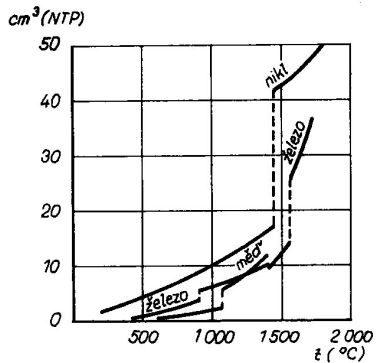


Kovy ve vakuové technice

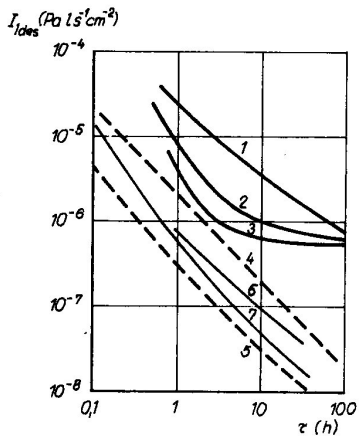
- ocel
- Al a Al slitiny
- Cu a Cu slitiny
- Ti
- Kovar
- Hg
- Spojování



Obr. 6.1. Závislost množství vodíku (v cm^3 při normálním tlaku) rozpuštěného v 100 g kovu na teplotě (podle Waldschmidta a kol., 1954)

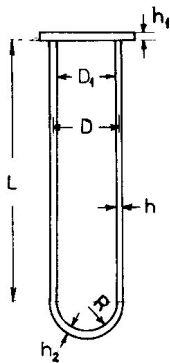
Tab. 6.1. Hlavní charakteristiky materiálů týkající se odplyňování

| Materiál | Odplyňování | | | | Poznámka |
|--|---|-------------|-----------------|---------------|--|
| | ve vakuu | | ve vodíku | | |
| | teplota (°C) | doba (h) | teplota (°C) | doba (min) | |
| wolfram (dráty, tyče) | ~ 1 800 | 8 – 10 | 1 100 – 1 400 | 2 – 5 | wolframové katody se neodplyňují v peci |
| molybden | 900 – 950 | | 1 000 – 1 200 | 30 | |
| tantal | 1 000 – 1 500 | | není dovoleno | | ve vodíku křehne |
| platina | 900 – 1 000 | | 950 | 5 – 10 | |
| | ve vzduchu | | | | |
| | 600 – 800 | | | | |
| nikl a jeho slitiny bez obsahu mědi | 700 – 950 | > 0,5 | 950 – 1 050 | | teplota závisí na tvaru materiálu |
| železo a jeho slitiny bez obsahu mědi, | 900 – 1 000 | > 1 | | | ve vysoce čistém vodíku |
| nerezavějící ocel | 800 – 1 000 | > 2 | | | |
| měď a její slitiny bez obsahu zinku a cínu | 500 – 550 | | nedoporučuje se | | slitiny zinku a cínu (např. mosaz) se v peci neodplyňují |
| grafit a grafitované kovy | závisí na druhu kovu; čistý grafit při 1 200 – 1 800 | | není dovoleno | | ve vodíkové atmosféře se tvoří uhlovodíky |
| wolfram a nikl s povlakem kyslíčnicku chromu | | | 950 | 15 | |



Obr. 6.2. Proud uvolňovaného plynu z jednotky povrchu kovu a skla (I_{1des}) v závislosti na době během níž byl materiál vložen do vakua (podle R. Henryho, 1969). Nerezavějící ocel X18H10 při 670 K (plné křivky): 1 – neopracovaná, mořená; 2 – mechanicky leštěná, mořená; 3 – elektrolyticky leštěná po dobu 15 min. Lehká hliníková slitina (s obsahem Mg, Mo a Cr) při 300 K (čárkované křivky): 4 – neopracovaná; 5 – neopracovaná, mořená. Borokřemičité sklo při 300 K (čerchované křivky): 6 – předem neodplyněné; 7 – po odplynění při teplotě 370 K během 5 h a potom vystavené vzduchu po dobu 14 h

Pevnost



| Material | Cylinders | | End plates | | Hemispherical |
|-----------------------|-----------|---------|------------|---------|---------------|
| | D/h | L_0/D | D_1/h_1 | $h_1/8$ | R/h_2 |
| Copper at 20°C | 84 | 10 | 52 | 15 | 600 |
| Copper at 500°C | 58 | 8.5 | — | — | — |
| Nickel at 20°C | 100 | 11 | 73 | 8 | 780 |
| Nickel at 500°C | 90 | 10.5 | — | — | — |
| Aluminum 20°C | 70 | 9 | 37 | 57 | 470 |
| Aluminum 500°C | 62 | 8.7 | — | — | — |
| Stainless steel 20°C | 105 | 11.6 | 89 | 3 | 830 |
| Stainless steel 500°C | 89 | 10.5 | — | — | — |
| Glass (hard) 20°C | 70 | 9 | 16 | 117 | 470 |
| Neoprene 20°C | 2.5 | 1.7 | 10 | 0.2 | 30 |
| Teflon 20°C | 12 | 3.8 | 14 | 9 | — |
| PVC (Tygon) | 3.7 | 2.1 | — | — | — |
| Perspex | — | — | 30 | — | — |
| Mica | — | — | 58 | 15 | — |

Ocel

Ocel je slitina železa, uhlíku a dalších legujících prvků, která obsahuje méně než 2,14 % uhlíku. Vyrábí se asi 2500 druhů ocelí

- nelegované oceli - obsah legujících prvků je nižší než 2,11 %
- nízkolegované oceli - obsah legujících prvků po odečtení obsahu uhlíku je nižší než 5 %
- vysoce legované oceli - obsah legujících prvků je vyšší než 5 %

