaly a ochranné povlaky, velká část Al se spotřebuje při výrobě slitin Al (slitiny k tváření a slévárenské slitiny se širokým použitím zejména v automobilovém a leteckém průmyslu)

✓ Probereme podrobněji



LEHKÉ kovy

Hliník Al **660 °C**

Hořčík Mg **650 °C**

Titan Ti **1668 °C**

- Mg je nejlehčí z konstrukčních kovů, za studena špatně tvárný
- zejména při vyšších teplotách je velmi reaktivní a jeho výroba a zpracování jsou tudíž obtížné
- hlavní oblasti použití Mg – redukční činidlo při výrobě Ti, modifikátor při výrobě tvárné litiny, přísada do slitin Al (slitiny s dobrou pevností a odolností proti korozi), vlastní slitiny Mg (zejména slévárenské slitiny pro automobilový a letecký průmysl, kde se používají v omezené míře jako náhrada slitin Al)
- Příklad: Plech z hořčíkové slitiny je
 - o 75 % lehčí než ocel,
 - o 60 % lehčí než titan a
 - o 33 % lehčí než hliník

http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/matlet/Slitiny_Mg.pdf



LEHKÉ kovy

Hliník Al 660°C

Hořčík Mg 650°C

Titan Ti 1668°C

- Ti je nemagnetický polymorfní kov, význam vzrostl po II. světové válce
- hlavní výhody Ti - nízká měrná hmotnost a zároveň vysoká pevnost (měrná pevnost je stejná nebo i vyšší než u ocelí), dobrá vrubová houževnatost i za nízkých teplot a dobrá odolnost proti korozi
- hlavní nevýhoda Ti - obtížné zpracování, způsobené hlavně vysokou reaktivitou Ti za teplot nad 700°C , Ti má i horší obrobiteľnosť, slévateľnosť a svařitelnost
- hlavní oblasti použití Ti – chemický, papírenský a textilní průmysl (odolnost proti Cl a jeho sloučeninám), součásti lodí (výborná odolnost proti mořské vodě), letecký a automobilový průmysl, zdravotní nezávadnost Ti - použití v potravinářském a farmaceutickém průmyslu, **v chirurgii** (nástroje, šrouby, implantáty), slitiny Ti (používají se zpravidla tehdy, nevyhovují-li slitiny Al), spotřební zboží

LEHKÉ kovy

Hliník Al **660 °C**

Hořčík Mg **650 °C**

Titan Ti **1668 °C**



Titanová protéza s
keramickou hlavou a
polethylenovou jamkou

Zdroj: Wikimedia Commons
Autor: Nuno Nogueira



<https://www.zahimplantate-arztsuche.de/assets/images/iStock-1227284102.jpg>

https://www.hodinky-365.cz/dokumenty/upload/clanky_auto/citizen-promaster-sky-eco-drive-titanium-cb5850-80e-185664-267580_860.jpg

https://1gr.cz/fotky/idnes/20/102/cl5/ERP86c01e_13_YF_12A.jpg

Ušlechtilé kovy

1063°C
Zlato Au



960°C
Stříbro Ag

1773°C
Platina Pt

- Au je kov žluté barvy – je nejznámější z ušlechtilých kovů, dříve využíváno i jako platidlo, nejcennější kov ve šperkařství
- je výborným vodičem elektrického proudu a tepla, není příliš pevné, je velmi tvárné (za studena jej lze vytepat na fólii o tloušťce až 0,0001 mm)
- má vynikající korozní odolnost – po Pt je Au chemicky nejodolnějším kovem
- Má vysokou měrnou hmotnost – $19\,200\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- hlavní oblasti použití Au – elektrotechnický průmysl (vodiče, zlacené kontakty), šperkařství, slitiny Au (využití rovněž v elektrotechnickém průmyslu a ve šperkařství)



Ušlechtilé kovy

1063°C
Zlato Au

960°C
Stříbro Ag

1773°C
Platina Pt

- Ag je kov bílé barvy s velmi dobrou korozní odolností, antibakteriální
- má **nejlepší tepelnou a elektrickou vodivost ze všech kovů**
- známá je sloučenina dusičnan stříbrný AgNO_3 , která se využívá v lékařství a dříve ve fotografickém průmyslu (fotocitlivá vrstva)
- hlavní oblasti použití Ag – elektrotechnický průmysl (vodiče, pojistky, kontakty), šperkařství, ochranné vrstvy na součástech pro chemický průmysl, slitiny Ag (využití v elektrotechnickém průmyslu a jako tvrdé pájky), dříve platidlo



Ušlechtilé kovy

1063°C
Zlato Au

960°C
Stříbro Ag

1773°C
Platina Pt

- Pt je hlavním představitelem skupiny tzv. platinových kovů (Pt, Pd, Rh, Ir, Os)
- Pt je charakteristická především vysokou chemickou stálostí a odolností proti oxidaci za vysokých teplot – je ze všech kovů chemicky nejodolnější
- hlavní oblasti použití Pt – elektrotechnický průmysl (speciální elektronky, kontakty, potenciometry, elektrody zapalovacích svíček), laboratorní kelímky a misky, trysky k výrobě skelných a syntetických vláken, katalyzátor v chemickém či farmaceutickém průmyslu, slitiny Pt (topné spirály, termočlánky)



Hliník

Jak si představit hliník, když se „odstěhoval do Humpolce“?



Citát z komedie Zdeňka Svěráka a Ladislava Smoljaka *Marečku, podejte mi pero!*

PROČ HLINÍK ???



MICHNA, Š., et al. Encyklopedie hliníku. Prešov : Adin, 2005. 701 s. ISBN 80-89041-88-4.

https://technologystudent.com/despro_3/aluminium1.html, https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/v-zari-konci-padesatniky-nektere-zbozi-podrazi.A080806_082414_ekonomika_fih

