

Vzdelávanie Slovenského zväzu  
pre chladiacu a klimatizačnú techniku

# SPÄŤ K ZÁKLADOM

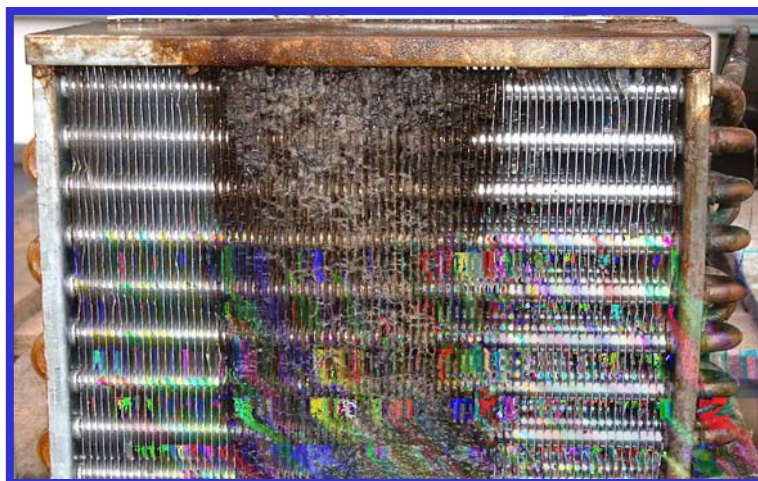
*Kniha druhá*

*Čistota chladiacich okruhov*

*časť štvrtá zameraná na čistotu okruhov, jún 2008*

*Ing. Marián Blaha, CSc.  
a kolektív*

**Prečo čisté výmenníky?**  
**Energetická efektívnosť a kvalita vyfukovaného vzduchu**



**Nečistoty**  
**organické - anorganické**

**A VON  
Z BLUDISKA**



*Späť k základom a von z bludiska sú učebné texty, ktoré vydáva Slovenský zväz pre chladiacu a klimatizačnú techniku v rámci svojho programu pre celoživotné vzdelávanie. Zväz na základe dohody s výrobcami a dovozcami chladiacej a klimatizačnej techniky, zabezpečuje systém školení a skúšky na registráciu odborníkov Zväzu.*

*Zodpovedný redaktor: Peter Tomlein*

*Adresa: SZ CHKT 900 41 Rovinka,*

*Tel./fax: 02/45646971, E-mail: zvazchkt@isternet.sk*

*Zväz je poverenou organizáciou MŽP SR na školenie na prácu s látkami podľa zákona 76/98.*

**Vzdelávanie Slovenského Zväzu  
pre chladiacu a klimatizačnú techniku**

# **SPÄŤ K ZÁKLADOM**

**Kniha druhá, časť štvrtá, jún 2008**

<b>OBSAH</b>	<b>Strana</b>
3	ČISTOTA CHLADIACICH ZARIADENÍ 148
3.2	Čistota vnútorných povrchov 150
3.2.1	Poznámky ku čistote a k výrobe komponentov 152
3.2.1.1	Chladiace jednotky 154
3.2.1.2	Bloková chladiaca jednotka 155
3.2.1.3	Chladiaci okruh 155
3.2.2	Zhotovenie chladiaceho zariadenia 155
3.2.3	Požiadavky na čistotu 158
3.2.4	Rozdelenie nečistôt 167
3.2.4.1	Pevné nečistoty 167
3.2.4.2	Kvapalnú nečistoty 168
3.2.4.3	Plynné nečistoty 169
3.2.5	HLAVNÉ NEČISTOTY 171
3.2.5.1	Teplu pri vyššej teplotnej hladine 174
3.2.5.2	Vzduch, kyslík, vodná para 174
3.2.5.3	Oxidy 178
3.2.5.4	Hydrolyza 179
3.2.5.5	Zhorenie elektromotora 180
3.3	VONKAJŠIE NEČISTOTY 185
3.3.1	Vonkajšie nečistoty na vzduchom chladených kondenzátoroch 185
3.3.2	Vonkajšie nečistoty na vodou chladených kondenzátoroch 186
3.3.2.1	Tvorba vodného kameňa 186
3.3.2.2	Korózia 188
3.3.2.3	Prevencia 189
3.3.2.4	Čistenie 189
3.3.2.5	Čistiace prostriedky 190
3.3.2.6	Biologické znečistenie 190
3.	Záver a literatúra 195

## **O autorovi**



**Ing. Marián Blaha, CSc.**, je rodákom z Važca. Narodil sa 6.5. 1939. Vysokú školu začal navštevovať v Košiciach, odkiaľ prešiel na ČVÚT Praha. V roku 1962 ukončil štúdium a nastúpil do práce v n.p. Calex. V roku 1968 ukončil postgraduálne štúdium na ČVÚT na tému vysokotlaká klimatizácia a v roku 1986 úspešne obhájil vedeckú aspirantúru. Stretávame sa s ním pravidelne na stránkach nášho časopisu, v zborníkoch, je autorom učebných textov, garantoval odbornú úroveň mnohých odborných podujatí a založil úspešnú medzinárodnú konferenciu "*Kompresory*" teraz už sponzorovanú Medzinárodným ústavom pre chladenie v Paríži ap.

### 3. ČISTOTA CHLADIACICH ZARIADENÍ

Ing. Marián Blaha, CSc., Dr. Tibor Blaha, Ing. Peter Blaha

#### 3.1 Úvod

Je známe z praxe, že najmenšie poruchy vykazujú chladiace zariadenia s hermetickou chladiacou jednotkou, ktorých chladiaca jednotka bola zhotovená vo výrobnom závode. Takáto jednotka má predpoklady udržať čistotu častí a súčastí chladiaceho okruhu v požadovaných medziach a chladiace zariadenie vybavené touto jednotkou má väčšie šance dosiahnuť deklarovanú životnosť, ako chladiaci okruh zmontovaný na mieste používania, pretože montér nemá k dispozícii také sušiacie technológie, meracie a kontrolné procesy, tlakovacie a vyhodnocovacie zariadenia, ako má výrobný závod.

Montážny pracovník vo výrobnom závode, ako aj chladiarenský montér na mieste používania chladiaceho zariadenia, musí udržiavať chladiaci okruh, teda okruh vnútorných plôch chladiaceho zariadenia, v takom stave suchosti a čistoty, ako je to len možné. Keď berieme v úvahu, že nečistoty môžu vniknúť, alebo sa môžu aj vytvárať, musí byť pre týchto montážnych pracovníkov problematika suchosti a čistoty okruhu základnou axiómou v prístupe k montáži chladiaceho okruhu, prípadne k jeho oprave.

V chladiarenskej praxi sa vyskytujú prípady, kedy zlyhanie chladiaceho zariadenia sa pripisuje nadmernému znečisteniu vnútorných plôch chladiaceho okruhu pevnými, kvapalnými alebo plynými substanciami, ktoré zhoršujú pracovné podmienky chladiaceho zariadenia ako aj jeho životnosť. Napriek existujúcim záväzným predpisom o kvalite a dodacím podmienkam, sú považované ako zdroje znečistenia chladiaceho zariadenia všetky časti a súčasti chladiaceho okruhu ako sú kompresor, kondenzátor, výparník, regulačné orgány a všetky potrubia, ako aj celý montážny proces vrátane spájkovacieho procesu častí a súčastí okruhu pomocou tvrdej spájky bez použitia inertného plynu. Veľkým problémom je znečistenie aj vonkajšími vplyvmi /*čistota chladiacej, alebo chladenej vody, resp. čistota chladiaceho alebo ochladzovaného vzduchu*/.

Pod čistotou chladiacich zariadení, tak, ako už bolo vyššie predznamenané, sa myslí:

- **čistota materiálov vnútorných plôch chladiaceho zariadenia** /*t.j. čistota chladiva a oleja a čistota vonkajších plôch výmenníkov tepla - kondenzátora a výparníka a ďalších komponentov chladiaceho okruhu*/ . Veľkosť dovolených nečistôt v komponentoch chladiaceho okruhu podľa predpisov a noriem sa snaží výrobca komponentov ešte znížiť. Čistota vnútorných plôch hlavných komponentov sa zabezpečuje technologickými procesmi vo výrobnom závode jednotlivých dielcov. V nemalej miere sa o čistote rozhoduje pri montáži chladiaceho zariadenia vo výrobnom závode, alebo odbornou montážou na mieste používania, resp. neskôr servisom.
- **čistotu vonkajších plôch** /*zabezpečuje ju užívateľ chladiaceho zariadenia, resp. ním poverená servisná organizácia*/ . Od čistoty vonkajších plôch výmenníkov tepla závisia prevádzkové podmienky chladiaceho zariadenia /*tlaky, teploty*/ . S tým súvisí teda, okrem správneho nastavenia prevádzkového režimu chladiaceho zariadenia, hladina teplôt a tlakov v chladiacom zariadení. Pri vysokých teplotách na výtlaku chladiaceho zariadenia sa urýchľujú rozkladné procesy, ktoré môžu spôsobiť spálenie kompresora a tým znečistenie celého chladiaceho zariadenia.

Výrobcovia kompresorov, kondenzačných jednotiek, chladiacich jednotiek a chladiacich zariadení sledujú a vyhodnocujú poruchovosť členov chladiaceho okruhu, osobitne kompresorov, z reklamácií. Získané informácie o počte porúch sa dopĺňujú o informácie

získané od širokého okruhu spotrebiteľov a hlavne od pracovníkov servisnej siete. Tieto informácie sú dôležité pre:

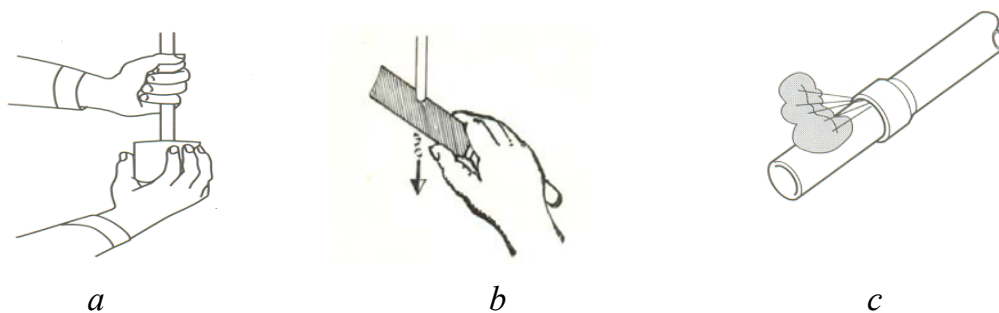
- *reklamačné konanie*, ako aj pre
- *konštrukčné zlepšenie výrobkov*.

Z poznatkov známeho výrobcu hermetických kompresorov Danfoss /L25/ a skúseností s ich užívateľmi a servisnými organizáciami sa ukázalo, že je veľký rozdiel vo výške poruchovosti vrátených kompresorov z chladničiek a mrazničiek pre domácnosť /*tieto výrobky sa hotové vyrábajú vo výrobnom závode*/ a kompresorov určených pre výrobky komerčného chladenia /*chladiace okruhy týchto výrobkov sa zhotovujú na mieste používania*/, pričom väčšiu poruchovosť vykazovali kompresory z výrobkov komerčného chladenia.