Nerezová ocel

- austenitická - minimálně 10% chromu a Ni, nemagnetická
- feritická - minimálně 10% chromu, magnetická

| Material | Surface-quality | Surface condition | Desorption rates ¹⁾ | |
|-----------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|--|
| | | | q_{Des} 1h | $\left[\frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2} \right]$ 4h |
| Stainless steel | blank | cleaned | $2.7 \cdot 10^{-7}$ | $5.4 \cdot 10^{-8}$ |
| Stainless steel | polished | cleaned | $2 \cdot 10^{-8}$ | $4 \cdot 10^{-9}$ |
| Stainless steel | pickled | heated for 1 hour, | $1.4 \cdot 10^{-9}$ | $2.8 \cdot 10^{-10}$ |
| Stainless steel | bead blasted | vented with normal air | $3 \cdot 10^{-10}$ | $6.5 \cdot 10^{-11}$ |
| Steel Ni plated | polished | cleaned | $2 \cdot 10^{-7}$ | $1.5 \cdot 10^{-8}$ |
| Steel Cr plated | polished | cleaned | $1.3 \cdot 10^{-8}$ | $2.2 \cdot 10^{-9}$ |
| Steel | | rusted | $6 \cdot 10^{-7}$ | $1.6 \cdot 10^{-7}$ |
| Steel | blank | cleaned | $5 \cdot 10^{-7}$ | $1 \cdot 10^{-7}$ |
| Steel | bead blasted | cleaned | $4 \cdot 10^{-7}$ | $8 \cdot 10^{-8}$ |
| Aluminium | | cleaned | $6 \cdot 10^{-8}$ | $1.7 \cdot 10^{-8}$ |
| Brass | | cleaned | $1.6 \cdot 10^{-6}$ | $5.6 \cdot 10^{-7}$ |
| Copper | | cleaned | $3.5 \cdot 10^{-7}$ | $9.5 \cdot 10^{-8}$ |

Al a Al slitiny

Čistý Al se špatně obrábí.

Dural je obchodní označení pro různé slitiny obvykle 90 - 96 % hliníku a 4 - 6 % mědi s menšími přísadami mědi, hořčíku, manganu aj. Oproti čistému hliníku (měrná hmotnost $2,7 \text{ g/cm}^3$) je dural jen nepatrně těžší (typicky $2,8 \text{ g/cm}^3$), ale až pětkrát pevnější v tahu i tvrdší. Pevnost i tvrdost se zvyšuje tepelným opracováním a zušlechťováním, podobně jako u ocelí.

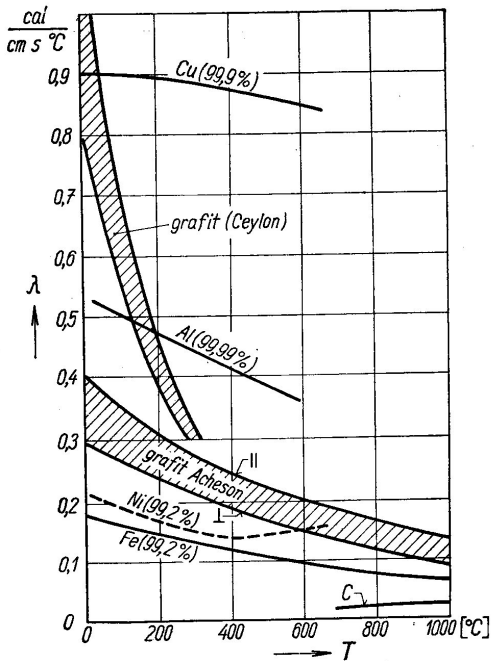
Používají se následující třídy hliníkových materiálů:

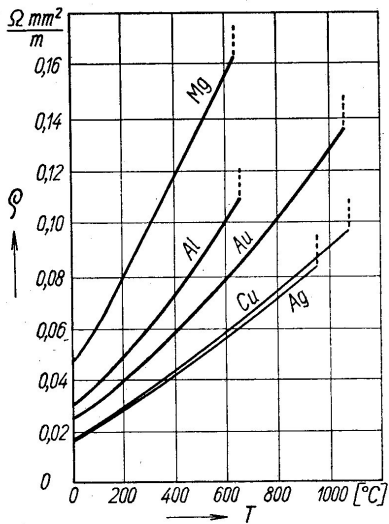
- 2000 – nesvařitelné, vytvrditelné za tepla, dobrá pevnost; použití na komponenty; duralové slitiny (AlCuMg),
- 3000 – slitiny AlMn,
- 5000 – svařitelné, nevytvrditelné,
- 6000 – svařitelné (musí se ještě ale tepelně upravit), vytvrditelné za tepla. Slitiny AlMgSi,
- 7000 – svařitelné, vytvrditelné za tepla; slitiny AlZnMg,
- 7075 – nejpevnější hliníková slitin

Cu a Cu slitiny

| Druhy medi | Obsah v % | | | | | | Poznámka |
|--|---------------|---------|---------|---------------|--------|--------|--|
| | Cu + Ag | O | P | S | Zn | Hg | |
| Odkysličená meď | $\geq 99,90$ | — | 0,025 | — | — | — | odkysličená prísadou fosforu do taveniny |
| Meď Lake | $\geq 99,90$ | — | — | — | — | — | obsah Ag asi 0,003% (= 10oz/t) |
| Elektrolytická meď ETPC ¹ | $\geq 99,90$ | (>0,04) | (0,003) | (0,03) | — | — | neobsahuje Ag |
| Meď OFHC II. bez kyslíka ² | $\geq 99,92$ | < 0,001 | 0,0003 | < 0,004 | — | — | skúška na ohyb $\geq 4\times$ |
| Meď OFHC I. bez kyslíka ³ | $\geq 99,96$ | 0,0000 | 0,0000 | < 0,004 | 0,0003 | 0,0001 | skúška na ohyb $\geq 10\times$ |
| Meď bez plynov, vysoko čistá „GFHP“ ⁴ | $\geq 99,993$ | 0,0000 | 0,0000 | $\leq 0,0001$ | — | — | tavená a odliata vo vákuu |

¹ Druh: *Electrolytic tough pitch copper*.
² Druh: *Oxygen free high Conductivity „regular“* podľa ASTM špec. B 170-47 (stopy Cu₂O sú nedokázateľné v mikroskope pri zväčšení 75×).
³ Druh: *Oxygen free high Conductivity „certified“* (stopy Cu₂O sú nezistiteľné v mikroskope pri zväčšení 200×).
⁴ Druh: *Gas free high purity*. Výrobca: American Metal Corp.