Slitiny Al

Oxidy Al

Periodická soustava prvků

1	1,0079 1H 2,20 Vodík	2 II. A											13 III. A	14 IV. A	15 V. A	16 VI. A	17 VII. A	4,00 2He Helium
2	6,94 3Li 0,97 Lithium	9,01 4Be 1,50 Berylium	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div style="background-color: #f8d7da; padding: 2px;">alkalické kovy</div> <div style="background-color: #fff3cd; padding: 2px;">kovy alkalických zemin</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">přechodné kovy</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">kovy</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">polokovy</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">nekovy</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">halogeny</div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 2px;">vzácné plyny</div> </div>										10,81 5B 2,01 Bor	12,01 6C 2,50 Uhlík	14,01 7N 3,10 Dusík	16,00 8O 3,50 Kyslík	19,00 9F 4,10 Fluor	20,18 10Ne Neon
3	22,99 11Na 1,00 Sodík	24,31 12Mg 1,20 Hořčík	3 III. B	4 IV. B	5 V. B	6 VI. B	7 VII. B	8 VIII. B	9 VIII. B	10 VIII. B	11 I. B	12 II. B	26,98 13Al 1,50 Hliník	28,09 14Si 1,70 Křemík	30,97 15P 2,10 Fosfor	32,06 16S 2,40 Síra	35,45 17Cl 2,80 Chlor	39,95 18Ar Argon
4	39,10 19K 0,91 Draslík	40,08 20Ca 1,00 Vápník	44,96 21Sc 1,20 Skandium	47,88 22Ti 1,30 Titan	50,94 23V 1,50 Vanad.	52,00 24Cr 1,60 Chrom	54,94 25Mn 1,60 Mangan	55,85 26Fe 1,60 Železo	58,93 27Co 1,70 Kobalt	58,69 28Ni 1,70 Nikl	63,55 29Cu 1,70 Měď	65,38 30Zn 1,70 Zinek	69,72 31Ga 1,80 Gallium	72,61 32Ge 2,00 Germanium	74,92 33As 2,20 Arsen	78,96 34Se 2,50 Selen	79,90 35Br 2,70 Brom	83,80 36Kr Krypton
5	85,47 37Rb 0,89 Rubidium	87,62 38Sr 0,99 Stroncium	88,91 39Y 1,10 Yttrium	91,22 40Zr 1,20 Zirkonium	92,91 41Nb 1,20 Niobium	95,94 42Mo 1,30 Molybden	~98 43Tc 1,40 Technecium	101,07 44Ru 1,40 Ruthenium	102,91 45Rh 1,40 Rhodium	106,42 46Pd 1,30 Palladium	107,87 47Ag 1,40 Stříbro	112,41 48Cd 1,50 Kadmium	114,82 49In 1,50 Indium	118,71 50Sn 1,70 Cín	121,75 51Sb 1,80 Antimon	127,60 52Te 2,00 Tellur	126,90 53I 2,20 Jod	131,29 54Xe Xenon
6	132,91 55Cs 0,86 Cesium	137,33 56Ba 0,97 Barium		178,49 72Hf 1,20 Hafnium	180,95 73Ta 1,30 Tantal	183,85 74W 1,30 Wolfram	186,21 75Re 1,50 Rhenium	190,20 76Os 1,50 Osmium	192,22 77Ir 1,50 Iridium	195,08 78Pt 1,40 Platina	196,97 79Au 1,40 Zlato	200,59 80Hg 1,40 Rtuť	204,38 81Tl 1,40 Thallium	207,20 82Pb 1,50 Olovo	208,98 83Bi 1,70 Bismut	~209 84Po 1,80 Polonium	~210 85At 1,90 Astat	~222 86Rn Radon
7	~223 87Fr 0,86 Francium	226,03 88Ra 0,97 Radium		~267 104Rf Rutherfordium	~268 105Db Dubnium	~269 106Sg Seaborgium	~270 107Bh Bohrium	~269 108Hs Hassium	~278 109Mt Meitnerium	~281 110Ds Darmstadtium	~281 111Rg Roentgenium	~285 112Cn Copernicium	~286 113Nh Nihonium	~289 114Fl Flerovium	~288 115Mc Moscovium	~293 116Lv Livermorium	~294 117Ts Tennessine	~294 118Og Oganesson

HLINÍK – Aluminium - Al

V přírodě:

- ✓ třetím nejrozšířenějším prvkem v zemské kůře
- ✓ vázán ve sloučeninách (např. s **kyslíkem**, křemíkem, sodíkem, železem, titanem atd.)
- ✓ ve více než 250 různých minerálech

1. Al_2O_3 - korund, safír

2. Al - O - Si - jílové minerály =

aluminosilikáty – kaolinit, montmorilonit atd.)



Ve strojařině

Hliník v oxidované formě – Al - O

Al_2O_3 – oxid hlinitý - krystaluje v několika modifikacích (korund, β , γ , boehmit, gibbsit atd.)

Nejznámější minerál Al_2O_3
(krystalizuje v klencové soustavě)

**Polykrystalická
struktura**

= KORUND

Monokrystal

= SAFÍR

Hliník v oxidované formě – Al - O

Al₂O₃ – minerál - korund

Polykrystalická struktura

2. Nejtvrdší minerál na Mohsově stupnici tvrdosti

Výroba syntetických - brusné nástroje, řezné destičky neprůstřelné desky, armatury, biokeramika...



armatury



Hliník v oxidované formě – Al - O

Al₂O₃ – monokrystal - SAFÍR

drahokamy

SAFÍR (s Ti, Fe)

RUBÍN (s Cr)

Šperky, 1. laser z rubínu

syntetický safír

sklíčko hodinky,
neprůstřelné sklo,
technická safírová sklíčka



Laser s krátkými
pulsy
(< 50 fs) ze safíru



Hliník v oxidované formě – Al – O - Si

HLINITOKŘEMIČITANY

jílové minerály = aluminosilikáty



Vývoj GEOPOLYMERNÍCH MATERIÁLŮ

!!! Probíhá výzkum na TUL – KMT!!!!

- geopolymerní vazby Si-O-Al
 - ✓ **Tepelná odolnost do 1100°C**
 - ✓ **Žádné jedovaté zplodiny při požáru**
 - ✓ **Nízká cena**

Hliník v oxidované formě – Al – O - Si

POUŽITÍ - GEOPOLYMERNÍ MATERIÁL

Slévárny - nálitky



3D tisk



Nehořlavé lamináty



*Ještě bude probíráno v přednáškách
07 Keramika a
08 Geopolymery*

Kovový HLINÍK - Al

- Surovinou pro výrobu hliníku je minerál bauxit, v čistém stavu oxid hlinitý
- **1825 - Poprvé se podařilo extrahovat čistý hliník v Dánsku – velmi drahé (dražší než zlato)**
- **1886 – patent - výroba elektrolýzou – (dodnes)**
Z taveniny bauxitu se elektrolyticky získává kovový hliník
- od 1890 zahájena výroba v průmyslovém měřítku
- **Výroba Al dodnes velmi energeticky náročná**
- **1906 – německý ing. Wilm**
patent na dural (Al-Cu-Mg)

Kovový HLINÍK - Al

- Těžba ročně až 130 milionů tun bauxitu
- Hliník může být vyráběn i v práškové formě čistoty min. 99%



<http://www.sweb.cz>

4 - 6 tun bauxitu



1 tuna Al

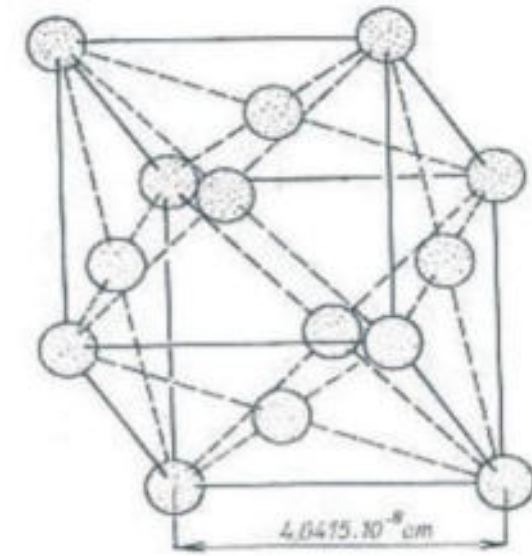


<http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>



<https://cs.wikipedia.org/wiki/Hliník>

Čistý HLINÍK – Al



- Je stříbrobílý, lehký a tvárný kov
- Spotřebou 2. nejvýznamnější po Fe
- **Kubická, plošně centrovaná mřížka**
- **Nízké mechanické vlastnosti , vysoká tažnost**
- **Velmi dobrá korozní odolnost !!! schopnost tzv. pasivace, do cca 10 nm se vytvoří zoxidovaná vrstva Al₂O₃**