### 3.1.1 Montáž a výroba chladiaceho zariadenia

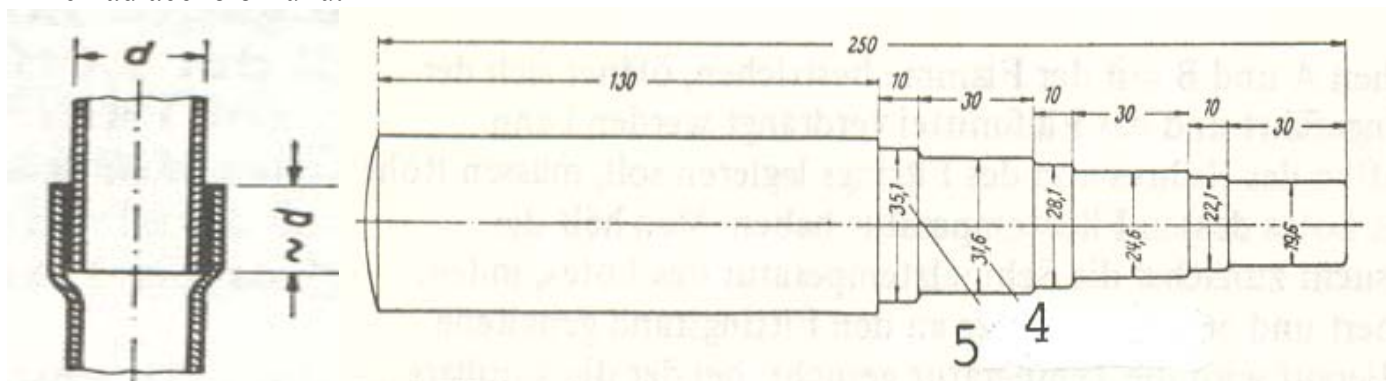
Montáž sa zásadne líši, keď chladiaci okruh je zhotovený:

- **z nerozoberateľných spojov** (*používajú sa vtedy len hermetické kompresory*):
  - *zváraných*,
  - *spájkovaných*
- **z rozoberateľných spojov** (*používajú sa vtedy hermetické a polohermetické kompresory*):
  - *kalíškových spojov v kombinácii s*
  - *nerozoberateľnými spojmi*.
- **z prírubových, kalíškových spojov, prípadne nerozoberateľných spojov**: Používajú sa vtedy polohermetické a otvorené kompresory.



Obrázok 71 **Príprava a spájkovanie medených rúrok.** *Legenda: a - odhrotovanie rúrok pred zváraním pomocou odhrotovačky, b - odhrotovanie pomocou pilníka, pričom poloha rúrky je zvislá, takže piliny nezostávajú v rúrke, c - kvalitným spájkovaním sa vyhneme netesným spojom*

Pri identifikácii chýb z hľadiska možných netesností, únikov chladiva a prisatia okolitého vzduchu do chladiaceho systému, hlavne, keď sací tlak je nižší ako atmosférický tlak, sa pristupuje k hodnoteniu, oprave a odstraňovaniu vlhkosti a iných nečistôt z chladiaceho okruhu.



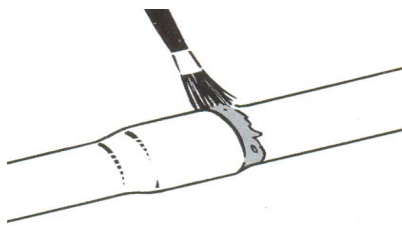
a/

b/

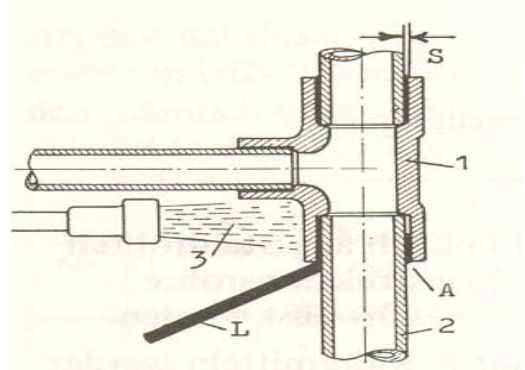
**Obrázok 72a Spájkovanie medených rúrok rovnakého priemeru** rozháňaním priemeru jednej rúrky a spájkovanie rúrok rôzneho priemeru do uzla pomocou fittingu. Spájkuje sa na čisté, nezoxidované spájkovacie plochy. Vnútorne a vonkajšie plochy Cu rúrok sa čistia špeciálnymi kartáčmi. Spájkou s množstvom striebra 30% sa spájajú materiály Cu-Cu a oceľ-med'. *Legenda:*

a - minimálny priemer zasunutia rúrky s priemerom  $d$ ,

b - rozháňací trň pre priemery medených rúrok  $\varphi=22 \times 1, \varphi=28 \times 1,5$  a  $\varphi=35 \times 1,5$  mm, 4 - strediaci priemer, 5 - rozháňací priemer.



c

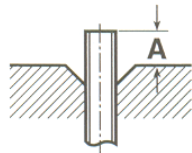


d

**Obrázok 72b Tavidlo a rozbočovací fitting**

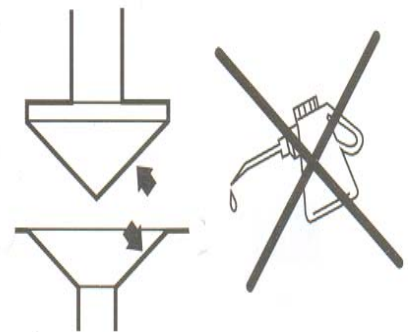
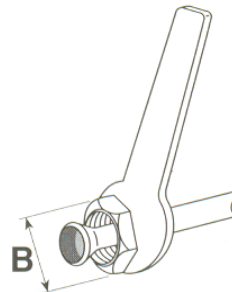
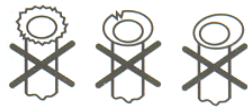
c - nanášanie tavidla v tenkej vrstve pred spájkovaním okolo spájkovacieho miesta. Pre striebornú spájkku je to špiritus, alebo destilovaná /nevodivá/ voda

d: 1 - rozbočovací fitting, 2 - Cu rúrka, 3 - plameň horáka, S - spájkovacia medzera, L - spájka,



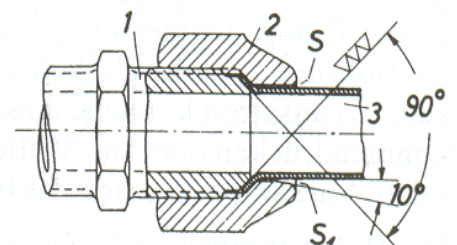
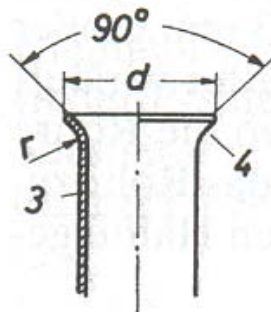
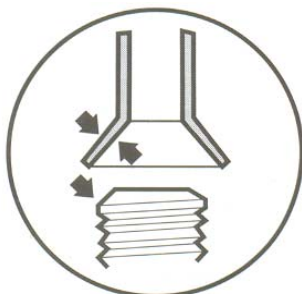
A mm	B mm	
	R-401A	(R-22)
0~0.5	17	(17)
0~0.5	22	(22)
0~0.5	26	(24)
0~0.5	29	(27)

1/4" 6.35 mm  
3/8" 9.52 mm  
1/2" 12.70 mm  
5/8" 15.88 mm



a

b

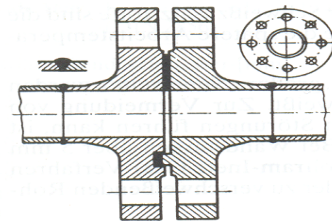
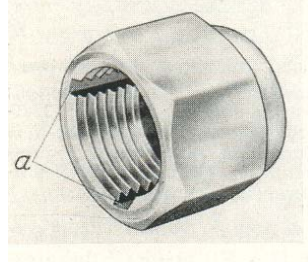
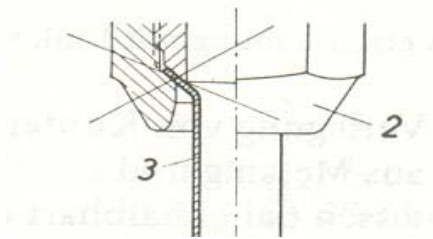


c

d

e

Obrázok 73a **Rozoberateľné kalíškové /pertlovacie/ a prírubové spoje v chladiacich okruhoch.** Legenda: a-zhotovenie kalíška /pertlu/ na medenej rúrke pomocou pertlovačky, b-pre zhotovenie pertlu sa na plochách pertlovačky nepoužije minerálny olej, c-plochy pertlu na rúrke musia byť čisté, d-rúrkový kalíšok 4 /pertel/ na rúrke 3, e-skrutkový kalíškový rozoberateľný spoj s fittingom, ktorý má závit 1 a s prevlečnou maticou 2 /výkovok/, ktorá má 10°odľahčenie pre podnulové teploty s výskytom ľadu,



f

g

h

Obrázok 73b f-detail podobného spoja ako na obrázku e, g-prevlečná matica /výkovok/ pre podnulové teploty s drážkami rovnobežnými s osou matice pre možný výskyt ľadu, h-prírubový spoj /používa sa pre oceľové rúry/ s tesnením - v hornej časti: pre nadnulové teploty, v spodnej časti: pre podnulové teploty.

### 3.2 ČISTOTA VNÚTORNÝCH PLÔCH

Chladiace zariadenie bude v prevádzke dobre a spoľahlivo pracovať, keď budú splnené určité požiadavky. Jednou z nich je čistota chladiacich zariadení.

Tak, ako je to uvedené v ďalšom texte, **vlhkosť a ďalšie nečistoty spôsobujú :**

- rozklad oleja a chladiva,
- pomedňovanie /v literatúre sa tiež označuje termínom „plátovanie medi“/,
- upchatie filterdehydrátorov,
- koróziu kovových súčastí vo vnútri systému,
- zníženie účinnosť výparníka vytvorením ľadu na vnútorných plochách /pri vyparovacích podnulových teplotách/, v dôsledku čoho sa znižuje výmenná plocha, ktorá spôsobuje nedostatočné vyparovanie chladiva, čím klesá dopravná účinnosť a tým chladiaci výkon,
- blokovanie rozťažnostných systémov následkom tvorenia ľadu,
- upchávanie mazacích kanálov - zhoršenie mazania kompresora, poškodzovanie ložísk, piestov a čapov, t.j. nedostatočné mazanie trecích miest kompresora, rast príkonu kompresora,
- nedostatočné chladenie kompresorov v dôsledku zanesenia plášťa kompresora prachom,
- skraty elektrických vinutí motorov hermetických kompresorov, zhorenie motorov.

