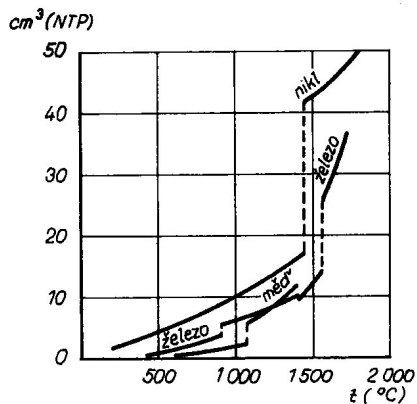


# Kovy ve vakuové technice

- ocel
- Al a Al slitiny
- Cu a Cu slitiny
- Ti
- kovar
- Hg
- ...



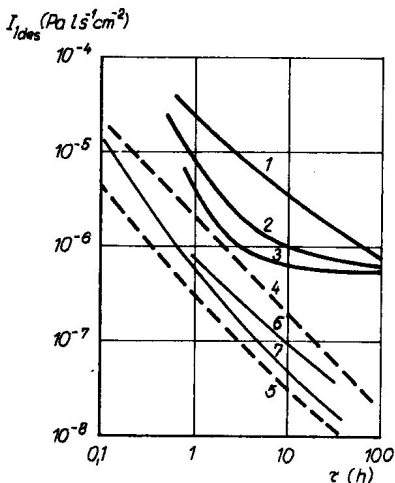
Obr. 6.1. Závislost množství vodíku (v  $\text{cm}^3$  při normálním tlaku) rozpuštěného v 100 g kovu na teplotě (podle Waldschmidta a kol., 1954)

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

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, nerezavějící ocel	900 – 1 000	> 1			ve vysoce čistém vodíku
měď a její slitiny bez obsahu zinku a cínu	800 – 1 000	> 2			
	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	

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



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 – nepracovaná, 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 – nepracovaná; 5 – nepracovaná, mořená. Borokřemičité sklo při 300 K (čérchované křivky): 6 – předem neodplyněné; 7 – po odplynění při teplotě 370 K během 5 h a potom vystavené vzduchu po dobu 14 h

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

# 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 %

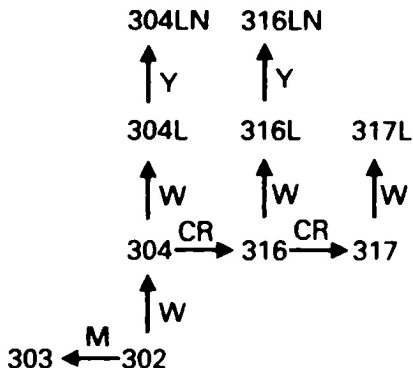
Nerezová ocel

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



# Nerezavějící ocele používané ve vak.technice

<b>AISI</b>	<b>Cr %</b>	<b>Ni %</b>	<b>C %</b>	<b>Mn %</b>	<b>Si %</b>	<b>Mo %</b>	<b>ostatní</b>
302	17-19	8-10	0,15	max.2	max.1	-	-
304	18-20	8-12	0,08	max.2	max.1	-	-
304L	18-20	8-12	0,03	max.2	max.1	-	-
316	16-18	10-14	0,08	max.2	max.1	2-3	-
316L	16-18	10-14	0,03	max.2	max.1	2-3	-
321	17-19	9-12	0,08	max.2	max.1	-	Ti
347	17-19	9-13	0,08	max.2	max.1	-	Nb+Ta
348	17-19	9-13	0,08	max.2	max.1	-	Nb+Ta



**Fig. 16.4** Stainless steels used in vacuum equipment (AISI designation). CR = corrosion resistance, W = ease of welding, Y = yield strength, and M = ease of machining. Reprinted with permission from *Vacuum*, 26, p. 287, C. Geyari. Copyright 1976, Pergamon Press, Ltd.

F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)



# Označení - normy

druh	DIN	ČSN	AISI
A1	1.4305	17 243 PH	303
A2	1.4301	17 240	304
	1.4306	17 249	304L
A3	1.4541	17 248	321
A4	1.4401	17 346	316
	1.4404	17 349	316L
A5	1.4571	17 348	316Ti