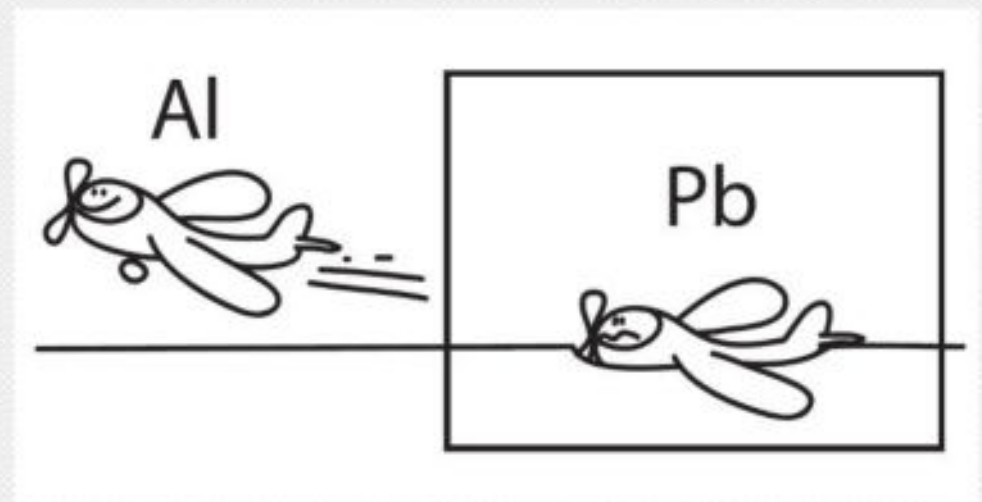
Odolává dobře mořské vodě, neutrálním nebo oxidačním roztokům solí a koncentrované kyselině dusičné

- **Teplota tání 660 °C**
- **Hustota 2.7 g/cm³ (ocel 7,8 g/cm³)**
- **Nízká tvrdost**
- **Velmi dobrá elektrická a tepelná vodivost (asi 60 % el. vodivosti Cu)**
- Technický Al má čistotu 99 – 99,999 %

ELOXOVÁNÍ

SLITINY HLINÍKU

- Čistý hliník - není vhodný pro konstrukční účely z důvodu nízké pevnosti
- Proto použití slitin s dalšími legujícími prvky, které zvyšují mechanické i technologické vlastnosti.
- Hlavní přísadové prvky: křemík (Si), hořčík (Mg), měď (Cu)
a dále **zinek, mangan, lithium...**
- Hliníkové slitiny rozdělujeme na **slévárenské slitiny**
a **slitiny ke tváření**
- Hlavně pro letecký a automobilový průmysl



POUŽITÍ HLINÍKU

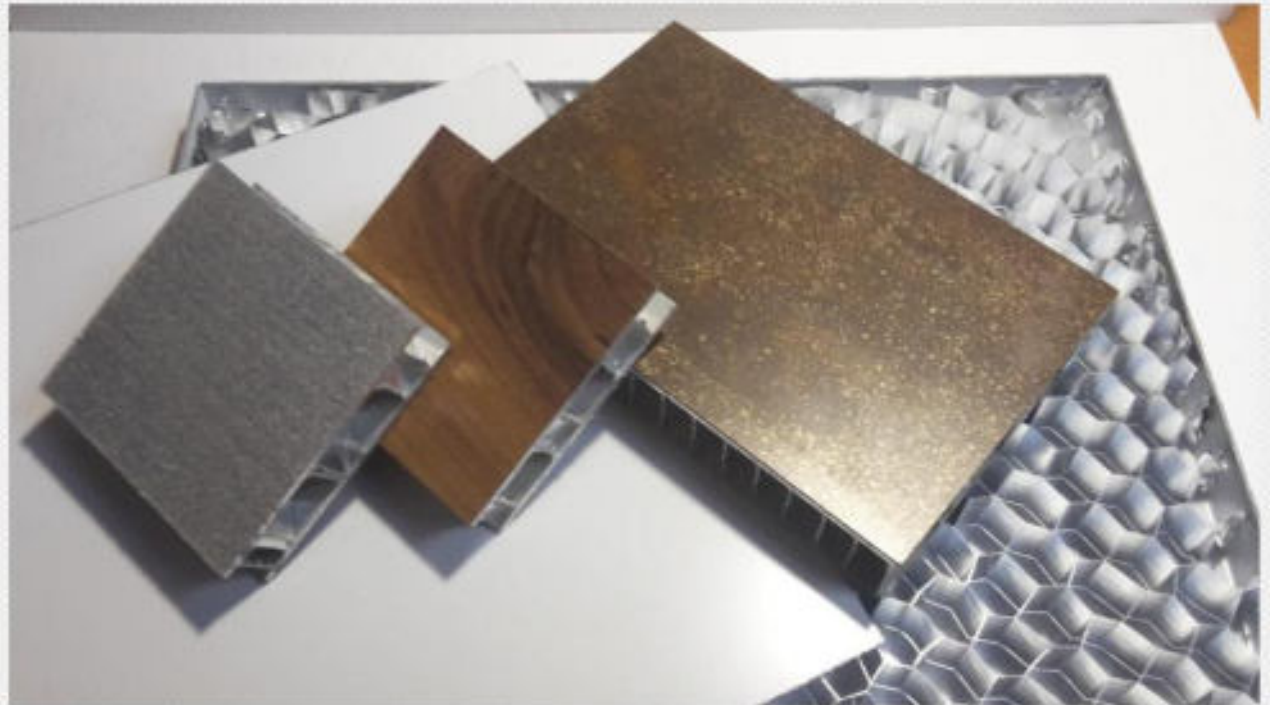
- ✓ **Strojírenství** (odlitky, konstrukční součástky, různé profily, plechy, desky atd.)
- ✓ **Stavebnictví** (fasádní profily, profily pro výrobu dveří a oken)
- ✓ **Potravinářský průmysl** (obalový materiál alobal)
- ✓ **Elektrotechnika** (kabely, dráty)
- ✓ **Dopravní průmysl – hl. Automobilový a Letecký průmysl** (slitiny na bázi Al-Li)
- ✓ **Chemický průmysl**
- ✓ **Energetický průmysl a mnoha dalších**
- ✓ Speciální použití: **hliníkové pěny, voštiny**

POUŽITÍ HLINÍKU

- ✓ Speciální použití: **hliníkové pěny, voštiny**



https://cs.wikipedia.org/wiki/Kovová_pěna



<https://www.kovokocum.cz/vostinove-desky/#a20170319-082831-jpg>

Al pěny - Materiál si zachovává mechanické vlastnosti kovu, velikosti a podílu pórů (až 85 %) hustota 0,2 - 1,5 kg/dm³, vyrábí se z kovových prášků ve směsi s nadouvadlem. Použití - výplně a zpevnění absorberů nárazu, konstrukční díly karoserií, sendvičové a deskové díly v konstrukci automobilů, izolační stavební panely, neprůstřelné pancíře, lodě