Obr. 5,4-8. Porovnanie závislosti merného elektrického odporu ρ od teploty T pri meďi a iných dobre vodivých kovoch.

| Označenie | Obsah % | | | | | | |
|--|---------|------------|--------------|--------|--------|--------|-----------------------|
| | Cu | Sn | P | Pb | Fe | Zn | Sb |
| Fosforový bronz 1 | > 98,5 | 1,0 ÷ 1,5 | stopa | | | | |
| Fosforový bronz 5 | zvyšok | 3,5 ÷ 5,8 | 0,03 ÷ 0,035 | < 0,05 | < 0,1 | < 0,30 | (< 0,01) ¹ |
| Bronz na valcovanie WBz 6 podľa DIN 1705 | ≅ 94 | ≅ 6 | (< 0,2) | 4 | | 4 | 4 |
| Fosforový bronz 8 | 92 | 7,0 ÷ 9,0 | 0,03 ÷ 0,35 | < 0,05 | < 0,10 | < 0,20 | (< 0,01) ¹ |
| Fosforový bronz 10 | ≅ 90 | 9,0 ÷ 11,0 | 0,03 ÷ 0,25 | < 0,05 | < 0,10 | < 0,20 | (< 0,01) ¹ |
| Bronz na zlievanie GBz 14 | 86 ± 1 | 14 ± 1 | | < 1,0 | < 0,2 | 2 | < 0,2 ³ |
| Bronz na zlievanie GBz 20 | 80 ± 2 | 20 ± 2 | | < 1,0 | < 0,3 | 2 | < 0,2 ³ |

¹ Sb sa prisádza len pre plechy.

² Obsah Zn = 1% včítane obsahu všetkých ostatných znečistenín (Pb, Sb, Fe, Mn, Bi; Al, Mg, S, As).

³ Ostatné znečisteniny [v %] podľa DIN 1705 : Mn < 0,2; Bi < 0,01; Al < 0,01; Mg < 0,01; As < 0,15 (Ni < 0,5, v prípade potreby max. 1% Ni).

⁴ Pre vakuovú techniku 0,01 aj menej.

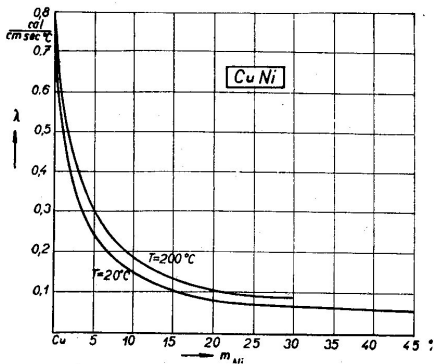
Mosaz

| Obsah Cu asi % | Symbol | Označenie (*v USA) | Zloženie % | | | | | Hlavné použitie |
|----------------|---------|--------------------------------------|-------------------|------------------|---------------|--------------|----------------|--|
| | | | Cu | Zn | Pb | Fe | Ostatné | |
| 95 | | *Gilding metal | 94—96 | zvyšok | < 0,03 ÷ 0,05 | 0,05 | | spracovanie za studena (plechy, kovový tovar, jemné dróty, sitá, filtre) |
| 90 | Ms 90 | Červený tombak *Commercial Bronze | 90 89—91 | zvyšok zvyšok | < 0,05 | < 0,05 | celkom < 0,13 | |
| 85 | Ms 85 | Stredný tombak *Red Brass | 85 84 ÷ 86 | zvyšok zvyšok | < 0,05—0,06 | < 0,05 | Sn: < 0,15 | |
| 80 | Ms 80 | Svetlý tombak *Low Brass | 80 78,5 ÷ 81,5 | zvyšok zvyšok | < 0,05 | < 0,05 | | |
| 72 | Ms 72 | Žltý tombak | 72 | zvyšok | | | | |
| 70 | (Ms 70) | *Cartridge Brass | 68,5 ÷ 71,5 | zvyšok | < 0,07 | < 0,05 | ostatné < 0,15 | |
| 67 | Ms 67 | Polotombak | 67 | zvyšok | | | | hlboké ťahanie (rúrky, dutinky, profily) tvrdé spájkovanie, použiteľné na vzduchu |
| 65 | (Ms 65) | *Yellow Brass | 64 ÷ 67,5 | zvyšok | < 0,1 ÷ 0,3 | < 0,05 | | fahanie, dobre tvárna za studena, spájkovateľná s ľahko taviteľnou spájkou striebornou |
| 63 | Ms 63 | Mosadz na ťačenie | 63 | zvyšok | < 0,5 | | ostatné < 0,2 | lisovanie za tepla, zlé trieskové opracovanie |
| 60 | Ms 60 | Mosadz kujná *Muntzov kov | 60 59 ÷ 63 | zvyšok zvyšok | | < 1,1 0,2 | 0,15 | kovanie, opracovanie trieskové na automatoch |
| | | *Forging Brass | ÷ 60 | 38 | ÷ 2 | | | |
| 58 | Ms 58 | Mosadz tvrdá | 58 | zvyšok | 2 | | | |

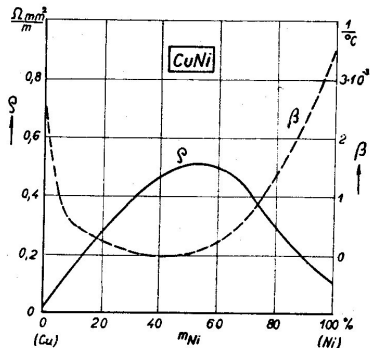
¹ Podľa DIN 1709, Werkstoffhandbuch a Metals Handbook.