#### 3.2.1 Poznámky ku čistote a k výrobe hlavných komponentov

Čistotu hlavných komponentov chladiaceho okruhu zabezpečujú rôzni výrobcovia, ktorí sa špecializujú na výrobu kompresorov /obrázok 74/, kondenzátorov /obrázky 96, 97/, výparníkov /obrázky 94,95/, regulačných orgánov, filterdehydrátorov a i. Táto špecializácia výroby nie je v celom rozsahu výkonov. Sú firmy, ktoré:

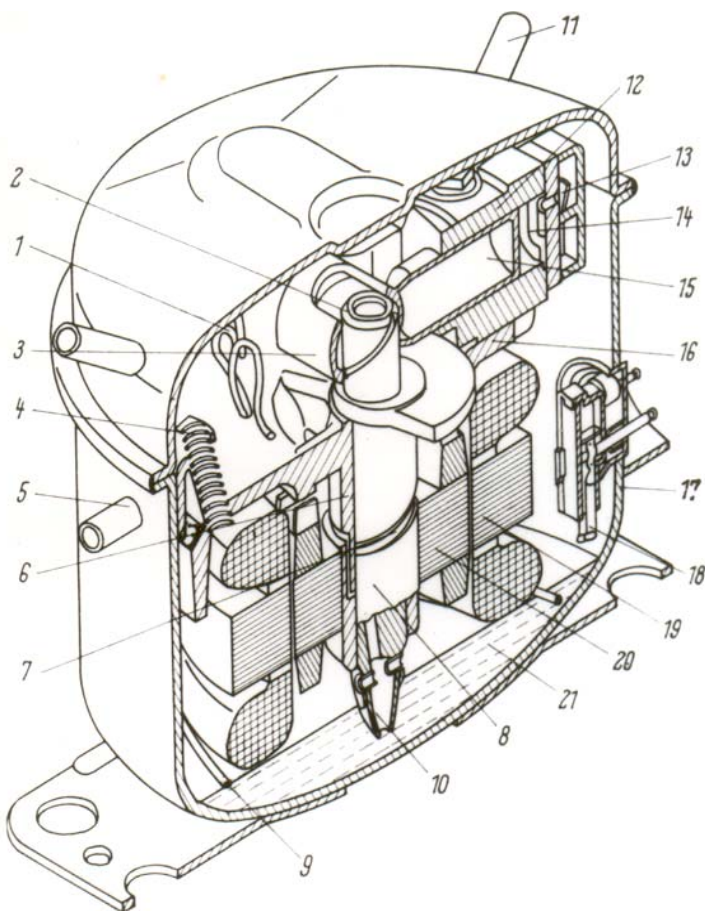
- vyrábajú len kompresory malých chladiacích výkonov, iné vyrábajú kompresory pre stredné, resp. veľké výkony. Sú však firmy, ktoré vyrábajú kompresory v celom rozsahu výkonov – predovšetkým japonské firmy. Kompresory sú na trhu predmetom ponuky a dopytu.

Taktiež toto rozdelenie špecializácie výroby kompresorov sa týka aj konštrukcie kompresorov: určití výrobcovia sa špecializujú na piestové, iní na rotačné, resp. turbokompresory. Len malý počet výrobcov vyrába kompresory rôznych principiálnych konštrukcií.

Poznamenávame, že najnižšie výkony chladičkových kompresorov sú dvojité, boli prispôbené na frekvenciu elektrickej siete. To znamená, že zvýšenie otáčok v päťdesiatych rokoch minulého storočia viedlo všetkých výrobcov kompresorov malých chladiacích zariadení pre domácnosť k rozmerovej miniaturizácii a hermetizácii celého chladiaceho okruhu a optimalizácii chladiaceho zariadenia, t.j. rozoberateľné spoje chladiaceho okruhu boli nahradené zváranými, resp. spájkovanými spojmi.

V dôsledku toho hermetický piestový kompresor sa vyrába s veľmi malými rozmerovými toleranciami jednotlivých hlavných častí: piest nemá trecie krúžky /do priemeru asi 40 mm/ a upchávku hriadeľa. Za takých okolností sa vyžaduje veľká čistota jednotlivých súčiastok a teda aj zostavy samotného kompresora.

Kompresor pracuje pri vysokých otáčkach a vysokých teplotách a rôznych tlakoch – v závislosti od rozsahu vyparovacích teplôt a teplôt okolia. Mazanie ložísk a iných trecích dvojíc sa zabezpečuje mazacími otvormi v hriadeľi, ktorých priemer je relatívne malý a ich dĺžka je relatívne veľká, takže z hľadiska spoľahlivej funkcie počas celej deklarovanej životnosti výrobcom kompresora je dodržanie vysokej čistoty kompresora /aby sa mazacie otvory nečistotami neupchali/ a chladiaceho okruhu nevyhnutné. Podobné nároky na čistotu kompresora sú aj pri ostatných konštrukciách kompresorov a tieto uzávery platia pre všetky veľkosti kompresorov.



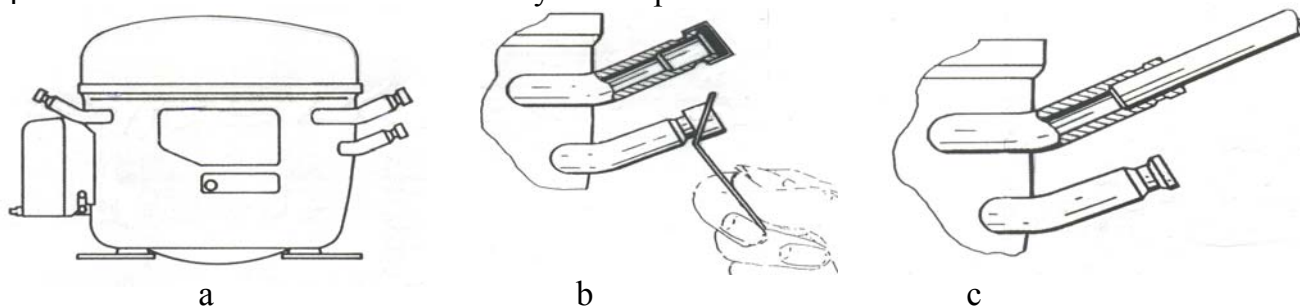
**Obrázok 74 Hermetický piestový kulisový kompresor Danfoss**

*Legenda: 1-výtlačná rúrka, 2-čap, 3-kulisa, 4-závesná pružina, 5-výtlačný nástavec, 6-ložisko, 7-mazacia drážka, 8-hriadeľ, 9-prívodné vodiče, 10-čerpadlo, 11-sací nástavec, 12-valec, 13-výtlačný ventil, 14-sací ventil, 15-piest, 16-nosná časť kompresora, 17-plášť, 18-trojzástrčka, 19-stator, 20-rotor, 21-olej*

Niektoré firmy okrem kompresorov vyrábajú aj chladiace zariadenia, takže kvalita chladiacich zariadení ich núti, aby čistotu a suchosť chladiacich okruhov zabezpečovali už doma – vo výrobnom závode podľa platných noriem.

Na trhu sú k dispozícii TEV, EEV, magnetické ventily, filterdehydrátory, uzatváracie ventily v rozsahu malých a stredných výkonov s nastavcami pre nerozoberateľné spájkovacie spoje a pre rozoberateľné spoje aj v rozsahu veľkých výkonov.

Sú firmy, ktoré vyrábajú len výmenníky tepla, čo do typov, ako aj výkonov. Podobne ďalšie firmy sa špecializujú na výrobu rôznych regulátorov pre chladiace zariadenia. Analogicky to platí aj o všetkých ostatných členoch chladiaceho okruhu, hlavne o potrubí a filterdehydrátoroch. Firmy sa vo vlastnom záujme snažia dodržať deklarovanú a požadovanú kvalitu a čistotu dodávaných komponentov.



**Obrázok 75 Rúrkové tzv. Danconové nastavce** na kompresoroch Danfoss TL, FR, SC. Sú uzatvorené hliníkovými *Capsolut* uzávermi, ktoré zabezpečujú veľmi dobré utesnenie ochranného plynu v kompresore. Nastavce sú ohnuté, aby sa umožnilo lepšie prispájkovanie medených rúrok. Legenda: *a-plniaci, výtlačný a sací nastavce sú vyrobené z hrubostenných ocelových rúrok na konci pomedených – kvôli ušetreniu spájky a bezproblémovému zvaraniu, b-otvorenie Capsolut uzáverov sa robí pomocou špeciálneho náradia, c- zasunutie Cu rúrky až na doraz. Dĺžka zasunutia je minimálne 10 mm – závisí od vnútorného priemeru ocelevej rúrky.*

Platí, že hoci kompresory, výmenníky tepla, regulátory a iné členy sú vyrobené renomovanými firmami a splňajú ako komponenty chladiaceho okruhu, výsledný zmontovaný chladiaci okruh z uvedených komponentov po montáži už nemusí splňať prísne požiadavky na čistotu, ktoré sú potrebné pre bezporuchovú prevádzku chladiaceho zariadenia. To preto, lebo všetko, hlavne pri montáži chladiaceho okruhu na mieste budúcej prevádzky, závisí od:

- *správneho projektu projektanta /návrh optimálneho kondenzátora /rov/ s ventilátormi, filterdehydrátora, prípadne filtra na saní kompresora,*
- *svedomitej činnosti montéra pri montáži chladiaceho okruhu /hlavne kvalitne urobené vákuovanie a plnenie chladiaceho okruhu/,*
- *prístupu užívateľa chladiaceho zariadenia k plneniu pokynov návodov na obsluhu, používanie a údržbu, teda udržiavať nevyhnutnú vonkajšiu čistotu zariadenia /vzduchom resp. vodou chladených kondenzátorov, vodných chladičov, čistotu vzduchových filtrov, atď'./.*

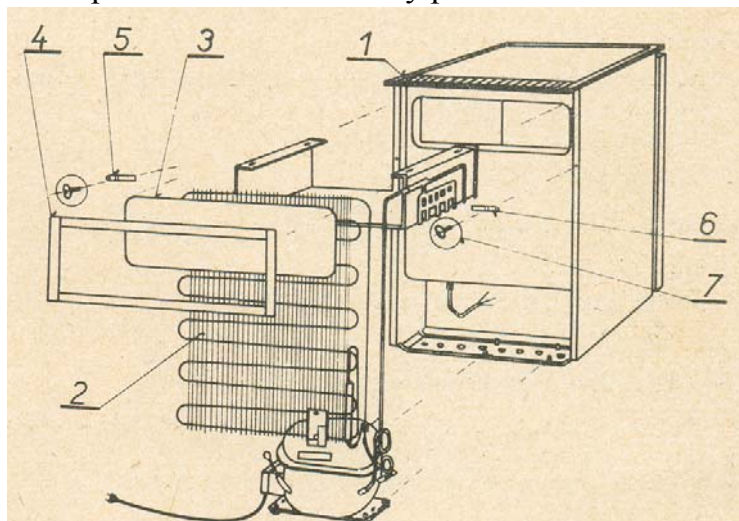


### Montáž chladiaceho okruhu sa robí:

- vo výrobnom závode
- na mieste, kde sa zariadenie bude používať.

#### 3.2.1.1 Chladiace jednotky

Kompletné chladiace okruhy pre malé chladiace zariadenia, zhotovené vo výrobnom závode



Obrázok 76 Úplná hermetická chladiaca jednotka chladničky Calex C170 – výmena chladiacej jednotky  
Legenda:

- 1 - vypenená skriňa
- 2 - chladiaca hermetická jednotka
- 3 - kryt výparníka
- 4 - textilná páska
- 5 - príchytka kondenzátora pravá
- 6 - príchytka kondenzátora ľavá
- 7 - samorezná skrutka

Toto riešenie **nie je univerzálne** – daná úplná chladiaca jednotka sa môže použiť len pre jeden typ chladiaceho zariadenia. To znamená, že chladiaca skriňa určuje nielen rozmery ale aj výkon chladiacej jednotky, ktorá obvykle je výsledkom spolupráce dodávateľa a odberateľa. Ekonomicky je to *ľahko to* výhodné, pretože chladničky sa vyrábajú vo veľkých sériách. Takéto chladiace jednotky pre chladničky do domácnosti dodával podnik Calex desaťročie napr. poľskému odberateľovi vo vynikajúcej kvalite.