SLITINY HLINÍKU

Slévárenské slitiny
- hlavně slitiny Al-Si (siluminy)
- Al-Si-Mg, Al-Si-Cu
- Al-Si-Cu-Ni, Al-Cu, Al-Mg.

podeutektické
4,5 - 10 % Si

eutektické
10 - 13 % Si

nadeutektické
nad 13 % Si

Slitiny určené k tváření

vytvrditelné

Al-Cu-Mg

Al-Mg-Si

Al-Zn-Mg

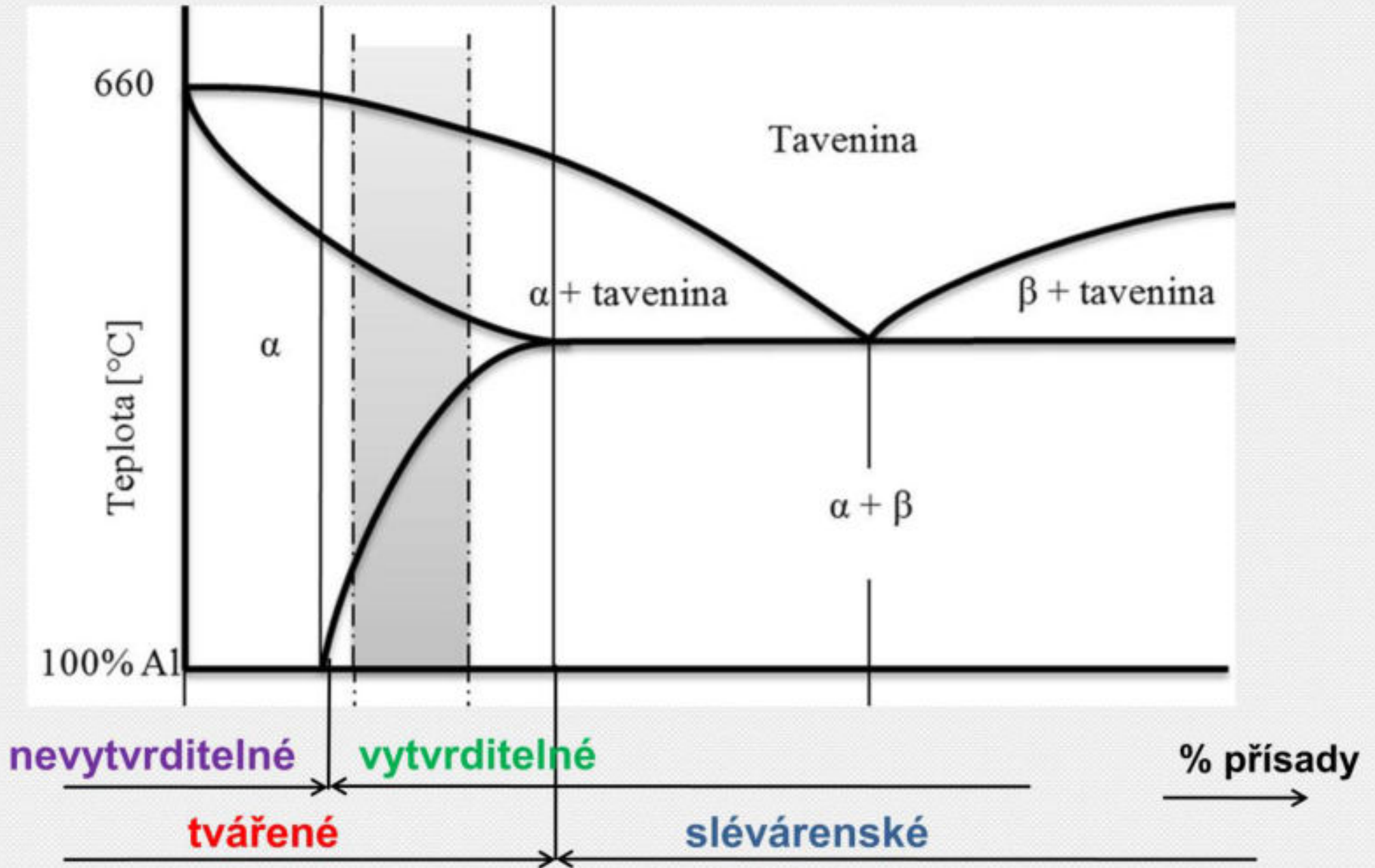
Al-Zn-Mg-Cu

nevytvrditelné

Al-Mg

Al-Mn

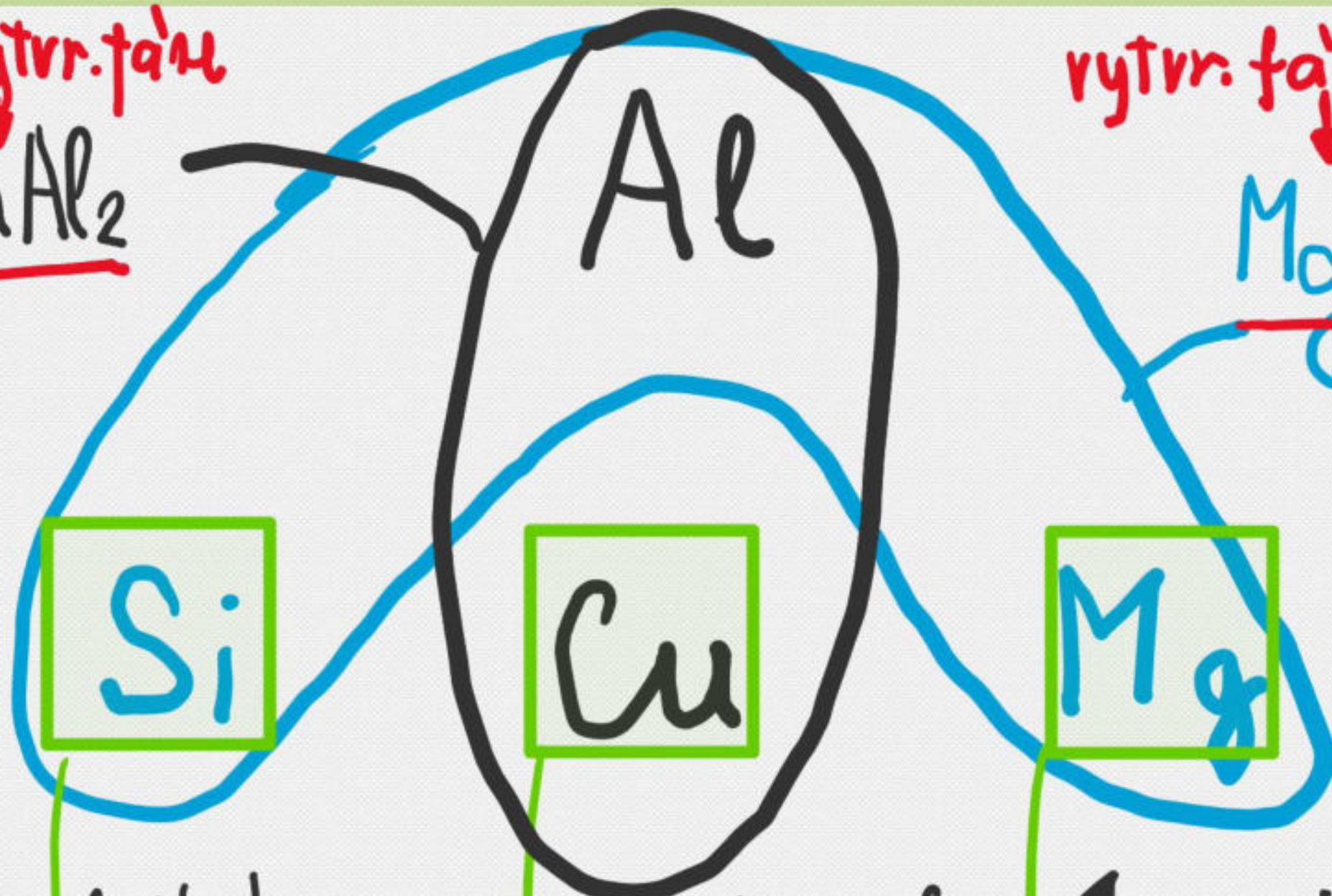
Slitiny HLINÍKU



Hlavní přísadové prvky slitin hliníku

vytvr. fáze
↓
CuAl₂

vytvr. fáze
↓
Mg₂Si



↑ slévár.
vlast

↑ pevnost za tepla
↓ korozivzdornost

↑ pevnost
↑ korozivzdornost

Hlavní přísadové prvky slitin hliníku

Křemík (Si)

- ✓ hlavní legující prvek u hliníkových slitin
- ✓ **zlepšuje většinu slévárenských vlastností.**
- ✓ příznivě ovlivňuje zabíhavost, otěruvzdornost
- ✓ snižuje teplotní roztažnost.
- ✓ zvyšuje pevnost a korozivzdornost odlitků
- ✓ s rostoucím obsahem křemíkové fáze **stoupá tvrdost a klesá tvárnost** slitiny.
- ✓ slitiny tvářené obsahují do 1 % Si, oproti tomu slitiny slévárenské obsahují až 25 % Si.

Hlavní přísadové prvky slitin hliníku

Měď (Cu)

- ✓ S hliníkem tvoří intermetalickou fází CuAl_2 , která **umožňuje precipitační vytvrzování** a je nejúčinnější při obsahu 4 – 6 % mědi.
- ✓ **Cu snižuje korozivzdornost** a tvárnost, ale **zvyšuje pevnost, tvrdost a obrobitelnost**.
- ✓ Ve tvářených slitinách bývá její obsah max. 6 %, ve slévárenských do 12 %.

Hlavní přísadové prvky slitin hliníku

Hořčík (Mg)

- ✓ **hořčík umožňuje precipitační vytvrzování Al-Si** slitin po tepelném zpracování
- ✓ **vytváří intermetalickou fázi Mg_2Si .**
- ✓ zlepšuje pevnost, vytvrditelnost slitin a odolnost proti korozi.
- ✓ ve tvářených slitinách až do 8 %, ve slévárenských až do 11 %. Obsah se ale většinou pohybuje v rozmezí 0,3 – 0,7 %.

Slévárenské slitiny Al

- Větší množství přísadových prvků
- Jsou určeny k výrobě tvarových odlitků litím do písku, do kovových forem gravitačně nebo tlakově