* V zátvorkách uvádzané druhy sa v Európe nepoužívajú a nie sú normalizované.

Konstantan

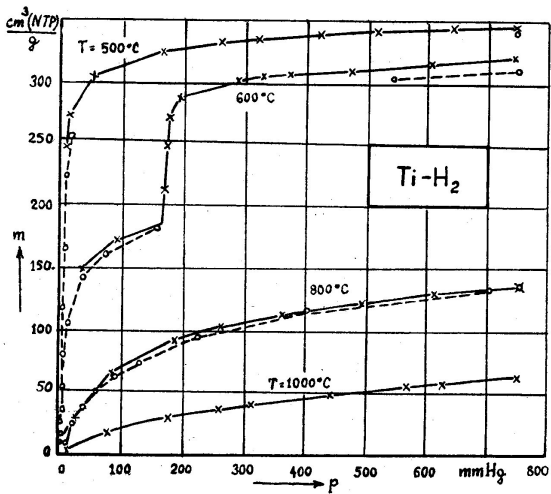


Obr. 6.3-2. Závislosť tepelnej vodivosti λ pri 20–200 °C zliatin CuNi od obsahu Ni m_{Ni} (vo váh. %).



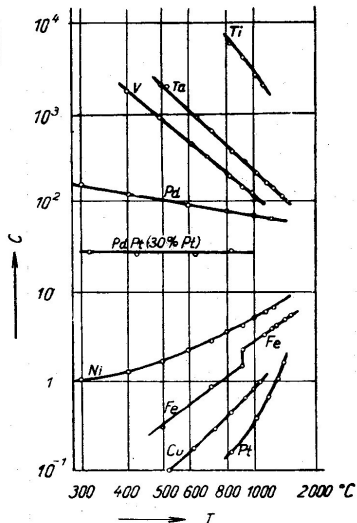
Obr. 6.3-3. Závislosť merného elektrického odporu ρ a jeho súčiniteľa $\beta = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dT}$ zliatin CuNi od obsahu Ni m_{Ni} (vo váh. %).

Titan



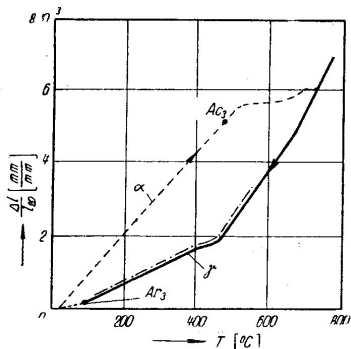
Obr. 7,2-18. Rozpustnosť vodíka m v titáne v závislosti od tlaku H_2 pri rôznych teplotách T (izotermy podľa Sievertsa).
 o---o---o: sorpcia; x-x-x-x: desorpcia.

atomů plynu
 10^4 *atomů kovu*

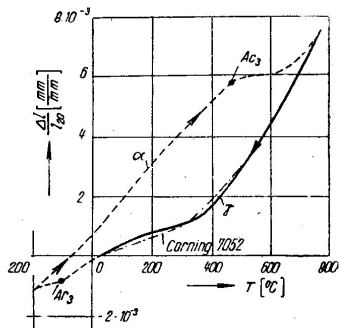


Obr. 3,5-6. Závislost rozpustnosti (C) vodíka v tantale a v iných kovech od teploty T (pozri obr. 4,2-5, 5,2-10, 7,1-7).

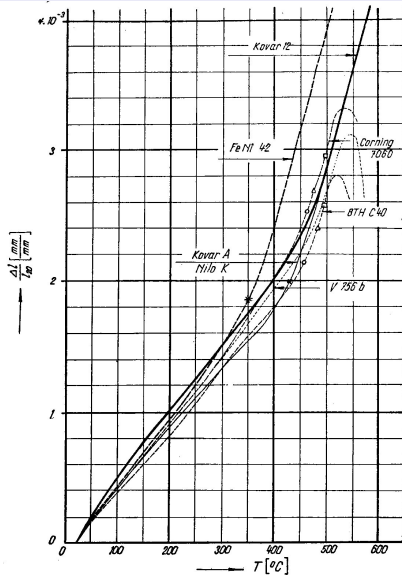
Kovarové slitiny



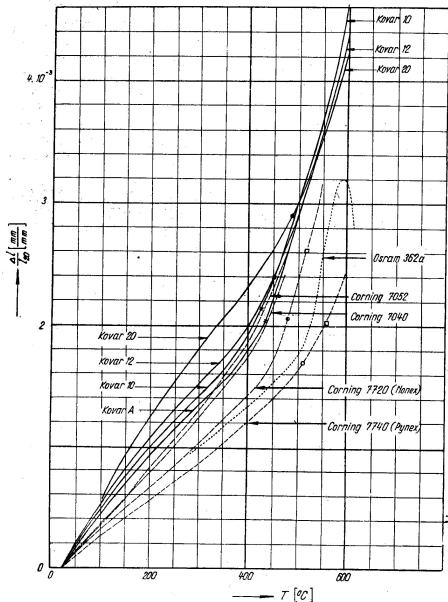
Obr. 6,1-9. Priebeh rozťahovania pre zátavy do skla nevhodnej (nezvratnej) zliatiny FeNiCo (52/24/24) pri ochladzovaní (—) a novom ohreve (---): v bode A_{r_3} nastáva pri ochladzovaní premena štruktúry z fázy γ na fázu α , ktorá má oveľa väčšieho súčiniteľa rozťažnosti ako sklo (---). Pri ohreve zliatiny nad bod A_{c_3} sa síce premení do fázy γ , avšak pri ochladzovaní na teplotu okolia sa táto opätovne premení na fázu α , takže priebeh rozťažnosti je vždy nezvratný (pozri Espe [1]).