**Table 16.3 Outgassing Rates of 316L Stainless Steel After Different Processing Conditions<sup>a</sup>**

Sample	Surface Treatment	Outgassing Rates ( $10^{-10}$ Pa-m/s)				
		H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	Ar	CO <sub>2</sub>
A	Pumped under vacuum for 75 h 50 h vacuum bakeout at 150°C	893	573	87	—	13.
		387	17	6	—	0.4
B	40 h vacuum bakeout at 300°C	83	0.7	2.2	—	0.01
C	Degassed at 400°C for 20 h in a vacuum furnace ( $6.5 \times 10^{-7}$ Pa)	19	0.3	0.44	0.16	0.11
D	Degassed at 800°C for 2 h in a vacuum furnace ( $6.5 \times 10^{-7}$ Pa) Exposed to atmosphere for 5 mo, pumped under vacuum for 24 h 20-h vacuum bakeout at 150°C	3.6	—	0.07	—	0.05
		—	73	67	—	13
		3.3	—	0.08	—	0.04
E	2 h in air at atmospheric pressure at 400°C Exposed to atmosphere for 5 mo, pumped under vacuum for 24 h 20-h vacuum bakeout at 150°C	17	—	1.12	—	0.4
		—	80	69	—	33
		17	0.75	0.37	—	0.17
F	2 h in oxygen at 27,000 Pa at 400°C 20-h vacuum bakeout at 150°	600	253	—	123	—
		5.2	0.09	0.4	0.51	—
G	2 h in oxygen at 2700 Pa at 400°C 20-h vacuum bakeout at 150°C	—	20	13	8.7	—
		—	0.9	0.64	0.45	—
H	2 h in oxygen at 270 Pa at 400°C 20-h vacuum bakeout at 150°C	—	16	52	19	—
		5.7	3.2	0.36	2	—

<sup>a</sup>Source. Reprinted with permission from *J. Vac. Sci. Technol.*, 14, 1210, R. Nuvolone. Copyright 1977, The American Vacuum Society.

<sup>a</sup>All samples were first degreased in perchloroethylene vapor at 125°C, ultrasonically washed for 1 h in Diversey 708 cleaner at 55°C, rinsed with clean water, and dried.

F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)

# 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 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

# Al slitiny - svařitelné

slitina	Cu %	Si %	Mg %	Cr %
4043	-	5	-	-
5052	-	-	2,5	0,25
6061	0,25	0,6	1,0	0,2

# Příklad používaných materiálů

Gate valve VAT Series 08

Material

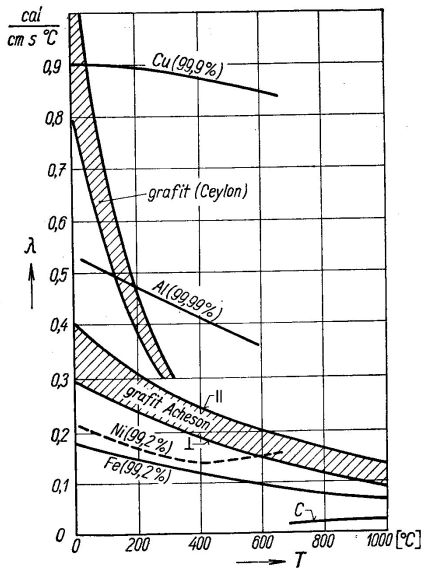
- Valve body
  - DN 50 - EN AW-6082
  - DN 63-100 - EN AW-5083
- Mechanism
  - DN 50 - AISI 301
  - DN 63-100 AISI 304

# 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 <sup>1</sup>	$\geq 99,90$	(>0,04)	(0,003)	(0,03)	—	—	neobsahuje Ag
Meď OFHC II. bez kyslíka <sup>2</sup>	$\geq 99,92$	< 0,001	0,0003	< 0,004	—	—	skúška na ohyb $\geq 4 \times$
Meď OFHC I. bez kyslíka <sup>3</sup>	$\geq 99,96$	0,0000	0,0000	< 0,004	0,0003	0,0001	skúška na ohyb $\geq 10 \times$
Meď bez plynov, vysoko čistá „GFHP“ <sup>4</sup>	$\geq 99,993$	0,0000	0,0000	$\leq 0,0001$	—	—	tavená a odliata vo vákuu

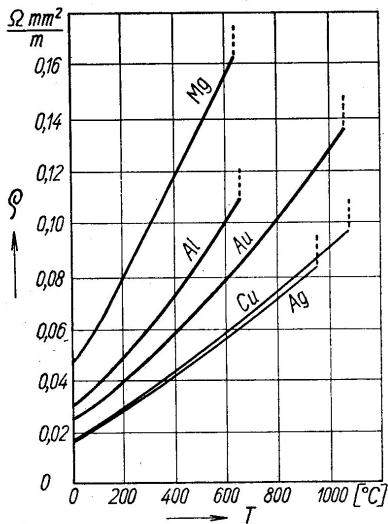
<sup>1</sup> Druh: *Electrolytic tough pitch copper*.  
<sup>2</sup> Druh: *Oxygen free high Conductivity „regular“* podľa ASTM špec. B 170-47 (stopy Cu<sub>2</sub>O sú nedokázateľné v mikroskope pri zväčšení 75 ×).  
<sup>3</sup> Druh: *Oxygen free high Conductivity „certified“* (stopy Cu<sub>2</sub>O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