- Mechanické hodnoty odlitků značně závisí na složení i způsobu odlévání, max. pevnost v tahu bývá asi **250 MPa**
- Hlavním přísadovým prvkem je křemík Si

- **slitiny Al – Si – siluminy**
- **slitiny Al – Cu – duraluminium**
- **slitiny Al – Mg – hydronalium**

Gravitační lití siluminů



Tvářené slitiny Al

- obsah legujících prvků obvykle v rozsahu tuhého roztoku
- **obsah legujících prvků < 10%.**

1. s korozní odolností

2. s vysokou pevností

- Pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy

1. Tvářené slitiny Al s korozní odolností

➤ slitiny soustav Al-Mg a Al-Mn

Slitiny Al-Mg

- nevytvrzují se,
- **výborná odolnost proti korozi, zejména v mořské vodě**
- významný konstrukčním materiálem i ve strojírenství a chemii

Slitiny Al-Mg-Si - lze vytvrdit (Mg_2Si),

- dobře tvárné a svařitelné
- dobrá korozní odolnost a schopnost povrchových úprav
- použití v letectví a stavebnictví

Al-Mn

- náhrada za čistý hliník tam, kde jsou požadavky vyšší pevnosti i dobré chemické odolnosti

2. Tvářené slitiny Al s vysokou pevností

Slitiny Al-Cu-Mg – DURALY

- nejstarší a nejpoužívanější vytvrzovaná slitina hliníku (CuAl_2)
- Vysoké pevnosti po vytvrzení tepelným zpracováním (až **$R_m = 530 \text{ MPa}$**)
- Vytvrzení - přirozeným stárnutím po rozpouštěcím žíhání při teplotách $490 - 520^\circ\text{C}$
- výhoda - přirozené stárnutí
- Nevýhoda - malá odolnost proti korozi
- V automobilovém průmyslu jsou používány zejména slitiny **AlCu_4Mg a AlCu_4Mg_1** .

2. Tvářené slitiny Al s vysokou pevností

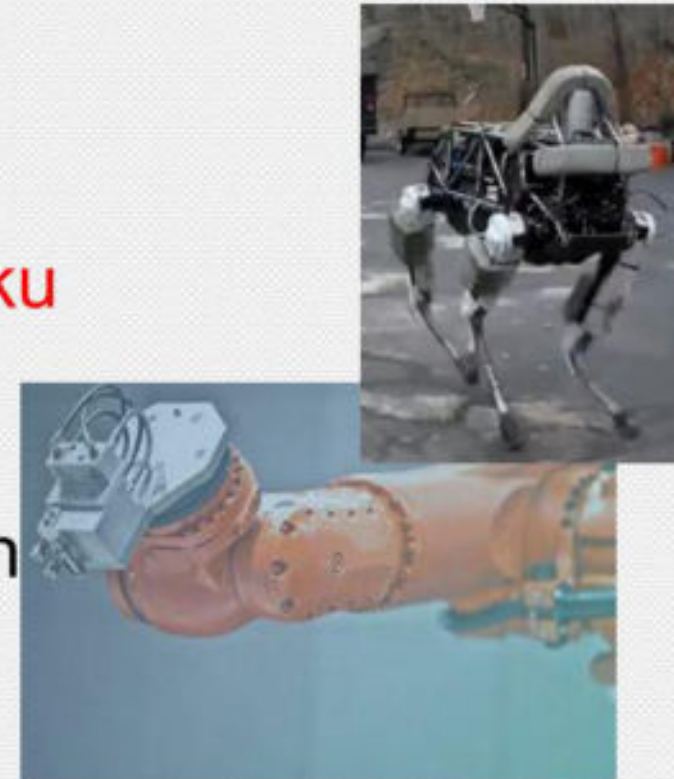
Ni - zvyšuje pevnost, zejména za zvýšených teplot,

- obsah 1 až 2 % v kombinaci s Cu, popř Mg,
- použití - výkovky pracující za tepla

Slitiny Al-Zn-Mg-Cu – nejpevnější slitiny hliníku

**Certal - EN AW 7022 [AlZn5Mg3Cu] –
použití v letectví, upínací části robotika ...**

velmi dobré mechanické vlastnosti i ve svarech
(slitina AlZn6Mg2Cu **po TZ až 580 MPa**).