Hermetický chladiaci okruh, t. j. okruh s nerozoberateľnými spojmi *zvárané, spájkované, resp. lepené*, sa zhotovuje z hlavných komponentov a potrubí vo výrobnom závode. Tieto sú suché a čisté. Spájkovanie sa robí za prítoku dusíka. Systém sa naplní riadnou dávkou chladiva, pričom v kompresore je spravidla už predpísané množstvo čistého a suchého oleja. Chladivo a olej v hermetickej chladiacej jednotke, resp. v hermetickom chladiacom okruhu s hermetickým kompresorom a zváranými a spájkovanými spojmi vydržia po celú dobu životnosti *minimálne 12 rokov* bez toho, aby do okruhu vnikla nečistota alebo vlhkosť. Plniaci otvor pre chladivo je zalisovaný a plynotesne zaspájkovaný.

Čistotu a suchosť chladiaceho okruhu zabezpečuje výrobca chladiaceho zariadenia. Výber a párovanie trecích dvojíc kompresora sa robí už v skladoch, resp. medziskladoch: súčiastky kompresorov *pred montážou* sa merajú, triedia a označujú v prostredí, kde je zabezpečená požadovaná teplota, vlhkosť a čistota priestoru bez škodlivých pár vo vzduchu. **Podobne klimatizované a teda aj čisté sú priestory montáže kompresorov, kde sa trecie dvojice montujú len so zodpovedajúcimi triedami** *napr. piestu a valca*/. Na montáži je presnosť a dodržovanie čistoty jednou z hlavných požiadaviek pri výrobe kompresoru.

#### Skúška na rozbeh a výkon

Každý pracovník, po ukončení pracovnej smeny, je povinný očistiť montážne pracovné plochy a montážne prípravky. Okrem toho sa robia kontroly čistoty prostredia, kontroly rosného bodu sušiaco vzduchu a dusíku *podnik Calex mal predpis pre kvalitu suchého vzduchu, podľa ktorého teplota vstupujúceho vzduchu do kompresoru pri sušení bola 120°C*

a rosný bod vychádzajúceho vzduchu z kompresoru mal ešte teplotu rosného bodu vzduchu - 50°C. Finálny hermetický kompresor sa skúšal na rozbeh a výkon /kompresor za určitý čas musel natlačiť 40 bar/.

Nečistoty na pracovných ventiloch kompresorov sa prejavili poklesom výkonu. Zo série vyrobených kompresorov za pracovnú smenu sa skúšali dva kompresory na chladiaci výkon, príkon a rozbeh pri stanovených podmienkach. Pravidelne sa odoberali kompresory na skúšku **množstva vody vo vysušených kompresoroch** – skúška sa robila podľa kapitoly 2.3.7 /tretia časť druhej knihy „Späť k základom“/. Množstvo mechanických nečistôt hermetického kompresora sa kontrolovalo podľa kapitoly 3.2.3.

### **Vyrobené kompresory určitého typu sa môžu potom vyhodnocovať a vzájomne porovnávať**

Poprední výrobcovia kompresorov vyššie uvedené nutné predpoklady pre kvalitu výroby spĺňajú - vyrábajú súčasti kompresorov presné, suché a čisté. Vlastnia odmasťovacie procesy, čistiace technológie a vo výrobnom procese závodu sa nachádzajú výrobné, kontrolné a meracie zariadenia, ktoré sú schopné odhaliť prípadné chyby a odchýlky od predpísanej kvality /meranie dopravnej účinnosti, príkonu, atď./.

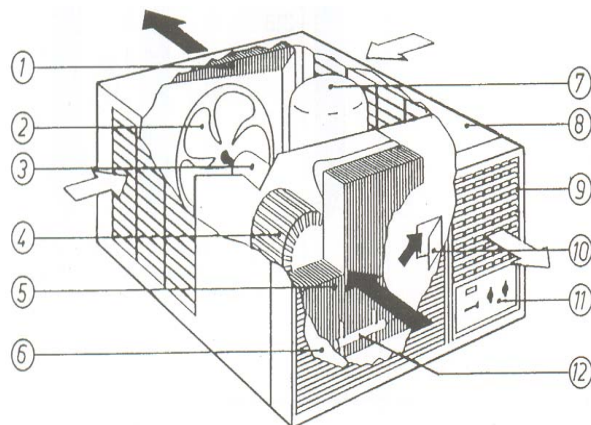
### **Chladničky, mrazničky a okenné klimatizátory**

Vyrábajú sa *na hotovo* vo výrobnom závode /pozrite obrázok 77/. Pritom kompresory a spravidla hlavné ďalšie členy sa nakupujú od špecializovaných výrobcov. Dodávatelia komponentov si uvedomujú, že kvalita a čistota ich výrobkov sú rozhodujúce pre ďalšie odbery.

#### **Obrázok 77 Okenný klimatizátor**

Legenda:

1-kondenzátor, 2-axiálny ventilátor, 3-ventilátorový motor, 4-radiálny ventilátor, 5-výparník, 6-filter, 7-kompresor, 8-skriňa, 9-čelná clona, 10-klapka odpadového vzduchu, 11-obslužné miesto, 12-termostat



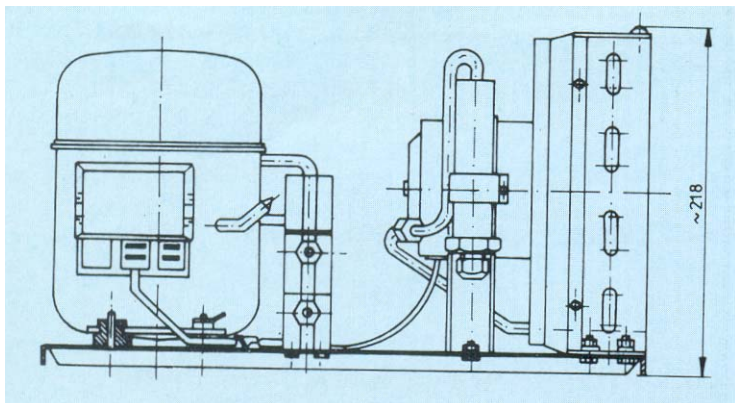
#### **3.2.1.2 Bloková chladiaca jednotka stredného a veľkého výkonu**

Vyrobená a dodaná bloková chladiaca jednotka prichádza na miesto montáže, rám jednotky sa uloží na tlmiace pružiny, zhotoví sa okruh chladiacej vody kondenzátora a okruh vychladzovanej vody chladiča a pripojí sa jednotka elektricky cez rozvádzač na elektrickú sieť. V prípade, keď ide o blokovú jednotku, čistotu chladiaceho okruhu zabezpečuje výrobca a chladiaci okruh, z hľadiska čistoty, považujeme za optimálny. Čistotu vodných okruhov zabezpečuje užívateľ chladiaceho zariadenia.

#### **3.2.1.3 Chladiaci okruh vyrobený z kondenzačnej jednotky /malého a stredného výkonu/, výparníka a škrtiaceho orgánu vo výrobnom závode**

Pri distribučných chladiacich zariadeniach malých a stredných chladiacich výkonov, ako aj pri malých klimatizačných zariadeniach, sa chladiace okruhy najčastejšie zhotovujú z dodanej kondenzačnej jednotky, výparníka a potrebných komponentov, ktoré sa spoja potrubím vo výrobnom závode.

V tomto prípade sa vyžaduje od pracovníkov všetkých operácií dodržať výrobný postup, to znamená použiť všetky komponenty, ako aj chladivo a olej suché a čisté a urobiť kvalitnú a bezchybnú montáž. Všetky technológie, vákuovacie, plniace, kontrolné /tesnosť/ a skúšobné zariadenia /výkon/ sú k dispozícii.

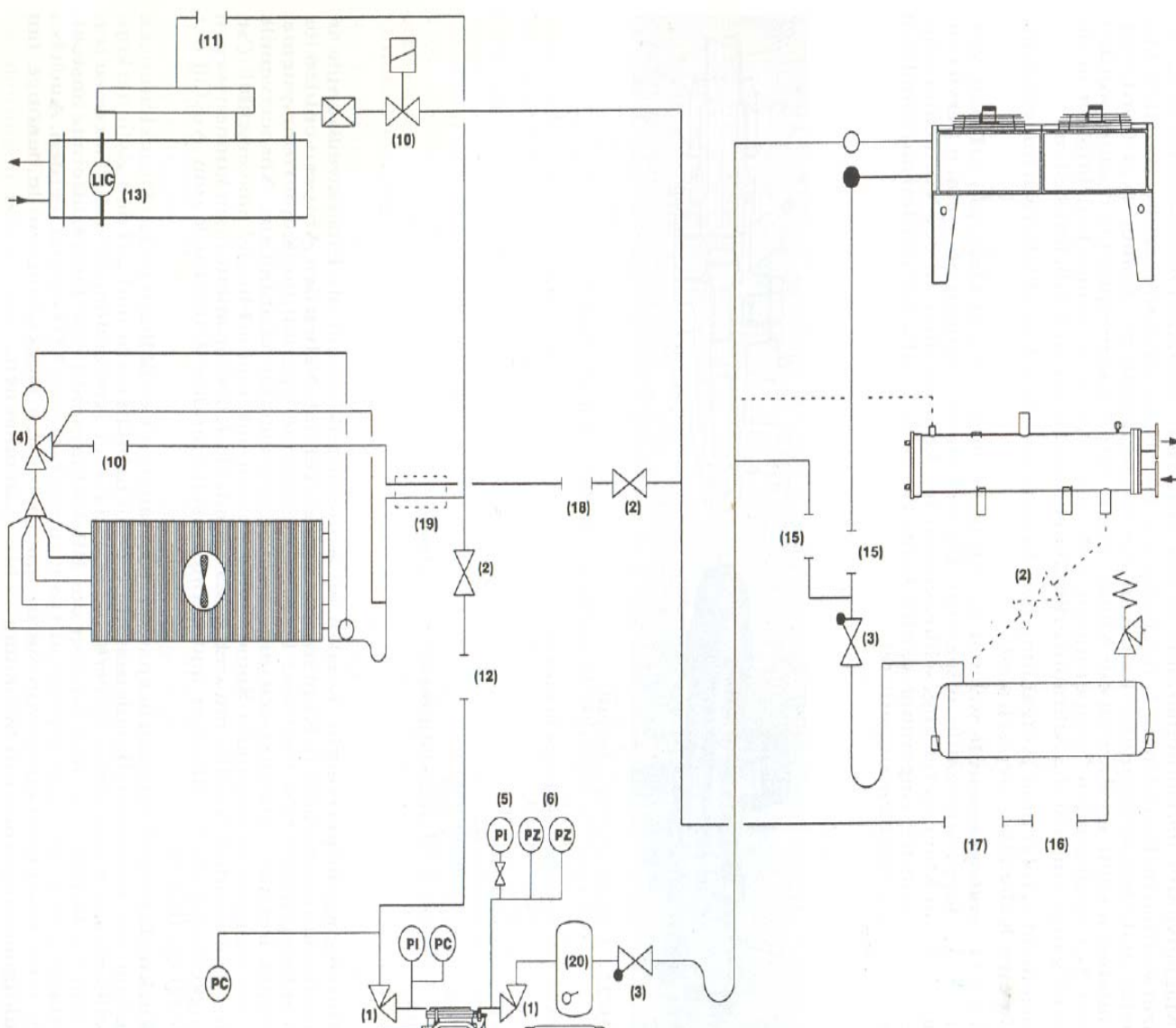


**Obrázok 78 Hermetická kondenzačná jednotka Calex typu KJ5-0 pre chladiace okruhy, kde riadenie prietoku chladiva je kapilárnou rúrkou**

Ak sa montuje kondenzačná chladiaca jednotka mimo výrobného závodu je vhodné, keď sa vloží pred sanie chladiva do kompresoru mechanický filter na zachytenie nečistôt.