W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960



W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960





Obr. 5,4-8. Porovnanie závislosti merného elektrického odporu  $\rho$  od teploty  $T$  pri medi 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) <sup>1</sup>
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) <sup>1</sup>
Fosforový bronz 10	≐ 90	9,0 ÷ 11,0	0,03 ÷ 0,25	< 0,05	< 0,10	< 0,20	(< 0,01) <sup>1</sup>
Bronz na zlievanie GBz 14	86 ± 1	14 ± 1		< 1,0	< 0,2	2	< 0,2 <sup>3</sup>
Bronz na zlievanie GBz 20	80 ± 2	20 ± 2		< 1,0	< 0,3	2	< 0,2 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sb sa prisádza len pre plechy.  
<sup>2</sup> Obsah Zn = 1 % vrátane obsahu všetkých ostatných znečistenín (Pb, Sb, Fe, Mn, Bi; Al, Mg, S, As).  
<sup>3</sup> 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).  
<sup>4</sup> Pre vakuovú techniku 0,01 aj menej.

W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

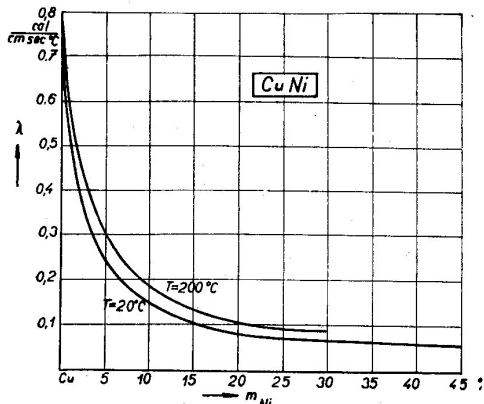
# Mosaz

Obsah Cu asi %	Symbol <sup>1</sup>	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 drôty, sitá, filtre)	
90	Ms 90	Červený tombak *Commercial Bronze	90 89–91	zvyšok	< 0,05	< 0,05	celkom < 0,13		
85	Ms 85	Stredný tombak *Red Brass	85 84 ÷ 86	zvyšok	< 0,05 – 0,06	< 0,05	Sn: < 0,15		
80	Ms 80	Svetlý tombak *Low Brass	80 78,5 ÷ 81,5	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		ťahanie, dobre tvárna za studena, spájkovateľná s ľahko tavitelnou spájkou striebornou	
63	Ms 63	Mosadz na tlačenie	63	zvyšok	< 0,5		ostatné < 0,2	ťahanie, dobre tvárna za studena, spájkovateľná s ľahko tavitelnou spájkou striebornou	
60	Ms 60	Mosadz kujná *Muntzov kov	60 59 ÷ 63	zvyšok		< 1,1	0,2	0,15	lisovanie za tepla, zlé trieskové opracovanie
		*Forging Brass	≐ 60	38	≐ 2				kovanie, opracovanie trieskové na automatoch
58	Ms 58	Mosadz tvrdá	58	zvyšok	2				

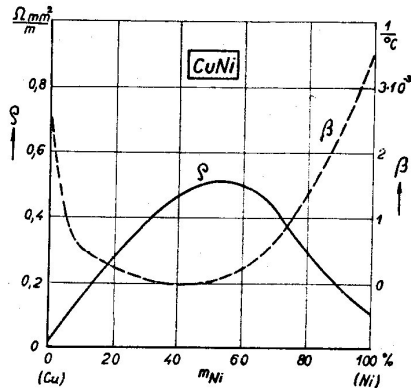
<sup>1</sup> Podľa DIN 1709, Werkstoffhandbuch a Metals Handbook.      <sup>2</sup> V zátvorkách uvádzané druhy sa v Európe nepoužívajú a nie sú normalizované.