Slitiny Al-Li - Li je vysoce reaktivní prvek, snadno oxidující na vzduchu - slitiny taveny a odlévány v ochranné atmosféře argonu nebo ve vakuu

hlavní přínos - **o 5 až 10 procent nižší hmotnost**

zvýšený modul pružnosti v tahu

pevnost v tahu jako dural

Označování slitin hliníku

• Původní podle ONZ

– Z + číslo ČSN

Z 42 4201, Z 42 4400, ...

– 42 42xx, 42 44xx – tvářené

– 42 43xx, 4245xx – pro odlitky

– Základní stavy tvářených slitin

- Doplnkové dvojčíslí za tečkou
- 01 – tvářený za tepla
- 15 – měkký (zaručená Rp0,2)
- 25 – polotvrký
- 35 – tvrdý
- 61 - vytvrzený za studena
- 71 – vytvrzený za tepla
- 72 – tvářený za studena po R.Ž. + vytvrzený za tepla

– Stav slitin pro odlitky

- 0X - bez TZ
- 1X – žíhaný
- 4X – vytvrzený za tepla

• Podle leteckých ČSN EN

– Tvářené: AL-P XXXX

1 – čistý hliník

2 – Cu

3 – Mn

4 – Si

5 – Mg

6 – Si + Mg

7 – Zn

8 – jiný prvek (Li)

– Lité: AL-C XXXXX

– Základní stavy tvářených slitin

• Deformačně zpevněný

H1X, H2X

• Tepelně zpracovaný

W – po rozpouštěcím žíhání

T3 – R.Ž. + tvářený za studena
+ přirozené stárnutí

T4 – R.Ž. + přirozené stárnutí

T6 – R.Ž. + umělé stárnutí

T7 - R.Ž. + přestárnutí

T8 - R.Ž. + tvářený + umělé st.

Označování hliníku a slitiny hliníku podle ČSN EN

Označování hliníku a slitin hliníku pro tvářeni podle ČSN EN 573- 1 až 3

Označování slitin hliníku na odlitky podle ČSN EN 1706

řada

1000 – Al minimálně 99,00% a více

2000 – slitina AlCu

3000 – slitina AlMn

4000 – slitina AlSi

5000 – slitina AlMg

6000 – slitina AlMgSi

7000 – slitina AlZn

8000 – slitina Al s různými prvky

Slitiny hliníku – řada 2000 – AlCu

Označení slitin podle ČSN EN 573-3		Označení slitin podle ČSN		Označení slitin podle DIN 1725-1	
číselné značení	chemické značení	číselné značení	chemické značení	číselné značení	chemické značení
EN AW-2007	EN AW-Al Cu4PbMgMn	-	-	3.1645	AlCuMgPb
EN AW-2011	EN AW-Al Cu6BiPb	-	-	3.1655	AlCuBiPb
EN AW-2014	EN AW-Al Cu4SiMg	-	-	3.1255	AlCuSiMn
EN AW-2017A	EN AW-Al Cu4MgSi(A)	ČSN 42 4201	AlCu4Mg	3.1325	AlCuMg1
EN AW-2024	EN AW-Al Cu4Mg1	ČSN 42 4203	AlCu4Mg1	3.1355	AlCuMg2

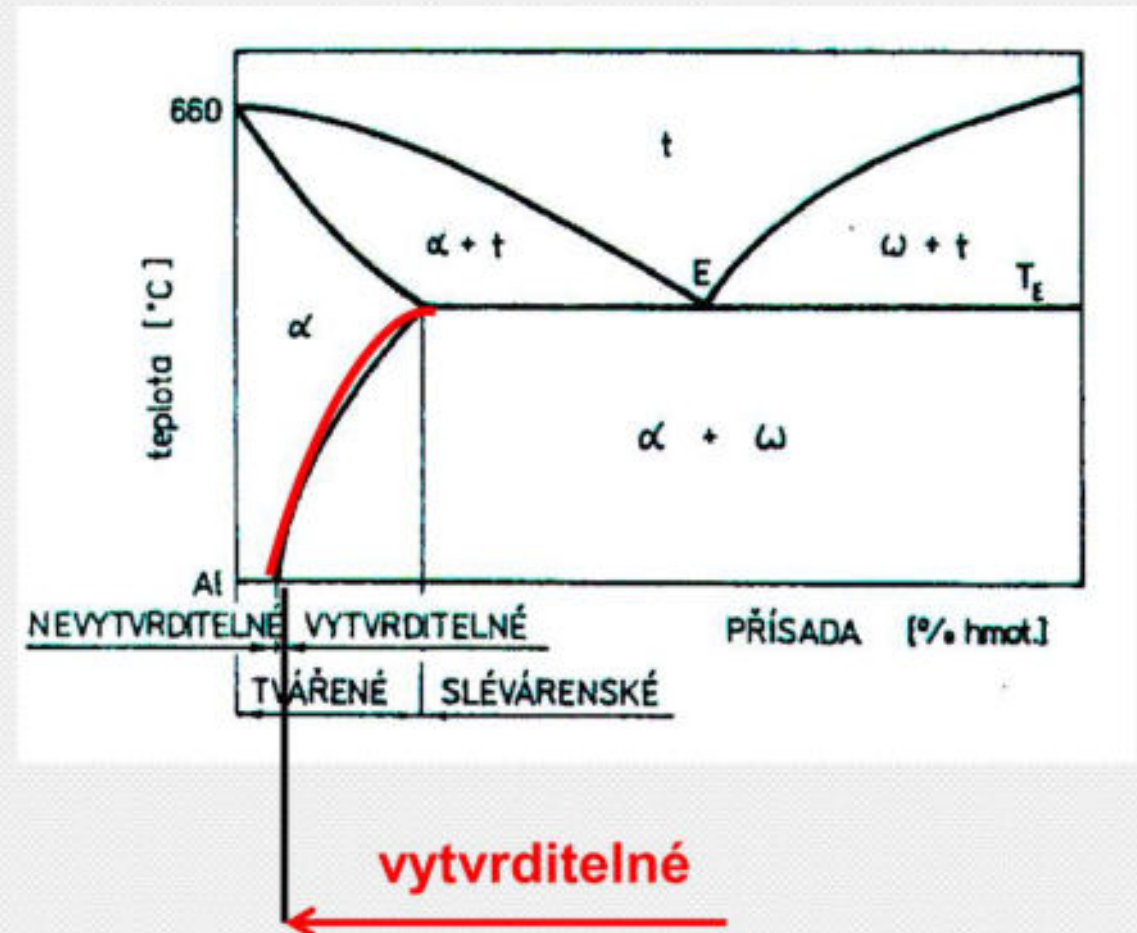
Tvářené slitiny hliníku

Typ	Slitina	R_m (MPa)	Významné vlastnosti	Hlavní použití
Nevytvrzovatelné	AlMn1	110 až 200	Odolnost proti korozi	Chemie, letectví
	AlMg3 AlMg5 AlMg7 AlMg4,5Mn1	200 až 400	Dobrá odolnost proti korozi i mořské vodě, leštitelnost, dobré mechanické vlastnosti	Potravinářství, chemie, stavba lodí
	AlMgSi0,5 AlMgSi1	100 až 200*) 280 až 330	Snadná zpracovatelnost, schopnost povrchových úprav, dobrá el. vodivost	Stavebnictví, elektrotechnika
	AlCu4Mg AlCu4Mg1	400 až 480	Nebezpečí koroze, obtížné svařování dobré únavové vlastnosti	Běžná slitina pro strojírenství a letectví
Vytvrzovatelné	AlCuMgPb	300 až 360	Schopnost obrábění na automatech	Běžné použití ve strojírenství
	AlCu2Ni	400 až 450	Dobré mechanické vlastnosti i za zvýšených teplot	Výkovky, písty, ojnice
	AlZn6MgCu AlZn5Mg2	450 až 550	Velmi dobré mechanické vlastnosti i ve svarech, stálost na vzduchu, nebezpečí koroze za napětí	Letectví, běžné konstrukce, dopravní prostředky, stavebnictví