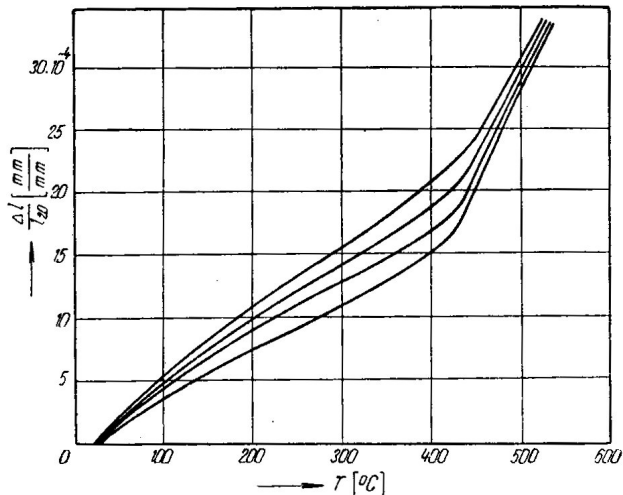
Obr. 6,1-10. Priebeh rozťahovania pre zátavy do skla vhodnej (zvratnej) zliatiny FeNiCo (54/28/17,5), pri ktorej na rozdiel od zliatiny podľa obr. 6,1-9 bol bod A_{r_3} znížený podstatne pod teplotu okolia znížením obsahu kobaltu: žiňaním pri vysokej teplote raz nadobudnutý stav γ sa zachováva aj pri ochladení na normálnu teplotu i počas ďalšieho ohrevania. Priebeh rozťahovania tejto kovarovej zliatiny na zátavy je a ostáva zvratný, pokiaľ sa zliatina neochladí pod -100 °C. Avšak aj vtedy môžeme zliatinu dokonale previesť späť do fázy γ ohrevom nad 800 °C. Podobné zliatiny môžu byť bezchybne zatavované do skla, ktorého súčiniteľ rozťažnosti je prispôsobený fáze γ (napr. sklo „Corning 7052“, krivka ---).



Obr. 6,1-14. Krivky rozťažnosti zliatiny FeNi 42 bez kobaltu (58 % Fe, 42 % Ni), zliatiny FeNiCo kovar 12 (54 % Fe, 29 % Ni, 18 % Co) a tomuto úspôsobeného skla pre zatavovanie (Corning 7060), ako aj zliatiny FeNiCo kovar A, príp. Nilo K a dvoch týmto prispôbených skiel (BTH C 40 a Osram 756b).

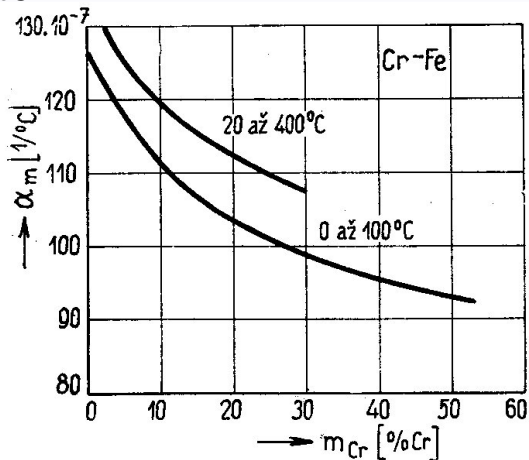


Obr. 6.1-15. Krivky roztáhnutosti niektorých obchodných kovarových zliatin po vyzhánaní (Vacuumschmelze, Stupakoff) a niektorých skiel pre zátavy s kovarom (Corning Glass Works 7052 a 7740). Pre porovnanie sú uvedené dve skliá pre zátavy s volfrámom (Daram 362a a Corning 7720), ako aj tvrdé sklo Pyrex.

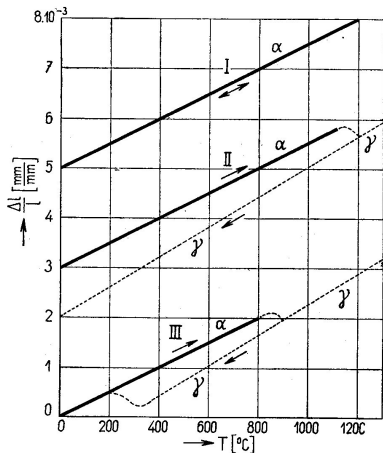


Obr. 6,1-16. Rozptyl kriviek rozťažnosti rovnakej obchodnej zliatiny FeNiCo pre zátavy z rôznych šarží metalurgickej výroby (Henry Wiggin [1]).

FeCr



Obr. 6,1-23. Závislosť súčiniteľa teplotnej lineárnej rozťažnosti α_m medzi 0 a 100 °C (pozri Vacuum-schmelze Hanau) a medzi 20 a 400 °C (pozri Partridge) zliatin CrFe od obsahu chrómu m_{Cr} .