### 3.2.2 Zhotovenie chladiaceho zariadenia, t.j. montáž z dodaných komponentov na mieste používania chladiaceho zariadenia

Montér má k dispozícii kondenzačnú jednotku /čo je lepší prípad/, alebo len kompresor a potom ďalšie členy: kondenzátor, výparník a ostatné komponenty chladiaceho okruhu, z ktorých musí zhotoviť chladiaci okruh



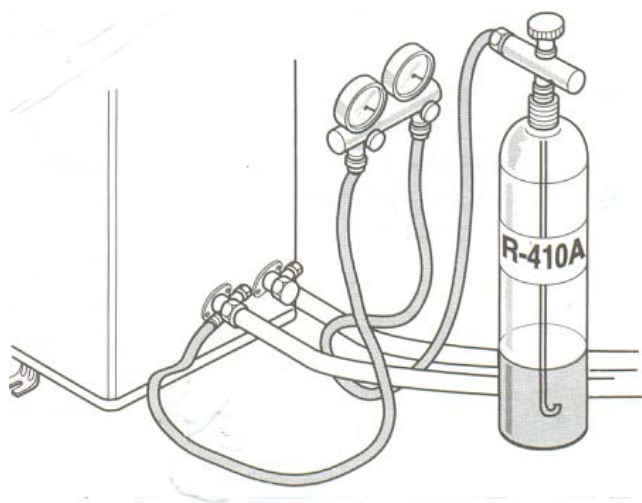
### **Obrázok 79 Schéma chladiaceho okruhu stredného až veľkého chladiaceho výkonu**

*Legenda: 1-uzatváracie ventily, 2-uzatváracie ventily prietoku chladiva, 3-spätné ventily, 4-expanzný ventil, 5-manometer, 6-tlakový istič /alebo obmedzovač tlaku/, 7-kontrola sacieho tlaku, 8-obmedzovač sacieho tlaku, 9-diferenciálny olejový tlakový spínač, 10-magnetický ventil, 11-regulátor vyparovacieho tlaku, 12-regulátor sacieho tlaku, 13-plavákový regulátor, 15-regulátor kondenzačného tlaku, 16-filterdehydrátor, 17-priezorník chladiva /indikátor vlhkosti/,18-filter, 19-výmenník tepla, 20-odlučovač oleja*

Čistota chladiaceho okruhu spočíva na montérovi, ktorý zodpovedá za montáž a odovzdanie chladiaceho zariadenia do prevádzky. Montér nemá technologické zariadenia a ani také možnosti na zabezpečenie čistoty a suchosti jednotlivých komponentov, ako má výrobný závod. Napriek tomu montér musí zabezpečiť čistotu a suchosť komponentov pri montáži. To prakticky znamená že všetky časti a súčasti vložené a zmontované do chladiaceho okruhu musia suché a čisté, vrátane spojovacích rúrok, ktoré sú zbavené ostrín.

Montáži chladiaceho okruhu sa musí venovať potrebná pozornosť po každej stránke, aby chladiace zariadenia pracovalo dobre a spoľahlivo a aby sa nenarušila dobrá povest' chladiarenskej firmy, ktorá robila montáž. Aj pri správnej a odborne urobenej montáži, nepodarí sa dosiahnuť kvalitu čistoty a suchosti chladiaceho okruhu, ako v prípade jeho zhotovenia vo výrobnom závode.

V chladiacom okruhu, podľa obrázku 79 sa vyskytujú totiž nielen spájkované a zvarané spoje, ale aj kalíškové skrutkové spoje, prípadne prírubové spoje a montér nemá k dispozícii také možnosti /*technologie, kontrolné a skúšobné zariadenia*/ ako má výrobný závod.



### **Obrázok 80 Plnenie chladiva R410A do chladiaceho okruhu splitu cez ventil vonkajšej jednotky.**

*Pred plnením sa chladiaci okruh tlakuje a kontrolujú sa všetky spoje detektorom chladiva. To sa dosiahne podľa zásad správnej chladiarenskej montáže, pričom pri spájkovaní sa použije na prefukovanie suchý dusík, čím sa zabráni kondenzácii pár z plameňa.*

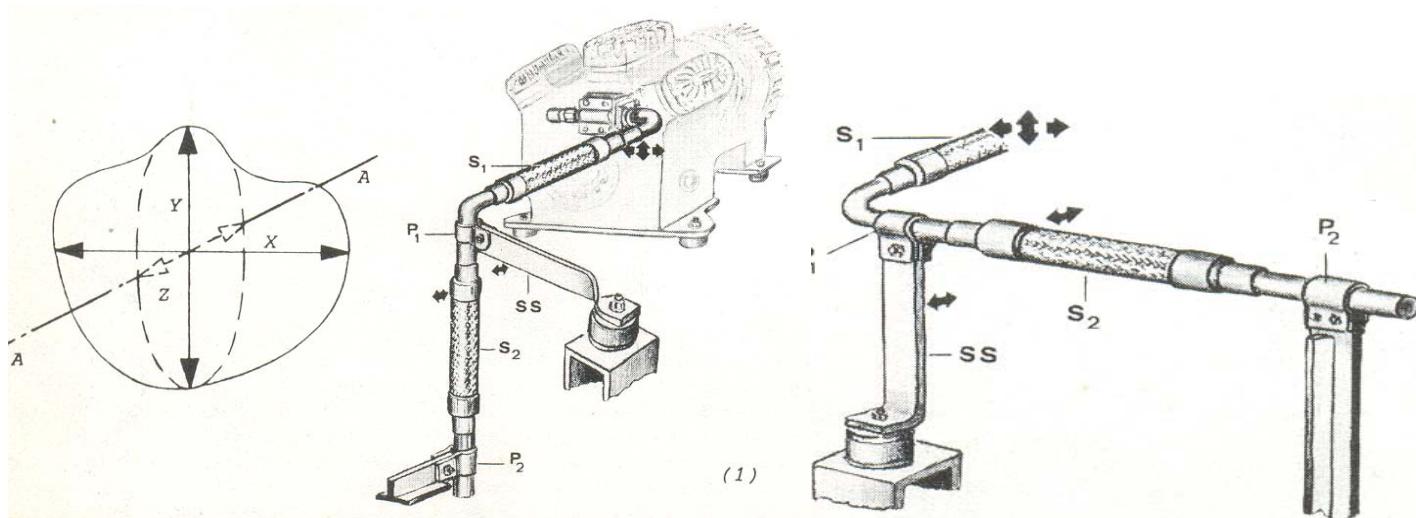
Okrem toho montážny pracovník:

- musí chladiace zariadenie dobre vyvakuovať,
- naplniť okruh čistým a suchým chladivom, resp. olejom.

### Vplyv chvenia /vibrácií/ a pulzácií plynu

Hoci aj kališkové /pertlové/ skrutkové spoje sa používajú „v takzvaných hermetických okruhoch“, tieto spoje nie sú hermetické. Aj keď je únik chladiva prakticky ťažko merateľný, nesprávnou montážou, časom a hlavne chvením a pulzáciou plynu sa zvyšuje.

Chvením a pulzáciou plynu sa totiž môžu uvoľniť skrutkové spoje a tým zvýšiť úniky chladiva. Skrutkové a prírubové spoje sa majú dot'ahovať pri každej servisnej prehliadke chladiaceho zariadenia.



**Obrázok 81** Polohermetický piestový kompresor s tlmiacimi podložkami chvenia kompresoru a amortizátormi pulzácií plynného chladiva. Polohermetický kompresor uložený na silentblokoch na zníženie chvenia a s amortizátorom pulzácie plynu /Anaconda/.  
 Legenda:  $S_1, S_2$  - amortizátor pulzácie plynu,  $P_1$  - podpery, šírka podpier = 2 x priemer potrubia

**Chvenie a pulzácie plynu sú najväčšie v chladiacich okruhoch s piestovými kompresormi, v menšej miere tiež s rotačnými kompresormi.**

Preto sa potrubia ukladajú pružne a v určitých vzdialenostiach sa upevňujú - robia sa opatrenia na zníženie chvenia. O tom bude pojednané v kapitolách „Kompresory“ a „Potrubia chladiaceho okruhu“.

Pulzácie pri chladiacich okruhoch s turbokompresormi sú prakticky bezvýznamné. Taktiež rovnako to platí pre chladiace okruhy so skrutkovými kompresormi.

### Chvenie potrubia

Hlavne výtlačnej rúrky, môže spôsobiť uvoľnenie nečistôt z chladiaceho okruhu po R12 a to po retrofite na R134a. Chladivo R134a je totiž veľmi dobré rozpúšťadlo /podstatne lepšie ako R12/ a usadené nečistoty v kompresore, ktoré sú v rúrkach a iných súčiastkach okruhu s R12 nerozpustené a prilepené, R134a rozpustí a tie potom cirkulujú v chladiacom okruhu s chladivom R134a a olejom. V chladiacich okruhoch, kde prietok chladiva je riadený kapilárnou rúrkou, je najväčším nebezpečenstvom možného vyradenia chladiaceho zariadenia z prevádzky.

### 3.2.3 Požiadavky na čistotu členov chladiaceho okruhu

Chladiaci okruh musí byť čistý z týchto dôvodov:

- z dôvodu funkčnej spôsobilosti,
- z dôvodu nezhoršovania životného prostredia /zvýšenie hodnoty TEWI - rast nepriameho vplyvu prevádzky chladiaceho zariadenia/,
- zvýšenie energetickej účinnosti - chladiaceho výkonu a chladiaceho faktoru,
- z dôvodov zvýšenia prevádzkových nákladov znečisteného systému.

Absolútne čisté chladivo, olej, kompresor alebo výmenník tepla neexistujú. Tieto látky, resp. hmoty môžu prijímať rôzne množstvo vody. Našou úlohou je vodu a nečistoty v týchto komponentoch a potom aj v chladiacom okruhu **minimalizovať**. Na chladiaci okruh sa kladú nižšie uvedené požiadavky.