W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

# Konstantan



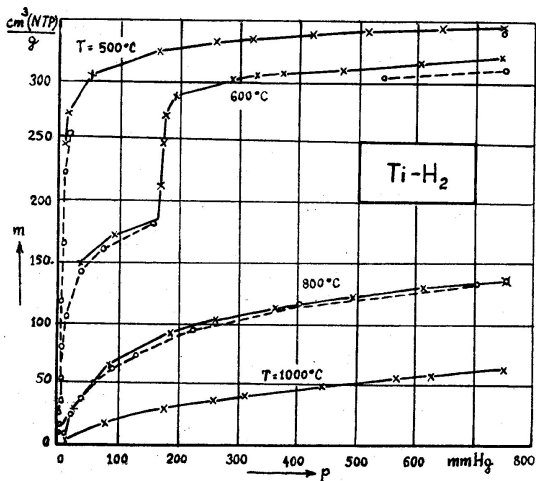
Obr. 6,3-2. Závislosť tepelnej vodivosti  $\lambda$  pri 20–200 °C zliatin CuNi od obsahu Ni  $m_{\text{Ni}}$  (vo váh. %).



Obr. 6,3-3. Závislosť merného elektrického odporu  $\rho$  a jeho súčiniteľa  $\beta = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dT}$  zliatin CuNi od obsahu Ni  $m_{\text{Ni}}$  (vo váh. %).

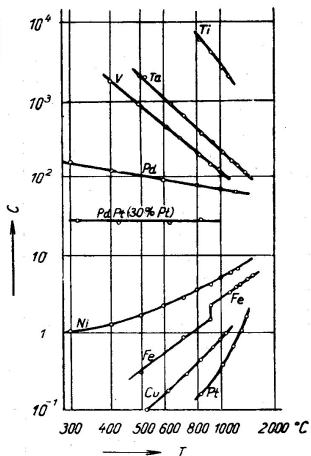
W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

# 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: desorpcia.

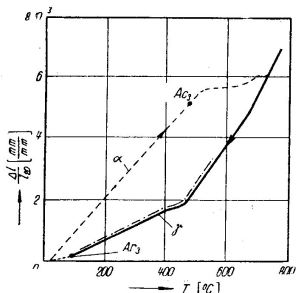
*atomů plynu*  
*10<sup>4</sup> atomů kovu*



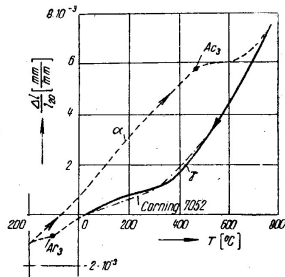
Obr. 3,5-6. Závislost rozpustnosti ( $C$ ) vodíka v tantale a v jiných kovech od teploty  $T$  (pozri obr. 4,2-5, 5,2-10, 7,1-7).

W. Espe: Technologია hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

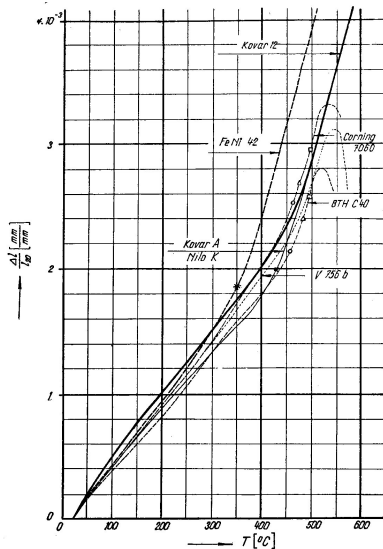
# Kovarové slitiny



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  $\gamma$  na fázu  $\alpha$ , ktorá má oveľa väčšieho súčiniteľa rozťažnosti ako sklo (-.-.-.-), ktoré bolo svojím súčiniteľom rozťažnosti prispôbené pôvodnej fáze  $\gamma$  zliatiny FeNiCo. Pri ohreve zliatiny nad bod  $A_{c_3}$  sa sice premení do fázy  $\gamma$ , avšak pri ochladzovaní na teplotu okolia sa táto opätovne premení na fázu  $\alpha$ , takže priebeh rozťažnosti je vždy nezvratný (pozri Espe [1]).