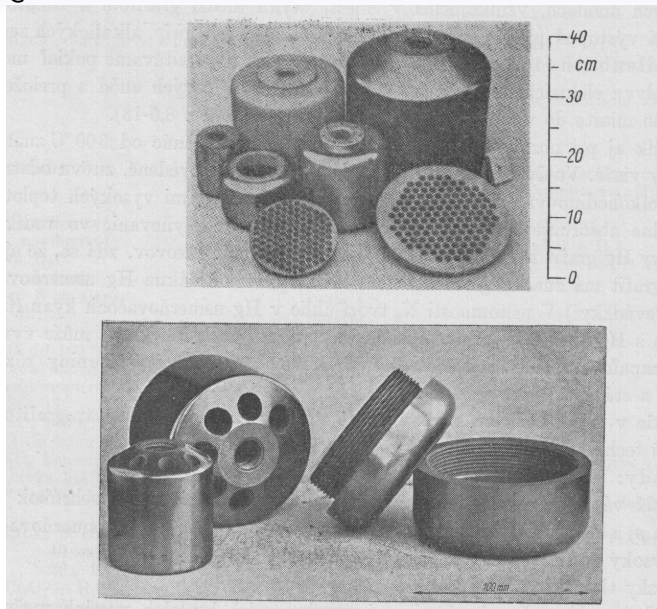
Obr. 6,1-35. Príznačné krivky rozťažnosti pre zliatiny chrómželeza (schematicky, pozri Rose [1]). (Plná krivka: fáza α ; žiarkovaná: fáza γ .) I: stabilná zliatina FeCr s 28 % Cr a reverzibilnou krivkou rozťažnosti bez bodu zvratu a nepravidelnosti napriek ohrevu na 1200 °C; súčiniteľ rozťažnosti $\alpha_{25+500} = (108-110) \cdot 10^{-7} \cdot 1/^\circ\text{C}$; II: nestabilná zliatina FeCr s 28 % Cr (+0,12 % C + 0,15 % N₂ + 0,30 % Ni); pri ohreve nad 1150 °C nastane premenou fázy α na fázu γ značne stabilná fáza austenitická, ktorá sa nedá previesť pri bežnom ochladení na -185 °C nazad do feritickej fázy α ; preto zliatina po ohreve nad 1200 °C nadobudne väčšieho súčiniteľa rozťažnosti fázy γ (α_{25+500} až do $120 \cdot 10^{-7} \cdot 1/^\circ\text{C}$); III: nestabilná zliatina FeCr so 17 % Cr (bez ďalších prísad); krivka rozťažnosti vykazuje počas ohrevu pri 800 °C nepravidelnosť vyvolanú premenou zliatiny z fázy α na fázu γ ; pri ochladzovaní však spätná premena z fázy γ na α prebieha až medzi 350-200 °C, čo spôsobuje (pri zatavovaní do skla v tomto teplotnom rozsahu neúnosnú) nepravidelnosť v rozťažnosti.

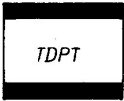
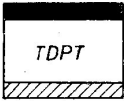
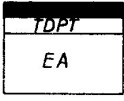
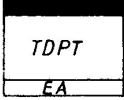
Hg

| T °C | p tor | m g/cm ² sek | T °C | p tor | m g/cm ² sek | T °C | p Atm | m g/cm ² sek |
|--------------------|---------------------|------------------------------|-----------|-------------------|------------------------------|-----------|------------|------------------------------|
| -180 ¹ | $2 \cdot 10^{-27}$ | 10^{-28} | 48 | $1 \cdot 10^{-2}$ | $4,6 \cdot 10^{-4}$ | 400 | 2 | |
| -78 ² | 10^{-11} | 10^{-13} | 82 | $1 \cdot 10^{-1}$ | $4,4 \cdot 10^{-3}$ | 450 | 4,3 | |
| -38,9 ³ | $2,5 \cdot 10^{-6}$ | $1,3 \cdot 10^{-7}$ | 126 | 1 | $4,1 \cdot 10^{-2}$ | 500 | $7 \div 8$ | |
| -23,9 | $1 \cdot 10^{-5}$ | $5,2 \cdot 10^{-7}$ | 200 | 17 | $6,5 \cdot 10^{-1}$ | 600 | 22 | |
| -5,5 | $1 \cdot 10^{-4}$ | $5,5 \cdot 10^{-6}$ | 300 | 246 | | 800 | 86—102 | |
| 18 | $1 \cdot 10^{-3}$ | $4,8 \cdot 10^{-5}$ | 356,7 | 760 | | | | |

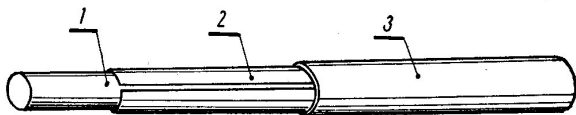
¹ Približná teplota tekutého vzduchu.
² Približná teplota suchého ľadu (CO₂) v acetóne.
³ Bod tavenia Hg.

C

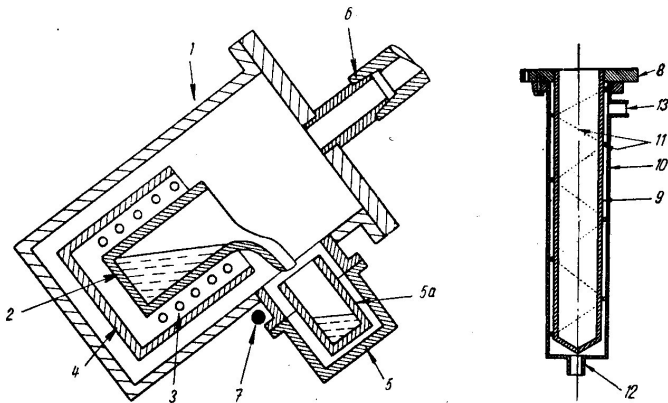


| | | | |
|---|-----|---|--|
| a | P2 |  | $15\mu\text{ Al}$ $120\mu\text{ Fe}$ $15\mu\text{ Al}$ |
| b | PN |  | $15\mu\text{ Al}$ $120\mu\text{ Fe}$ $15\mu\text{ Ni}$ |
| c | P1a |  | $15\mu\text{ Al}$ $15\mu\text{ Fe}$ $120\mu\text{ Fe}$ |
| d | P1b |  | $15\mu\text{ Al}$ $120\mu\text{ Fe}$ $15\mu\text{ Fe}$ |

Obr. 6,5-3. Zloženie a hrúbky vrstiev najdôležitejších obojstranne alebo jednostranne hliníkom plátovaných druhov železa, používaných vo vákuovej technike. Al: zloženie podľa tab. 6,5-1, pol. 11. TDPT-železo: zloženie podľa tab. 6,5-1, pol. 3. EA-železo: zloženie podľa tab. 5,3-2, pol. 11.