- **Na jednotlivé časti a súčasti chlad. okruhu, max. množstvo nečistôt:** 100 mg/m<sup>2</sup> z toho:

40% rozpustných a  
60% nerozpustných.  
stupeň vysušenia : rosny bod -35°C  
maximálne množstvo plynov: parciálny tlak 0,1

torr

- **Na chladivo** R12 maximálne množstvo vody : R12 - 10 mg/ kg

R22 - 25 mg/ kg R22

10 mg/kg chladiva\*

- **Na kompresorový olej** oleja maximálne množstvo vody : 30 mg H<sub>2</sub>O/kg

maximálne množstvo kyselín: neutralizačné

číslo\*\*

*\*/všetky chladivá firmy Du Pont.*

*\*\*/ číslo kyslosti je < 0,05 mg KOH/g oleja.*

*Poznámka: Prísne požiadavky na čistotu uvádza napr. americká norma na **chladiarenské medené rúrky**. Stanovuje sa v nej obsah medi na 99,5 %, fosforu 0,05 %, mechanické nečistoty žiadne, povrch rekryštalizovaný bez oxidov, obsah vnútorných nečistôt 0,018 mg na štvorcovú stopu /t.j. 9,9 dm<sup>2</sup>/, rúrky nesmú obsahovať nijaké stopy ostatných kovov a technologickým spracovaním a úpravou sa nesmie pre uvedené použitie nijako zhoršiť ich stav.*

## Kompresory

Hlavne pre hermetické kompresory sa vyžaduje vysoká akosť konštrukcie a výroby. Kompresor musí byť čistý, bez mechanických a chemických nečistôt, ktoré nesmú prevýšiť dovolenú medzu. Každý výrobca predpisuje hodnoty max. nečistôt a vlhkosti.

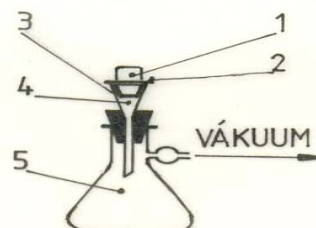
Tak napr. pre malé hermetické kompresory Calex pre chladničky a mrazničky sa udáva pre zdvihový objem 0,8 m<sup>3</sup>/h max. množstvo pevných nečistôt 40 mg a maximálne množstvo vody 60 mg. Je treba povedať že dovolený obsah mechanických nečistôt a vody malých hermetických kompresorov je podstatne nižší pri porovnateľných kompresoroch zahraničných výrobcov /predovšetkým sú to japonskí a americkí výrobcovia/.

## Skúšanie množstva mechanických nečistôt v malom hermetickom kompresore

Skúšanie malých hermetických kompresorov je popísané v STN 14 0618 „Hermetické chladičové kompresory do  $560 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  /  $2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ /. Technické požiadavky na elektrickú bezpečnosť, konštrukciu, chladiacu techniku a metódy skúšok“.

Skúška sa robí na skúšobnom zariadení podľa obrázku 82. Nečistoty, nachádzajúce sa v kompresore, sa zistia vyplavovaním pomocou rozpúšťadiel z plášťa kompresoru a ich zachytávaním v sklenom filtračnom lieviku a potom vážením. Skúšajú sa len také kompresory, ktoré ešte neboli skúšané. Po vyliati oleja z kompresora sa do kompresora naleje rozpúšťadlo, všetky otvory kompresora sa uzavru a striasaním kompresoru sa dosiahne, že rozpúšťadlo splavuje všetky zmyvateľné tvrdé nečistoty. Potom sa rozpúšťadlo z kompresora vyleje na sklený filtračný lievik a odsaje sa. Tento postup vymývania sa 3x opakuje.

**Obrázok 82 Schéma skúšobného zariadenia na kontrolu mechanických nečistôt hermetického kompresora podľa STN 14 0618** *Legenda: 1-sklený filtračný lievik, 2-zatavená sklená filtračná doštička, 3-gumový tesniaci krúžok, 4-lievik, 5-nádoba na odsávanie.*



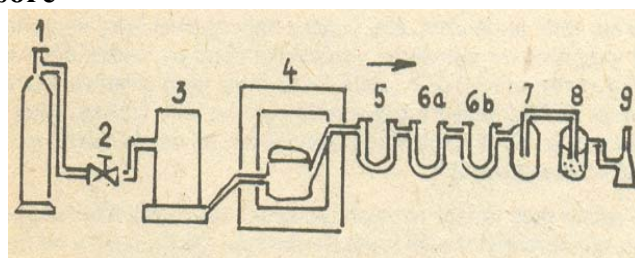
### Skúška množstva vody v malom hermetickom kompresore

V hermetickom kompresore sa robí podľa STN 14 0618. Pri skúške sa množstvo vody v kompresore určí tak, že sa vytlačá vysušeným dusíkom z ohriateho kompresora a absorbuje sa pentoxidom fosforu  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Pri kompresoroch, naplnených olejom pred začiatkom skúšky, treba olej vyliat' z plášťa kompresoru.

Schéma skúšobného zariadenia je znázornená na obrázok 83 /pozrite kapitolu 2.3.7/.

### Obrázok 83 Skúška množstva vody v kompresore

*Legenda: 1-flaša na dusík, 2-regulačný ventil, 3-sušiaci veža, 4-vyhrievacia komora, 5-U-rúrka so zabrúsenou zátkou naplnená sklenou vatou, 6a, 6b-U-rúrky so zabrúsenými zátkami naplnené sklenou vatou,  $\text{P}_2\text{O}_5$  a pemzou, 7-indikátor bubliniek bez náplne, 8-indikátor bubliniek naplnený  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 9-prietokomer*



Množstvo vody v kompresore naplnenom olejom sa určí zo súčtu množstva vody z kompresora nenaplneného olejom a množstva vody v oleji. Množstvo vody v oleji sa vypočíta z určeného množstva vody podľa metódy Karla Fischera násobením množstva oleja vyliateho z plášťa kompresoru. Tiež je dovolená iná ekvivalentná metóda na určenie množstva vody v kompresore. Skúška sa robí v chemickom špecializovanom laboratóriu.

### Chladivo

Chladivo sa plní do chladiaceho zariadenia z nádoby v dodanom stave od výrobcu chladiva – vo výrobnom závode chladiaceho zariadenia sa už nesuší.

*Poznámka:* Kvapalné chladivo vo fľaši môže vyplniť max. 80 % vnútorného objemu fľaše!!!

### Obrázok 84 Najčastejšie tvary nádob na chladivo

Sú to tlakové nádoby. Majú označenie, ktoré je vyznačené na nádobe:

-meno, firemná značka výrobcu a výrobné číslo,

-značka o schválení konštrukcie,

-značka naplneného plynu,

-hmotnosť prázdnej nádoby,

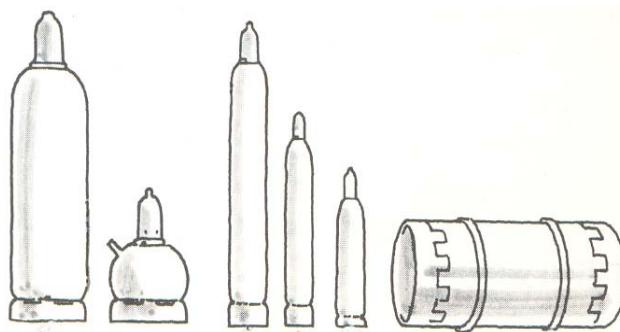
-max. hmotnosť v kg, objem v litroch,

-skúšobný tlak v baroch,

-pečiatka odborného úradu,

-mesiac a rok prvého odberu, opakovaná skúška a nasledujúca skúška,

-na požiadanie vlastníka fľaše: meno a firemná značka vlastníka.



Fľaše skúša pravidelne výrobca a dodávateľ chladív na obsah nečistôt. Podobne sa majú skúšať fľaše na dusík, argón, či hélium na obsah nečistôt!

### Výrobcovia chladív zaručujú uvádzajú tieto 4 základné požiadavky:

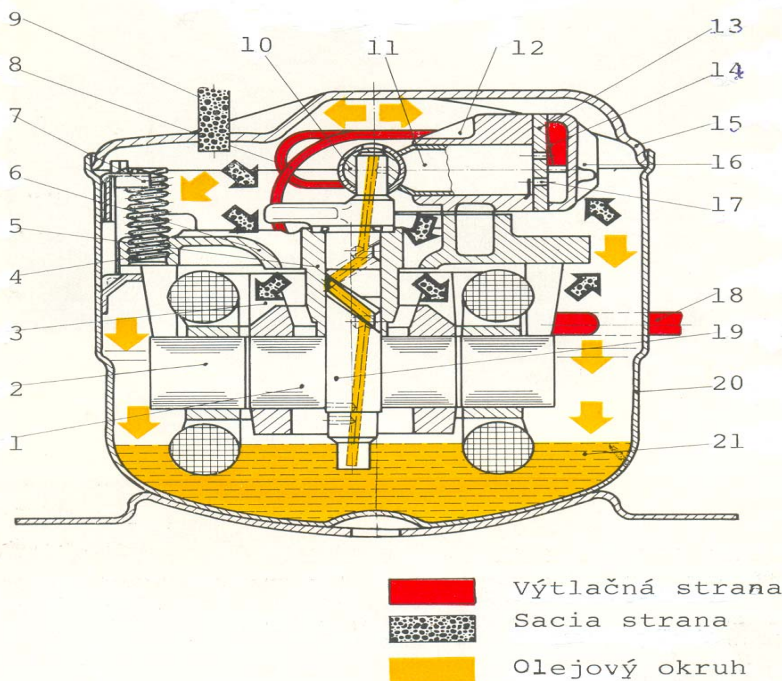
1. chladivá nesmú obsahovať viac ako 10 ppm, čo je vlastne 10 mg  $H_2O$  v 1kg chladiva, t.j. 0,001 percenta vlhkosti,
2. nesmú obsahovať viac ako 0,001 percenta /objemových/ vysokovriacich nečistôt,
3. nesmú obsahovať žiadne kyseliny, ani stopové,
4. množstvo nekondenzovateľných plynov v parnej fáze chladiva max. 1,5 percenta.

Neexistuje univerzálne chladivo pre každé použitie. Každé chladivo má celkom určité vlastnosti. Preto chladivo označené na štítku kompresoru sa nemá nikdy miešať s iným chladivom alebo nahradzovať iným!

### Olej

#### Obrázok 85 Tok chladiva a oleja v kompresore dkk Scharfenstein

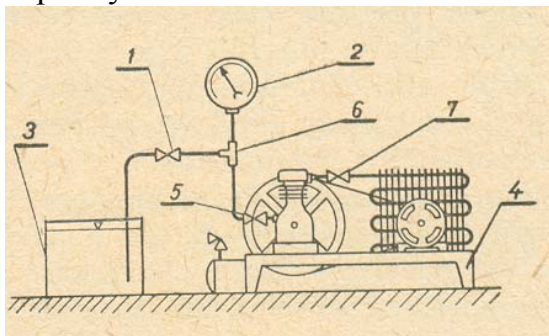
Legenda: 1-stator, 2-rotor, 3-ventilátor, 4-závesná pružina, 5-hlavné ložisko, 6-nosná časť kompresoru, 7-záves, 8-výtlačná rúrka, 9-sací nástavec, 10-kameň, 11-piest s kulisou, 12-valec, 13-ventilová doska, 14-výtlačný ventil, 15-vrchná časť plášťa kompresoru, 16-hlava valca, 17-sací ventil, 18-výtlačný nástavec, 19-kľukový hriadeľ, 20-spodná časť plášťa kompresora, 21-olej



Výrobca oleja dodáva olej vysušený na hodnotu 30 mg  $H_2O$ /kg oleja, ale niektorí výrobcovia hermetických kompresorov ešte ďalej tento olej sušia na hodnotu 20 mg  $H_2O$ /kg oleja. Pri voľbe oleja pre kompresory sa prihliada na jeho kvalitu a predovšetkým na jeho fyzikálne a chemické vlastnosti. Kvalitné oleje nemajú žiadne kyseliny a alkálie, majú malé



neutralizačné číslo a číslo zmydelnenia a množstvo popola, živíc, tvrdých asfaltov a síry je nepatrný.