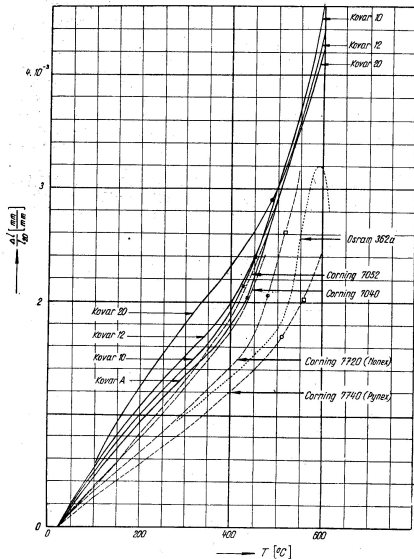


Obr. 6.1-10. Priebeh rozťahovania pre zátavy do skla vhodnej (zvratnej) zliatiny FeNiCo (54/28/17,5), pri ktorej na rozdiel od zliatiny podľa obr. 6.1-9 bol bod  $A_{r_3}$  znížený podstatne pod teplotu okolia znížením obsahu kobaltu: žiňaním pri vysokej teplote raz nadobudnutý stav  $\gamma$  sa zachová 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  $-100^\circ\text{C}$ . Avšak aj vtedy môžeme zliatinu dokonale previesť späť do fázy  $\gamma$  ohrevom nad  $800^\circ\text{C}$ . Podobné zliatiny môžu byť bezchybne zatavované do skla, ktorého súčiniteľ rozťažnosti je prispôbený fáze  $\gamma$  (napr. sklo „Corning 7052“, krivka -.-.-).

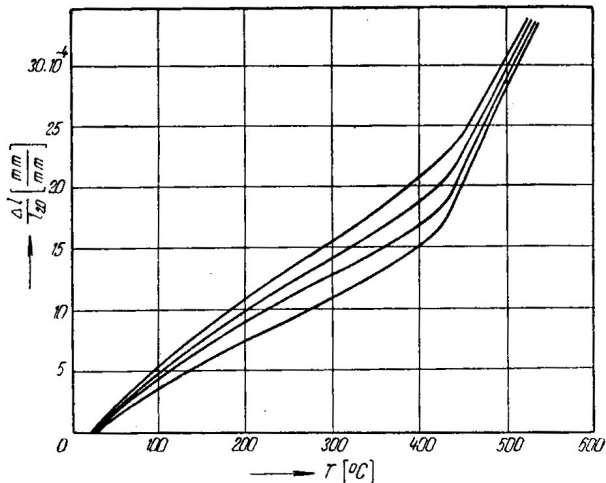


Obr. 6,1-14. Krivky rozťažnosti zliatiny FeNi 42 bez kobaltu (58 % Fe, 42 % Ni), zliatiny FeNiCo kovar 12 (54 % Fe, 29 % Ni, 18 % Co) a tomuto úspôsobeného skla pre zatavovanie (Corning 7060), ako aj zliatiny FeNiCo kovar A, prip. Nilo K a dvoch týmto prispôbených skiel (BTH C 40 a Osram 756b).



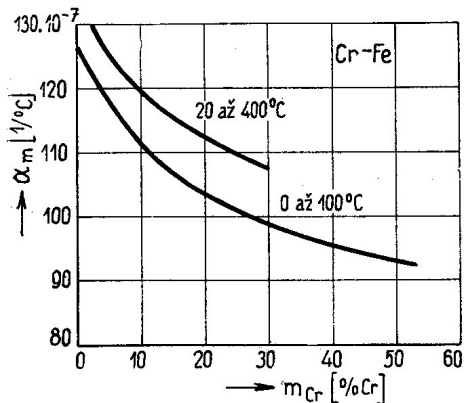


Obr. 6.1-15. Krivky roztlačnosti niektorých obchodných kovarových zliatin po vyzhnaní (Vacuumannealing, Stupa-koff) a niektorých skiel pre zášavy s kovarom (Corning Glass Works 7052 a 7740). Pre porovnanie sú uvedené dvojská pre zášavy s volfrámom (Osrani 362a a Corning 7720), ako aj tvrdé sklo Pyrex.

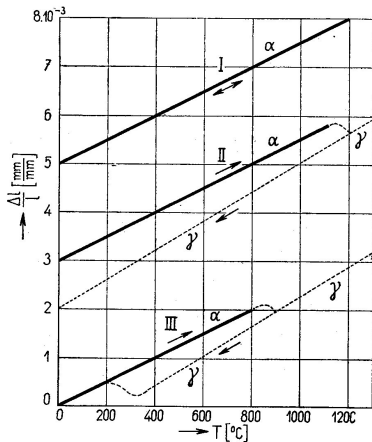


Obr. 6,1-16. Rozptyl kriviek rozťažnosti rovnakej obchodnej zliatiny FeNiCo pre zátavy z rôznych šarží metalurgickej výroby (Henry Wiggin [1]).