*) Ve stavu tvářeném – nevytvrzeném.

Tepelné zpracování - vytvrzování

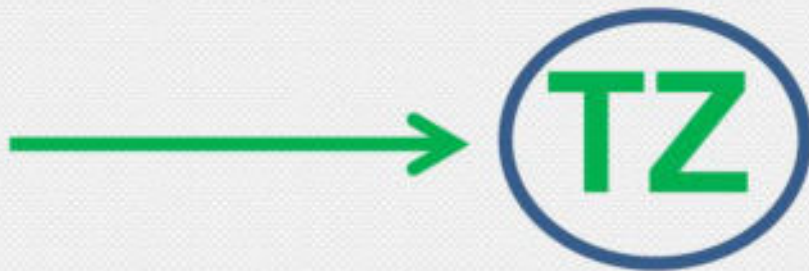
- Účele tepelného zpracování = získat určitý nerovnovážný stav struktury, který zajišťuje požadované vlastnosti výrobku.
- Vytvrzovat se dají pouze slitiny s chemickým složením pod **segregační čarou**.

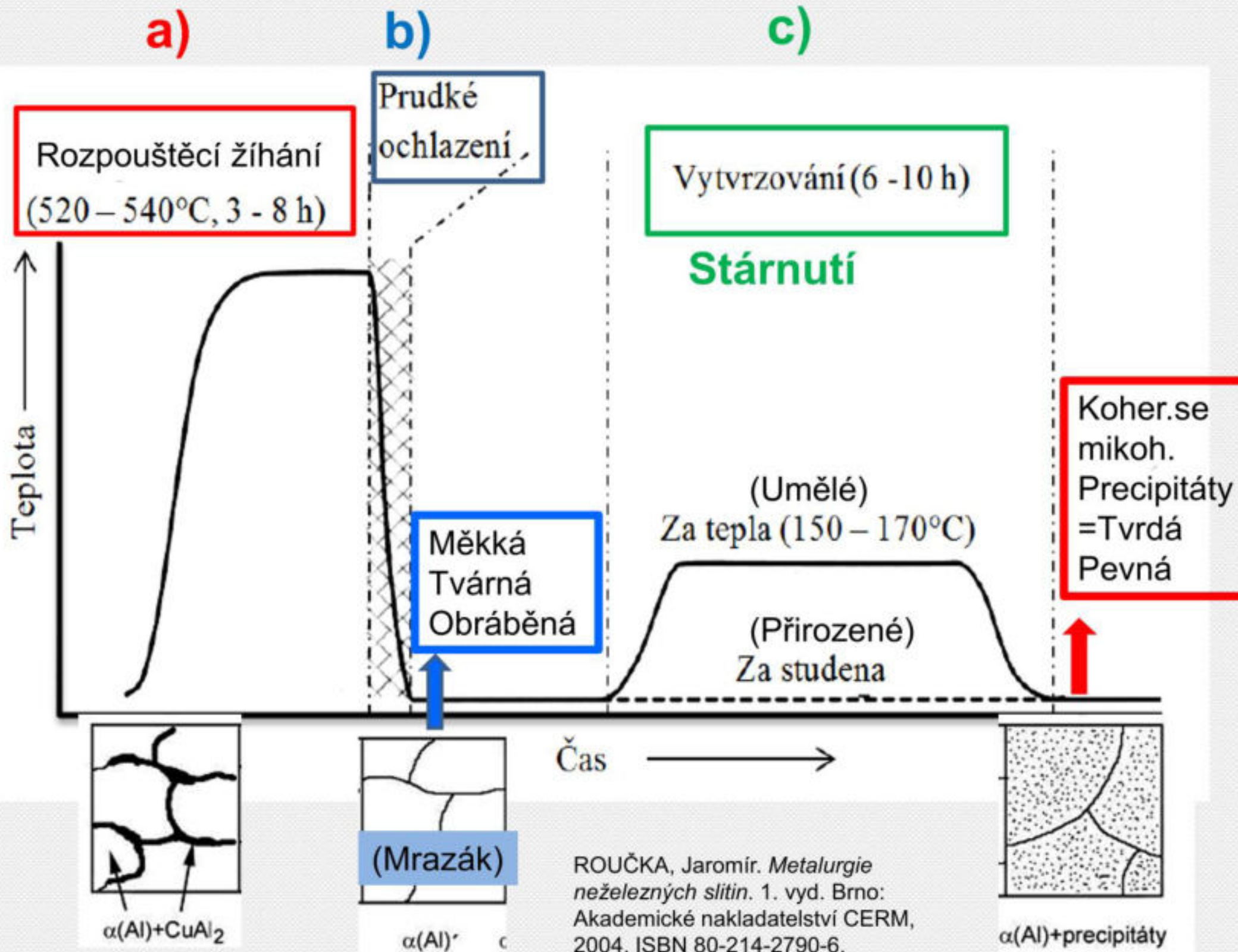


podmíněno výraznou změnou rozpustnosti legujícího prvku v tuhém roztoku $\alpha(\text{Al})$, mezi tyto prvky se řadí především **měď**, **hořčík** a dále zinek nebo nikl.

Tepelné zpracování – PROČ?

1. Při běžném ochlazování odlitku se začnou ve struktuře slitin vylučovat přísadové prvky jako rovnovážné intermetalické fáze, např. **CuAl₂**, **Mg₂Si**, **Ni₃Al** (*výjimka lité tenkostěnné odlitky do kokil – tam zůstává přesycený roztok*)
2. Tyto nově vzniklé fáze jsou hrubé a mají negativní vliv na mechanické vlastnosti slitin.





**Poznáte,
které auto
bylo z
hliníku 😊?**



www.hasicskelisty.sportovnilisty.cz/112/to-ridice-asi-opravdu-zamrzelo-kvuli-technicke-zavade-audi-kompletne-shorelo/

<https://www.regionzapad.cz/zpravodajstvi/jachymov-pozar-osobniho-vozidla-151515/>



MĚĎ a její slitiny



Doba bronzová 2100 – 750 př.n.l.