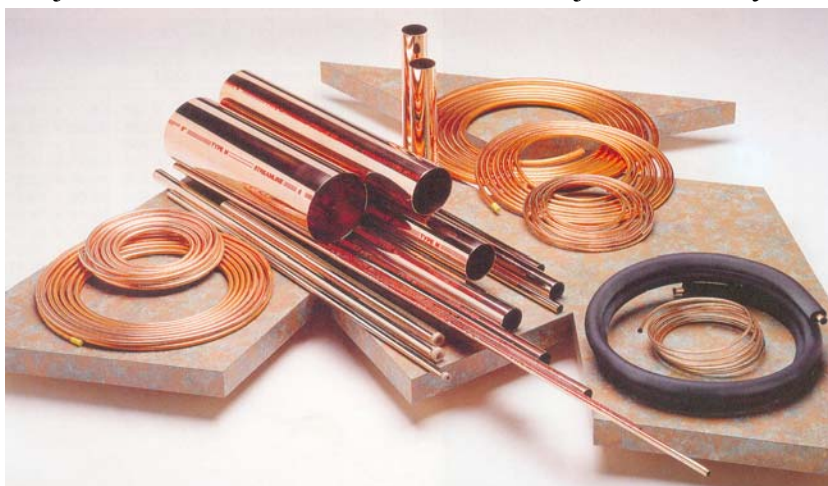
**Obrázok 86 Schéma zapojenia pri doplnení oleja do kompresora. Olej sa plní, keď je kompresor v kľude**

*Legenda: 1-uzatvárací ventil, 2-manovákumeter, 3-nádoba s olejom, 4-kondenzačná jednotka, 5-sací zatvárací ventil, 6-odbočka, 7- výtlačný uzatvárací ventil*

Do kompresorov a chladiacich zariadeniach sa doplňuje /ak je to potrebné/ len dobre vysušený olej, pozrite obrázok 86 /pozri údaje vyššie/. Olej nesmie mať žiadne nečistoty, ktoré reagujú s chladivami, pretože reakčné produkty môžu zapríčiniť poruchy, prípadne zlyhanie chladiaceho zariadenia.

## Rúrky

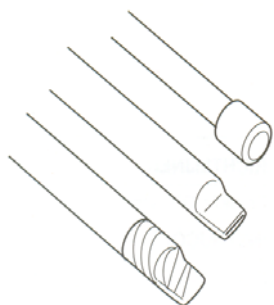
Rúrky chladiaceho zariadenia na vnútorných plochách nesmú obsahovať nečistoty, ako vlhkosť, olejové masťné škvrny, alebo mazadlá, ako aj pevné nečistoty /hrdzu, okuje, šupiny, triesky/. Vnútrotný povrch musí byť čistý. Rúrky, v stave dodania, /tyče, kotúče/ majú dovolené množstvo nečistôt, ktoré je uvedené vyššie /strana 157/.



**Obrázok 87 Medené rúrky pre chladiace zariadenia**

*Dodávajú sa:*

- a/v kotúčoch 25 a 50 m,*
- b/v tyčiach 4, a 6 m,*
- c/v kotúčoch s izoláciou.*



**Obrázok 88 Dodávané a skladované Cu - rúrky s uzavretými koncami**

*Legenda /zhora dolu/:*

- rúrky uzavreté zátkami z plastickej látky,*
- rúrky zalisované a zaspájkované,*
- rúrky zalisované a zapáskované.*

Rúrky, používané v hermetických, polohermetických a otvorených chladiacich zariadeniach malého a stredného výkonu sú z medi vysokej čistoty. V chladiacej technike sa používajú Cu – rúrky s priermi od  $\varphi = 6 \times 1$  až  $\varphi = 108 \times 2,5$  mm.

Rúrky sa dodávajú s uzavretými koncami, pozrite obrázok 88. Sú:

- uzavreté elastickými čiapočkami, alebo zátkami /od priemeru  $\varphi=22$  mm vyššie/ a dodávajú sa v ťahaných dĺžkach 4 a 6 m,
- zaklepnuté /zalisované/, alebo plynottesne zaspájkované, alebo zavarené do vonkajšieho  $\varphi=22$  mm a dodávajú sa v kotúčoch s dĺžkou 25, resp. 50 m,
- ak je dodaný zväzok rúrok, konce sú zalisované a zapáskované.

DIN 8905 stanovuje, že vypieraním rozpúšťadlami pri čistení, rozpustný, pevný podiel nečistôt nesmie presahovať 100 mg/m<sup>2</sup> vnútornej plochy. Z toho môže byť:

- max. 40 mg/m<sup>2</sup> rozpustných a
- max. 60 mg/m<sup>2</sup> nerozpustných nečistôt.

Pre konštrukciu výmenníkov tepla chladničiek, hlavne tzv. kondenzátorov s vyžarovacími drôtmí, sa používajú rúrky BUNDY – sú malých priemerov do 8 mm.

V oblasti veľkých výkonov sa používajú oceľové rúrky. Pre chladivo amoniak sa používajú oceľové rúrky v celom rozsahu chladiacich výkonov. Rozmery najčastejšie používaných Cu rúrok sú v tabuľke 45.

Tabuľka 45 Najčastejšie používané priemery Cu rúrok v chladiacej technike

Vonkajší priemer x hrúbka steny mm	Vnútorný priemer mm	Voľný svetlý prierez m <sup>2</sup>	Vnútorná povrchová plocha m <sup>2</sup> / m	Vonkajšia povrchová plocha m <sup>2</sup> / m	Pomer vonkajšej povrchovej plochy ku vnútornej povrchovej ploche	Objem na bežný meter dm <sup>3</sup> / m	Hmotnosť na bežný meter kg / m
6 x 1	4	0,000126	0,0126	0,0188	1,5	0,0126	0,14
10 x 1	8	0,000503	0,0251	0,0314	1,25	0,0503	0,252
12 x 1	10	0,000785	0,0314	0,0377	1,2	0,0785	0,31
16 x 1	14	0,001539	0,044	0,0503	1,14	0,1539	0,412
22 x 1	20	0,003142	0,0628	0,0691	1,1	0,3142	0,59
28 x 1,5	25	0,004909	0,0785	0,088	1,12	0,4909	1,12
35 x 1,5	32	0,008042	0,1005	0,11	1,09	0,8042	1,42
42 x 1,5	39	0,011946	0,1225	0,1319	1,08	1,1946	1,71
54 x 2	50	0,019635	0,1571	0,1696	1,08	1,946	2,94
64 x 2	60	0,028274	0,1885	0,2011	1,07	2,8274	3,467
76 x 2	72	0,040715	0,2262	0,2388	1,06	4,0715	4,14

V rúrkach so zaklepnutými koncami nesmie byť viac vody, ako 50 mg/m<sup>2</sup> vnútornej plochy - platí skúška podľa DIN 8964-A1. Ak sa k stanoveniu množstva vody použije DIN 8964-A2, platí max. hodnota objemového podielu 500 cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Rúrky, ktoré sú uzavreté čiapočkami alebo zátkami, nesmú obsahovať žiaden kondenzát.

Cu rúrky sa prefukujú suchým dusíkom, alebo suchým vzduchom. Nikdy sa neprefukujú stlačeným vzduchom alebo ústami – lebo v oboch prípadoch je veľké množstvo vlhkosti.

*Poznámka: Pre všetky časti a súčasti, ktoré majú byť vmontované do chladiaceho okruhu: sú uzavreté dovedy zátkami – ochrana pred vlhkosťou a nečistotami. Zátky sa vyberú tesne pred montážou.*

### Kapilárne rúrky

Používajú sa na škrtenie prietoku kvapalného chladiva v malých chladničkových chladiacich zariadeniach, ale aj v malých klimatizačných zariadeniach. Vyrábajú sa z dezoxidovanej fosforovej medi s obsahom medi až 99,9%, obsah fosforu je 0,15 až 0,04% /podľa údajov firmy Kennmore/.

Konce kapilárnych rúrok musia byť bez ostrín. Vnútorná plocha kapilár musí byť kovovo čistá, bez rýh a musí mať lesklý vzhľad. Za kapilárnu rúrku sa považujú rúrky do vonkajšieho priemeru  $\varphi=6$  mm. Napr. firma Kenmore predpisuje, že usadeniny v kapilárnej rúrke po vyčistení nesmú presahovať hodnotu vyššiu ako 0,0002 g/štvorcovú stopu, čo je 0,0929 g/m<sup>2</sup> vnútornej plochy. Dôležitá je vnútorná čistota a drsnosť vnútornej plochy kapilárnej rúrky – ovplyvňuje prietokový výkon kapilárnej rúrky. Podobne aj vonkajšia plocha kapilárnej rúrky musí byť čistá, aby sa uľahčilo spájkovanie, kapilárna rúrka sa zasúva do filterdehydrátora, resp. do výparníka na dĺžke 15 mm.

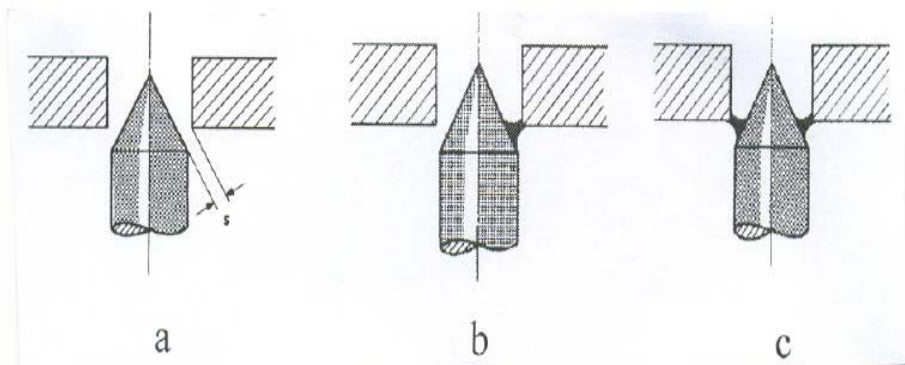
#### Termostatický expanzný ventil

- musí mať vysokú konštrukčnú a výrobnú kvalitu a
- musí byť suchý a čistý.

Pri otvorenom TEV vzniká medzi ihlou ventilu a dýzou jemná prstencovitá medzera *s* /pozrite obrázok 89a/, cez ktorú prúdi do výparníka chladivo. Medzera *s* je najväčšia po rozbehu, znižuje sa tým viac, čím viac klesá vyparovací teplota. Keďže sa jedná o niekoľko stotín milimetra, už kvapka stačí, aby nastalo čiastočné /obr. 89b/, alebo úplné blokovanie /obr. 89c/ prietoku ľadom, čo znamená, že ventil vypadáva z funkcie a chladiace zariadenie neplní svoju funkciu – sací tlak zariadenia sa nachádza v nízkom vákuu.