# FeCr



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



Obr. 6,1-35. Príznačné krivky rozťažnosti pre zliatiny chrómuželeza (schematicky, pozri Rose [1]). (Plná krivka: fáza  $\alpha$ ; čiarkovaná: fáza  $\gamma$ ). I: stabilná zliatina FeCr s 28 % Cr a reverzibilnou krivkou rozťažnosti bez bodu zvratu a nepravidelností 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 % N<sub>2</sub> + 0,30 % Ni): pri ohreve nad 1150 °C nastane premena fázy  $\alpha$  na fázu  $\gamma$  značne stabilná fáza austenitická, ktorá sa nedá previesť pri bežnom ochladení na -185 °C nazad do feritickej fázy  $\alpha$ ; preto zliatina po ohreve nad 1200 °C nadobudne väčšieho súčiniteľa rozťažnosti fázy  $\gamma$  ( $\alpha_{25+500}$  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  $\alpha$  na fázu  $\gamma$ ; pri ochladzovaní však spätná premena z fázy  $\gamma$  na  $\alpha$  prebieha až medzi 350-200 °C, čo spôsobuje (pri zatavovaní do skla v tomto teplotnom rozsahu neúnosnú) nepravidelnosť v rozťažnosti.

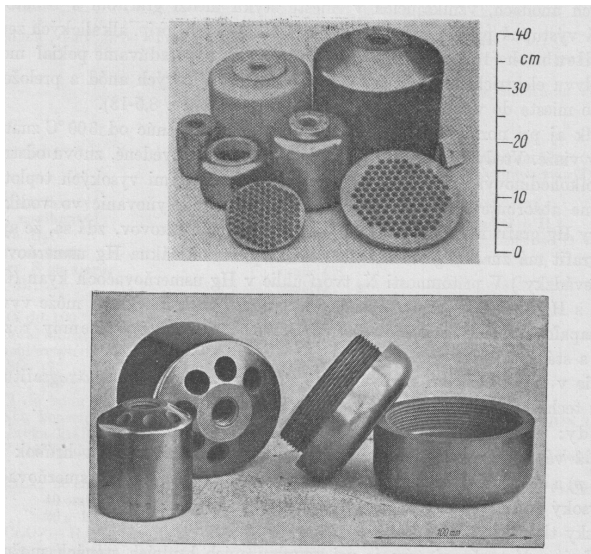
# Hg

$T$ °C	$p$ tor	$m$ g/cm <sup>2</sup> sek	$T$ °C	$p$ tor	$m$ g/cm <sup>2</sup> sek	$T$ °C	$p$ Atm	$m$ g/cm <sup>2</sup> sek
-180 <sup>1</sup>	$2 \cdot 10^{-27}$	$10^{-28}$	48	$1 \cdot 10^{-2}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	400	2	
-78 <sup>2</sup>	$10^{-11}$	$10^{-13}$	82	$1 \cdot 10^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	450	4,3	
-38,9 <sup>3</sup>	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	126	1	$4,1 \cdot 10^{-2}$	500	7 ÷ 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				

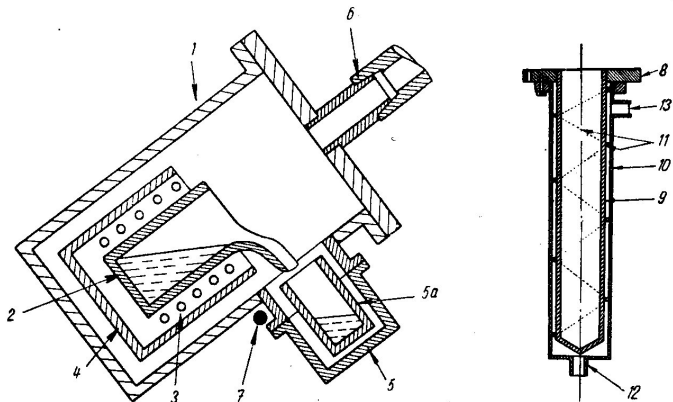
<sup>1</sup> Približná teplota tekutého vzduchu.  
<sup>2</sup> Približná teplota suchého ľadu (CO<sub>2</sub>) v acetóne.  
<sup>3</sup> Bod tavenia Hg.

W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

# C



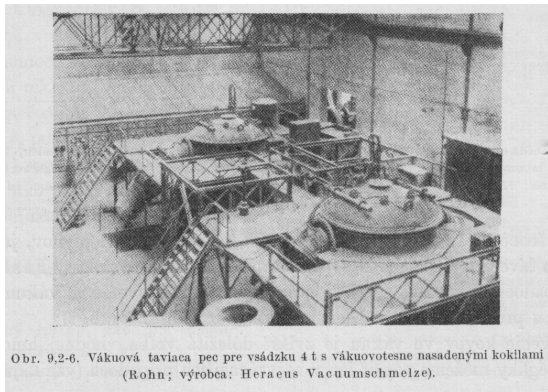
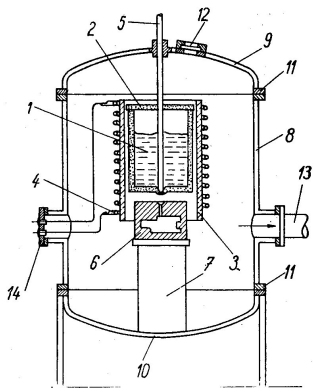
W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960



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 – obyčajný gumený prívod alebo bronzový vlnovec pre čerpanie; 7 – os sklápania takej pece; 8 – príruby na pripevnenie 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.