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/NatCopper.jpg>

<https://tempwebmiumusersrecovery.blob.core.windows.net/users/36108/assets/da5e2e6f5bdd3eb11d3d99cd1b6e3890/64.jpg>

https://www.praha12.cz/assets/Image.ashx?id_org=80112&id_obrazky=79224

<https://www.archeologiemusov.cz/img/muzeum/2/3.jpg>

MĚĎ a její slitiny

- Výskyt - v přírodě nejčastěji vázána na síru, k níž má velkou afinitu (nejběžnější je chalkopyrit – CuFeS_2 , dále bornit – Cu_3FeS_3). Dále se měď váže na kyslík – ty tvoří cca 15 až 20% těžby (např. kuprit Cu_2O). Ryzí měď - na Aljašce u Hořejšího jezera v Číně a Chile. Rudy obsahují cca 1 až 6 % Cu.
- Je načervenalé barvy
- Teplota tání $1083\text{ }^\circ\text{C}$, měrná hmotnost $8,9 \cdot 10^3 \text{kgm}^{-3}$
- Krystalizuje v mřížce krychlové, planicentrické
- Má vysokou elektrickou i tepelnou vodivost (6x vyšší než Fe)
- Velmi dobrou tvářitelnost, odolnost proti korozi, obtížnou obrobitelnost (lepší se na nástroj)
- Dobrá odolnost proti - v atmosféře se pokrývá vrstvou Cu_2O - červená barva, který další reakcí s atmosférou se mění na zásaditý siřičitan měďnatý – měděnku – zelená barva.

MĚĎ Cu



https://cdn.pixabay.com/photo/2019/10/03/13/43/patina-4523342_1280.jpg

<http://alumex.cz/assets/images/08-medene-strechy-580x436.png>

https://img.ceskestavby.cz/cache/1200x1200-1/i.ceskyinternet.cz/clanky/odstavce/22168-549337-1__0030.jpg

Druhy a použití mědi

Označení	ČSN	Obsah příměsí (max v %)	Použití
ECu 99,95 ECu 99,9	42 3002 42 3001	Rozhoduje el. vodivost	Pro elektrotechnické účely, v polygrafickém průmyslu
Cu 99,95	42 3102	Pb 0,005 O 0,02	Ve vakuové elektrotechnice
Cu 99,9	42 3103	Pb 0,04 O 0,08	Do slitin, elektrotechnické účely
Cu 99,85 Cu 99,75	42 3003 42 3004	Pb 0,03 O 0,01	Pro svařování, chemický a potravinářský průmysl
Cu 99,5	42 3005	Pb 0,1 O 0,1	Konstrukce ve strojírenství
Cu 99,2 As	42 3009	As 0,1 až 0,5	Odolná proti redukčním plynům za zvýšených teplot

SLITINY MĚDI ! odolné korozi!

MOSAZI

Cu + Zn

- Slitina mědi a zinku, případně dalších prvků
- Označuje se Ms X, kde X je obsah mědi ve slitině, případně CuZnX, kde X je obsah zinku.
- Mosazi tvoří asi 80% všech slitin mědi.

↙ k tváření
slévárenské

↙ dvousložkové
vícesložkové

BRONZI

Cu + cokoli
kromě Zn

Cu + Sn
+



MOSAZI k tváření

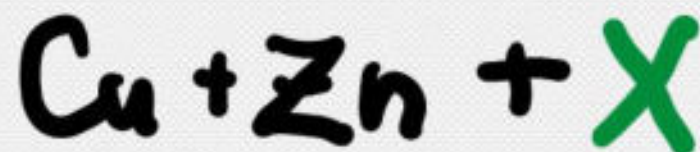
TOMBAKY



Cu+Zn s obsahem Cu 80 % a vyšším
použití - trubky, plechy, dráty..

tombak **červený** – Ms90;
tombak **střední – zlatý** – Ms85;
tombak **světlý** – Ms 80

Vícesložkové



Cínové – 0,5 až 1,5 % Sn, velmi dobrá
odolnost proti účinkům mořské vody –
součástí lodního zařízení

Manganové – 3 – 4% Mn, velmi dobré
mechanické a antikorozi vlastnosti –
lodní zařízení

Hliníkové – 3 – 3,5% Al, pevné, tvrdé a
korozi vzdorné

- **Niklové** – vysoká pevnost, odolnost proti korozi
ALPAKA = 14% Ni – bílá niklová mosaz (k hlubokému tažení) - imitace stříbra.
- **Křemíkové** mosazi – ca 3% Si, dobře tvářitelné za tepla i za studena,
- **Olověné** – dobrá obrobiteľnosť - poloautomatické mosazi (Ms58Pb, Ms63Pb)
- **Mosazné pájky** - tzv. tvrdé pájky, na spoje mechanicky namáhané, vysoký obsah Zn (až 58%) a přísady dalších prvků – pájky stříbrné, niklové. Teplota tání tvrdých pájek se pohybuje nad 600°C.

MOSAZI slévárenské

- Jsou to zpravidla mosazi heterogenní, používá se jich podstatně méně než mosazí tvářených.
- Často obsahují kromě Cu a Zn i Pb, Si, Al.
- Jejich mechanické vlastnosti jsou horší než mosazí tvářených.

BRONZI = Cu + další prvky ~~Zn~~

- Použití - méně namáhaná ložiska a pouzdra.
- Jednosložkové x vícesložkové // k tváření x slévárenské
- Název bronzu je odvozen od hlavního přísadového prvku.

CI'NOVÉ = PRAVÉ
Cu + Sn (max do 20% Sn)

- **Slévárenské** – ca 12 % Sn - ložisková pouzdra a armatury, až do 250°C.
 - Speciální použití: zvonovina 20 – 22 % Sn
zrcadlovina 30 – 33 % Sn
- **K tváření** - do cca 8 % Sn a používají se na pružiny, součásti pro elektrotechnický a chem. průmysl.
- dobrá odolnost proti korozi a dobře odolávají mechanickému opotřebení.

BRONZI

Červené bronzi =

- Ternární slitiny Cu – Sn – Zn, + další častou přísadou bývá Pb.
- Levné
- Dobře obrobitelné a leštitelné

Cu – Al = Hliníkové bronzi - do ca 12 % Al, ložiskovéra pouzdra, ventilová sedla, velmi namáhaná ozubená a šneková kola apod.

Cu – Pb – Olověné bronzi

Cu – Si – Ni – Mn – Zn – Sn. = Křemíkové bronzi – mají dobrou tvárnost za tepla i za studena, odolávají H_2SO_4 , HCl a některým zásadám

Cu – Mn

Cu - Ni – Niklové bronzy, na odlitky, s 25 % Ni mincovní kov

S vysokým obsahem niklu – zvláštní slitiny:

NIKELIN CuNi30Mn – značný elektrický odpor, jako odporový materiál do 400°C

KONSTANTAN CuNi45Mn – má nejvyšší elektrický odpor a používá se jako odporový a termočlánekový materiál.

Cu – Be – beriliové bronzi – vytvrzené pevnost až 1200 MPa, tvrdost 400 HB, odolné proti korozi i ve vytvrzeném stavu, používají se na pružiny

Použitá literatura

Hluchý, M. a kol. Strojírenská technologie 1 – nauka o materiálu

Ptáček, L. a kol. Nauka o materiálu 2

Matematické, fyzikální a chemické tabulky

Děkuji za pozornost