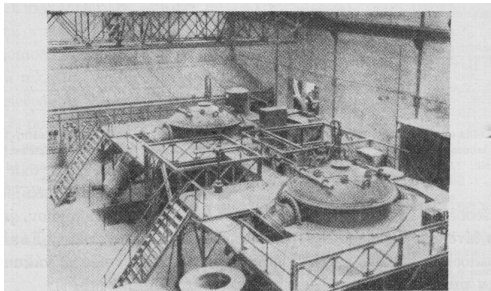
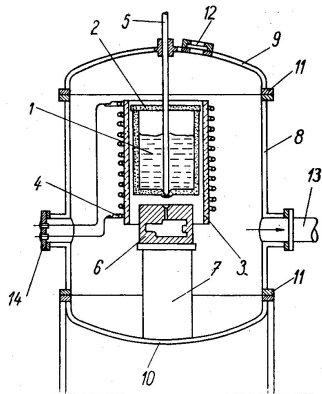


Obr. 6,5-5, K výrobe medeného plášťového drôtu. 1 jadro z FeNi 58/42; 2 mosadzná spájkovacia fólia z MS 60; 3 plášťová rúrka z medi OFHC.



Obr. 6,1-17. Indukčná pec pre tavenie a zlievanie kovov vo vákuu (pozri Štauffer, Malcolm). Vľavo: sklopená pec počas zlievania vo vákuu; vpravo: príklad vodou chladenej, pomocou príruby na pec vákuovotesne pripojiteľnej kokily.

1 – vákuová nádoba pece; 2 – taviaci téglik; 3 – indukčná cievka na vyhrievanie; 4 – ochrana proti sálaniu; 5 – odpojiteľný nástavok s kokilou; 6 – ohybný gumený prívod alebo bronzový vlnovec pre čerpanie; 7 – os sklápania taviacej pece; 8 – príruby na pripojenie nástavku s kokilou; 9 – forma (napr. z tenkostennej medi); 10 – plášť vodného chladenia; 11 – špirálovitá medzistena pre vedenie chladiacej vody; 12 – prívod vody; 13 – odtok vody.



Obr. 9,2-6. Vákuová taviaca pec pre vsádzku 4 t s vákuovotesne nasadenými kokilami
(Rohn; výrobca: Heraeus Vacuumsmelze).

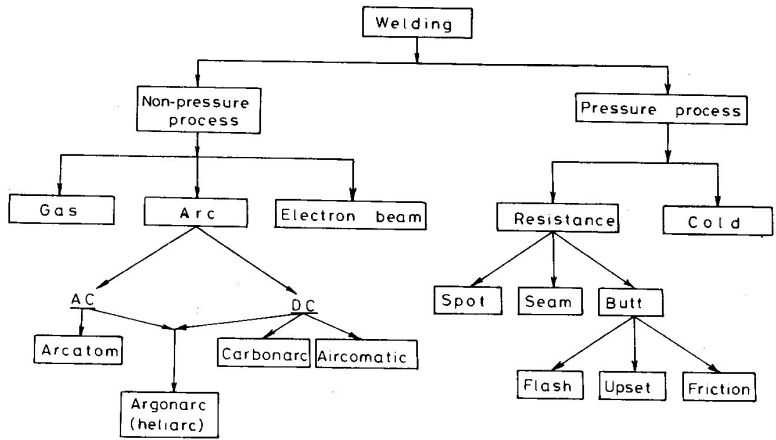
Spojování kovů

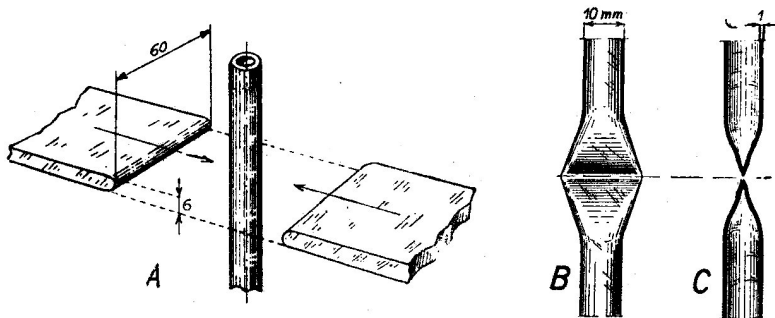
Svařování

- elektrickým obloukem
- elektrickým obloukem v ochranné atmosféře (Ar, He)
- plamenem
- elektronovým svazkem
- za studena

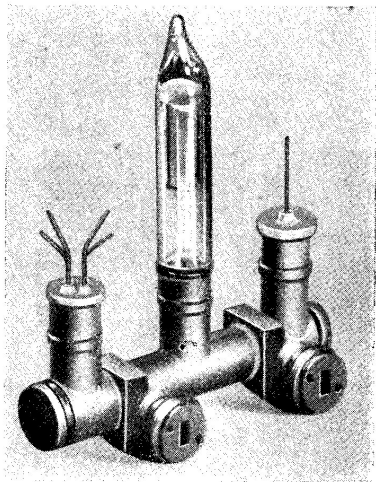
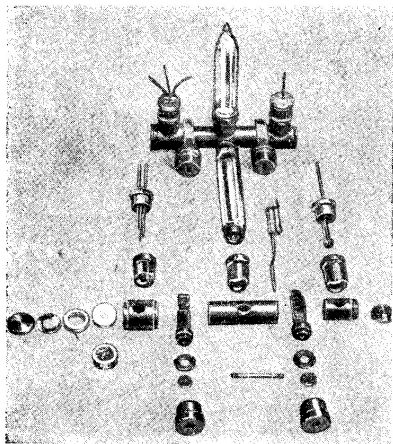
Letování

- měkké - teplota tání do 450 °C
- tvrdé- teplota tání nad 450 °C





Obr. 9,3-15. Schéma zariadenia na zváranie za studena medených čerpacích rúrok.
A – pohyb klieštín; *B* – rúrka zvarená za studena; *C* – odtrhnutá čerpacia rúrka.