W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960



Obr. 9.2-6. Vákuová taviaca pec pre vsádzku 4 t s vákuovotesne nasadenými kokilami (Rohn; výrobca: Heraeus Vacuumschmelze).

W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960



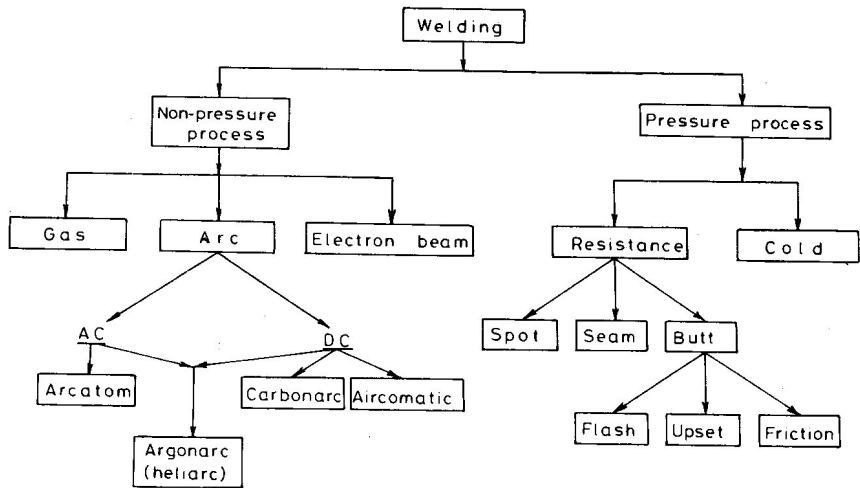
# Spojování kovů

## Svařování

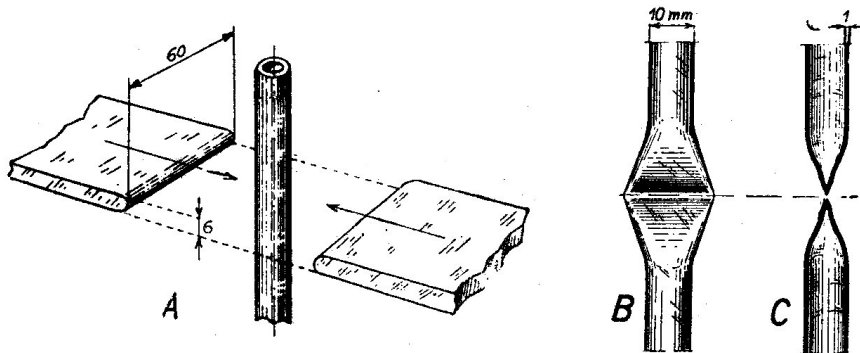
- elektrickým obloukem
- elektrickým obloukem v ochranné atmosféře (Ar, He)
- plamenem
- elektronovým svazkem
- za studena

## Letování

- měkké - teplota tání do  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$
- tvrdé - teplota tání nad  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$

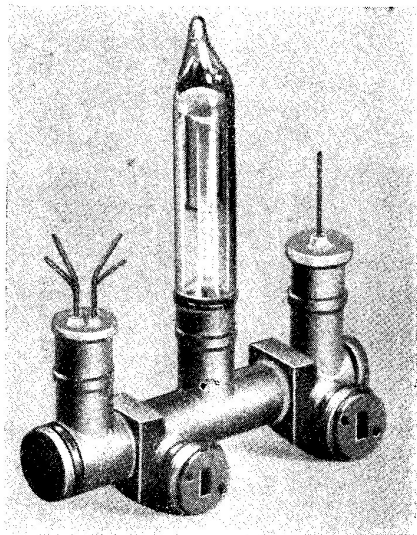
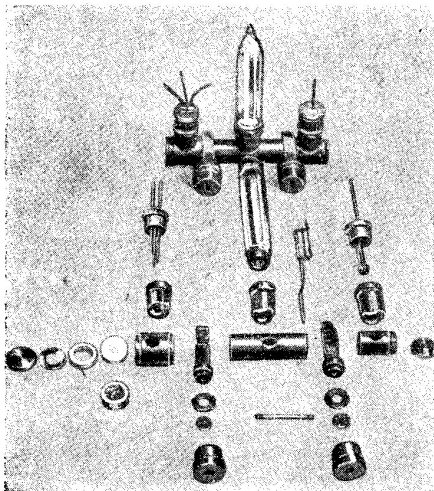


A. Roth: Vacuum technology, Elsevier, 1990



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.

W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960



W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

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 <sup>1</sup>			<sup>2</sup>
Pb	328	360	420	483
Sb	630	340	395	466
Sn	232	640	730	823
Zn	419	140	175	211

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

W. Espe: Technológia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

Zloženie (váhové %)	Druh spájky <sup>a</sup>	Bod tavenia °C	Pozri	Vhodné na spájkovanie	Nevhodné na spájkovanie
Ta fólia	R	2996		W—W <sup>7</sup>	
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) <sup>3</sup>	E	1320 <sup>3</sup>		Mo, Fe	
CuNi (55/45) <sup>8</sup>	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 <sup>4</sup>
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 [1010] <sup>15</sup>	obr. 9,3-37	Fe, Cu, kovar	W, Mo
CuAuNi (62/35/3) <sup>19</sup>		980 [1025] <sup>15</sup>			súčiastky elektrónok
NiMn (43/57)	M	ca 1000		Ti s inými kovmi	
CuSi (97/3)	A	970 1025	obr. 9,3-41	Cu na Cu	
Ag	R	960		Fe a Ni s náhradnou vrstvou spájky ako spájka z čistého Ag	W, Mo
Ag + W — prášok <sup>10</sup>	V				
AuNi (82/18)	M	950	obr. 9,3-38	W, Mo	
CuSnAg (85/8/7)		946 [985] <sup>18</sup>		Cu, kovar	

W. Espe: Technologia hmot vákuovej techniky, SAV, Bratislava 1960

Zloženie (váhové %)	Druh spájky <sup>1</sup>	Bod tavenia °C	Pozri:	Vhodné na spájkovanie	Nevhodné na spájkovanie	
AgCuSn (59/31/10)	E	720	obr. 9,3-36	20	Fe, zliatiny- Fe, Ni, Mo, W	
CuP (91,6/8,4)		[740] <sup>18</sup>		Cu <sup>13</sup>		
AgIn (80/20)		714				
AgCuIn (63/27/10)		[751] <sup>18</sup>				
AgCuSn (53/32/15)		693				
CuAgP (80/15/5) <sup>5</sup>		685		pre stupňové spájkovanie v elektrónkach		
AgCdZnCu (50/18/16,5/15,5) <sup>6</sup>		[710] <sup>18</sup>		20		
AgCuSn (42/33/25)		670		Cu-Cu <sup>13</sup>		Fe, zliatiny- Fe, Ni, Mo W
AuIn (80/20) <sup>2</sup>		[700] <sup>18</sup>				
Au		640				
PbAg (98/2)	D	450-500	tab. 9,3-10	Cu a pomedené čiastky		
CdZnAg (78,4/16,6/5)	E	304		Cu-Cu <sup>14</sup> najmä lamelové chladiče na Cu vonkajšej anódy		
Sn	R	232		14		
SnAg (89/11)		221		Cu, Pt, Fe <sup>16</sup>		
SnPb (63/37)	E	183		16	na predbežné pocíno- vanie Cu <sup>14</sup>	
In		156		17		
SnPbCd (50/25/25)		150		pre postriebrené plochy skla <sup>14, 15</sup>		

# Další materiály

- barierové vrstvy např. TiN pro H<sub>2</sub>
- Mu - metal
  - stínění magnetického pole
  - složení: 77% Ni, 16% Fe, 5 %Cu, 2% Cr nebo Mo
- Beriliová měď' - Cu + 2% Be
- superslitiny - např. Inconel 625 (58 % Ni, 23% Cr, Mo, Nb, Co, Mn, Al, Ti, Si, C, S, P), MKS - Baratron



# Desorpční proud z odplyněných materiálů

<b>materiál</b>	<b>odplynění</b>	<b>(<math>10^{-11}</math> Pa m/s)</b>
dural	20 h při 100 °C	5,3
Cu-OFHC	24 h při 100 °C	2,90
Cu-OFHC	24 h při 250 °C	0,181
Cr(0.5 %)-Cu(99.5 %)	24 h při 250 °C	0,357
AISI 304	30 h při 250 °C	400
AISI 316L	2 h při 800 °C	46

F.OHanlon: A Users Guide to Vacuum Technology, Wiley (2003)