Tabuľka 9,3-5

Bod tavenia T_{tav} a tlak nasýtených pár p zložiek mäkkých spájok

| Kov | T_{tav} (°C) | Teplota (°C) pre $p =$ | | |
|-----|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| | | 10^{-7} torov | 10^{-6} torov | 10^{-5} torov |
| Bi | 271 | 350 | 400 | 474 |
| Cd | 321 | 95 | 120 | 148 |
| In | 157 | 520 | 590 | 667 |
| P | 593 ¹ | | | ² |
| Pb | 328 | 360 | 420 | 483 |
| Sb | 630 | 340 | 395 | 466 |
| Sn | 232 | 640 | 730 | 823 |
| Zn | 419 | 140 | 175 | 211 |

¹ Pre bielu (žltú) modifikáciu: 44,1 °C
² Pre fialovú (kovovú) modifikáciu P: 10^{-3} torov pri 195 °C, 10^{-1} torov pri 220 °C.

| Zloženie (váhové %) | Druh spájky ¹ | Bod tavenia °C | Pozri | Vhodné na spájkovanie | Nevhodné na spájkovanie |
|-----------------------------------|--------------------------|---|-------------|--|-------------------------|
| Ta fólia | R | 2996 | | W—W ⁷ | |
| Nb | R | 2500 | | vysoko zaťažený W alebo Mo | |
| Rh | R | 1970 | | W, Mo | |
| Zr, duktilný | R | 1860 | | vysoko zaťažený W alebo Mo | |
| Pt | R | 1770 | | W, Mo do 1500 °C | |
| Ni (99%) | R | 1450 | | W, Mo do 1250 °C | |
| Ni Mo (53,5/46,5) ³ | E | 1320 ³ | | Mo, Fe | |
| CuNi (55/45) ⁸ | A | 1300(liq) | obr. 9,3-40 | W, Mo | |
| CuNi (75/25) | A | 1205(liq) | obr. 9,3-40 | W, Mo | |
| AgPt (73/27) | | 1185 (sol) | | W, Mo | kovar |
| Cu | R | 1084 | | Fe, kovar, monel | W, Mo ⁴ |
| Cu + W + prášok | V | 1084 | | ako spájka z čistej Cu | |
| PtSn (70/30) | E | 1072 | | | |
| Au | R | 1063 | obr. 4,5-2 | Mo mriežka | |
| CuAu (70/30) | A | 980 | obr. 9,3-37 | Fe, Cu, kovar | W, Mo |
| CuAuNi (62/35/3) ¹⁹ | | [1010] ¹⁸ 980 [1025] ¹⁸ | | | súčiastky elektrónok |
| NiMn (43/57) | M | ca 1000 | | Ti s inými kovmi | |
| CuSi (97/3) | A | 970 | obr. 9,3-41 | Cu na Cu | |
| Ag | R | 1025 960 | | | W, Mo |
| Ag + W — prášok ¹⁰ | V | | | Fe a Ni s náhradnou vrstvou spájky ako spájka z čistého Ag | |
| AuNi (82/18) | M | 950 | obr. 9,3-38 | W, Mo | |
| CuSnAg (85/8/7) | | 946 [985] ¹⁸ | | Cu, kovar | |

| Zloženie (váhové %) | Druh spájky ¹ | Bod tavenia °C | Pozri: | Vhodné na spájkovanie | Nevhodné na spájkovanie |
|--|--------------------------|---|-------------|---|-----------------------------------|
| AgCuSn (59/31/10) | | 720 | | 20 | |
| CuP (91,6/8,4) | E | [740] ¹⁸ 714 [751] ¹⁸ | obr. 9,3-36 | Cu ¹³ | Fe, zliatiny- Fe, Ni, Mo, W |
| AgIn (80/20) | | 693 | | | |
| AgCuIn (63/27/10) | | 685 | | pre stupňové spájkovanie v elektrónkach | |
| AgCuSn (53/32/15) | | 670 | | 20 | |
| CuAgP (80/15/5) ⁵ | | [700] ¹⁸ 640 [704] ¹⁸ | | Cu-Cu ¹³ | Fe, zliatiny- Fe, Ni, Mo W |
| AgCdZnCu (50/18/16,5/15,5) ⁶ | | 627 [635] ¹⁸ | | 14 | |
| AgCuSn (42/33/25) | | 600 | | 20 | |
| AuIn (80/20) ² | | [630] ¹⁸ 550/630 | | | |
| Au | D | 450—500 | tab. 9,3-10 | Cu a pomedené čiastky | |
| PbAg (98/2) | E | 304 | | Cu-Cu ¹⁴ najmä lamelové chladiče na Cu vonkajšej anódy | |
| CdZnAg (78,4/16,6/5) | | 280 [305] ¹⁸ | | 14 | |
| Sn | R | 232 | | Cu, Pt, Fe ¹⁶ | |
| SnAg (89/11) | | 221 | | 16 | |
| SnPb (63/37) | E | 183 | | na predbežné pocíno- vanie Cu ¹⁴ | |
| In | | 156 | | 17 | |
| SnPbCd (50/25/25) | | 150 | | pre postriebrené plochy skla ^{14, 16} | |