#### Blokovanie ľadom

Môže nastať aj na iných pohyblivých častiach ventilu, napr. na vodiacej časti ihly ventilu /obrázok 4/ - táto porucha funkcie nastáva zvlášť vtedy, keď sa v chladiacom okruhu nachádza veľké množstvo vody, ktoré spôsobuje oneskorenie expanzie a preto voda môže prejsť dýzou, aby zamrzla až za škrtiacim miestom.

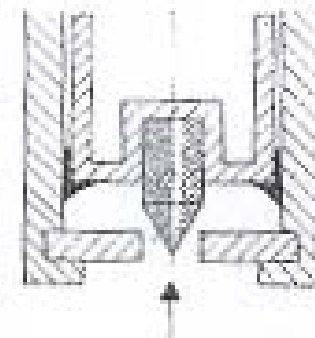


**Obrázok 89 Voda v chladiacom okruhu zmrzne na mieste, kde je najnižšia teplota. Býva to kapilárna rúrka, alebo TEV – chladiaci okruh je vyradený z prevádzky.**

*Legenda:*

- a - normálna prevádzka ventilu,  
b - čiastočne blokováný ventil ľadom,  
c - úplne zablokovaný ventil ľadom.*

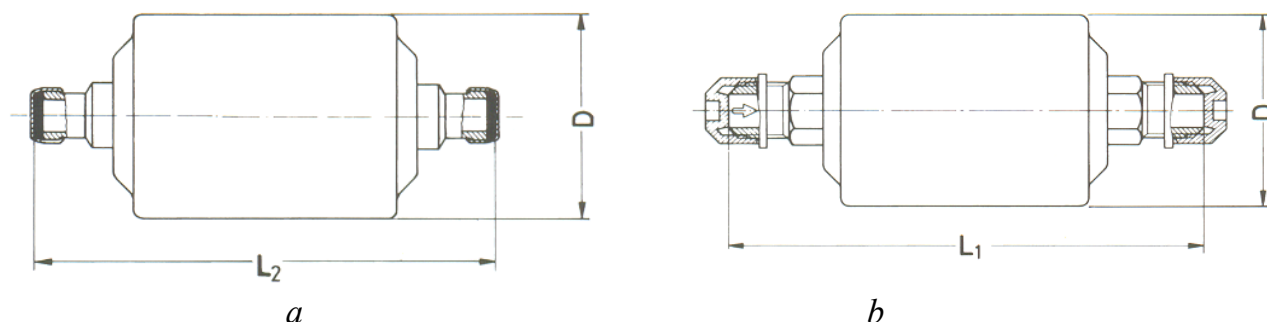
**Obrázok 90 Blokovanie pohyblivých častí ventilu ľadom v otvorenej polohe ventilu**



## Filterdehydrátory

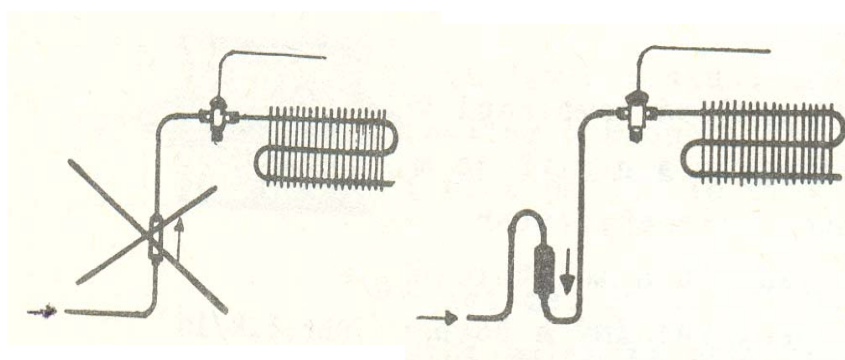
- *pohlcujú zbytkovú vlhkosť, kyseliny a mechanické nečistoty*
- *zabudovávajú sa do okruhu aktivizované, t.j. prevádzky schopné, čiže bez mechanických nečistôt a bez vlhkosti.*

Dehydrátor musí mať neporušené parotesné uzávery, ináč nie je vhodný na montáž. Väčšinou sa používajú **filterdehydrátory s pevným jadrom**, ktoré sú najkvalitnejšie.



**Obrázok 91 Filterdehydrátory Danfoss s pevným jadrom typu DN a vzduchotesnými uzávermi.** Veľký priemer filterdehydrátora znamená nízku prietokovú rýchlosť chladiva a teda malý tlakový spád. Pevné jadro znamená, že sa počas prevádzky nevytvára prach v dôsledku oteru, ako je to pri voľne sypanom sušidle. Montuje sa v ľubovoľnej polohe.  
*Legenda: a-filterdehydrátor na spájkovanie, b-FD pre kalíškové /pertlové/ spoje*

Z hľadiska opotrebenia trecích dvojíc kompresora sa dosiahnu najlepšie výsledky /dosahuje sa vysoká životnosť kompresora/, keď pevné jadro filterdehydrátora je vyrobené len z molekulového sita - jadro neadsorbuje prísady z esterových olejov. Iný typ filterdehydrátora má jadro kombinované a to z molekulového sita a aktivovaného kysličníka hlinitého : takýto filterdehydrátor odstraňuje nielen zbytkovú vodu, ale aj kyseliny. Ak prevažuje aktivovaný kysličník hlinitý a je menej molekulového sita v pevnom jadre, potom taký filterdehydrátor sa používa na chladiace okruhy so spáleným kompresorom.



zhora

a

b

**Obrázok 92**  
**Filterdehydrátor so sypaným molekulovým sitom**

*Legenda: a - chybné zapojenie, b- správne zapojenie: Tento FD sa montuje vo zvislej polohe a vstup kvapaliny je*

Cez to všetko sa vyskytujú na trhu ešte filterdehydrátory so sypaným sušidlom – molekulovým sitom /nalzitom/ v tvare malých pórovitých guľčiek, resp. zrn, ktoré pri chvení a vibráciách kvapalinového potrubia a taktiež vírení chladiva a oleja sa môžu

pohybovať v plášti dehydrátora tak, že nastáva drobenie guľčiek až na prach a tento sa môže dostať ďalej do okruhu, ba, dokonca, spolu s inými nečistotami až do kompresora - do mazacích kanálov a mazacích miest. Nečistoty s olejom spôsobujú opotrebenie trecích dvojíc pohybujúcich sa súčastí, upchatie mazacích otvorov, čo môže vyústiť do zadretia kompresora.

Preto, aj keď filterdehydrátory so sypaným sušidlom majú výhodnú nízku cenu, **chladiari by mali dať prednosť filterdehydrátorom s pevným jadrom**, ktorého materiál sušidla je kompatibilný s materiálmi chladiaceho okruhu, je dlhodobo odskúšaný v chladiacich okruhoch s rôznymi prísadami /aditívami/ olejov.

Aditíva zlepšujú ich vlastnosti a znižujú opotrebenie ložísk. Pri filterdehydrátore so sypaným sušidlom montáž vo vodorovnej polohe nie je vhodná, pretože nie je istota, že celý objem prúdiaceho chladiča prejde cez dehydratačnú látku – sušidlo, pozrite obrázok 92b.

### Filtere

Odstraňujú z okruhu chladiča a oleja nečistoty, ktoré zostali po montáži, alebo ktoré vznikajú pri prevádzke oterom trecích dvojíc, alebo vyplavovaním nečistôt chladičom z konštrukčných častí. Montujú sa do sania kompresorov, pred vstup do mazacích kanálov kompresora, do olejových či chladičových čerpadiel. Sú to väčšinou mosadzné sitá, alebo tzv. spekané filtre, ktoré pozostávajú z kovových guľčiek určitej veľkosti, čím sa vytvorí potrebná pórovitosť. Prietokový odpor býva minimálny.

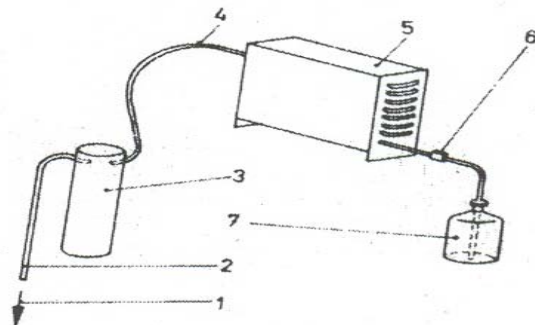
### Výmenníky tepla /výparníky, kondenzátory/

Vyššie a v ďalšom pojednaní sú uvedené pomocou obrázkov niektoré konštrukcie hlavných členov chladiaceho okruhu: kompresorov, kondenzátorov, výparníkov, TEV, filterdehydrátorov, ale i rúrok, kapilár, chladiča a oleja.

Sú konštruované z Cu rúrok, platia podobné uzávery, ako sme uviedli pri Cu rúrkach. Z hľadiska lepšieho prechodu tepla vo výmenníkoch tepla sa používajú Cu rúrky s menšou hrúbkou steny: 0,4 mm. Množstvo nečistôt vo výmenníkoch tepla /kondenzátor, výparník/, resp. v rúrkach sa kontroluje skúšobným zariadením podľa nemeckej normy DIN 8905 a je znázornené na obrázku 93.

### Obrázok 93 Schéma skúšobného zariadenia na zisťovanie množstva mechanických nečistôt v Cu - rúrkach, kondenzátorov a výparníkov

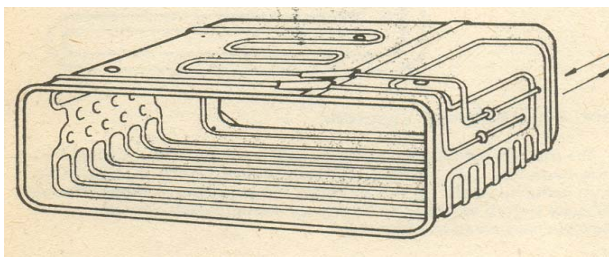
Legenda: 1-čerpadlo /výveva/, 2-hadica, 3-sklená predloha, 4-výstup, 5-skúšaný element /kondenzátor, výparník, alebo rúrka/, 6-vstup, 7-zásobník so zásobou rozpúšťadla.



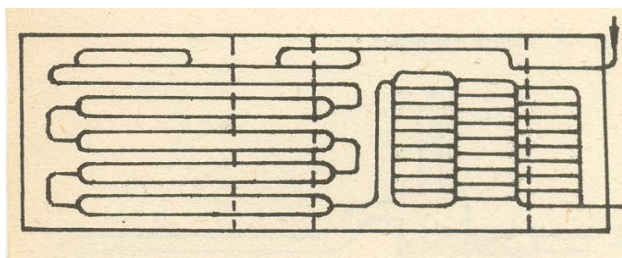
### Výparníky domácich chladničiek

Vyrábajú z hliníkových plechov plátovaním. Na nespojených miestach vytvárajú sa pomocou tlakovej kvapaliny duté kanály pre obeh chladiča a oleja.

Kanály sa musia starostlivo očistiť a zbaviť voľných mechanických nečistôt, predovšetkým zvyškov deliacej farby a taktiež sa musí odstrániť vlhkosť z tlakovacej vody, čo je najväčším problémom tejto technológie. Čistenie dutých priestorov plátovaného výparníka sa robí totiž pomocou vody premývaním a odstraňovanie takto vzniknutej vody sa robí spravidla suchým vzduchom, ohriatym na 120°C. Táto operácia je veľmi dôležitá, pretože vlhkosť sa udržuje vysokou priľnavosťou v štrbinách, póroch a dutinách

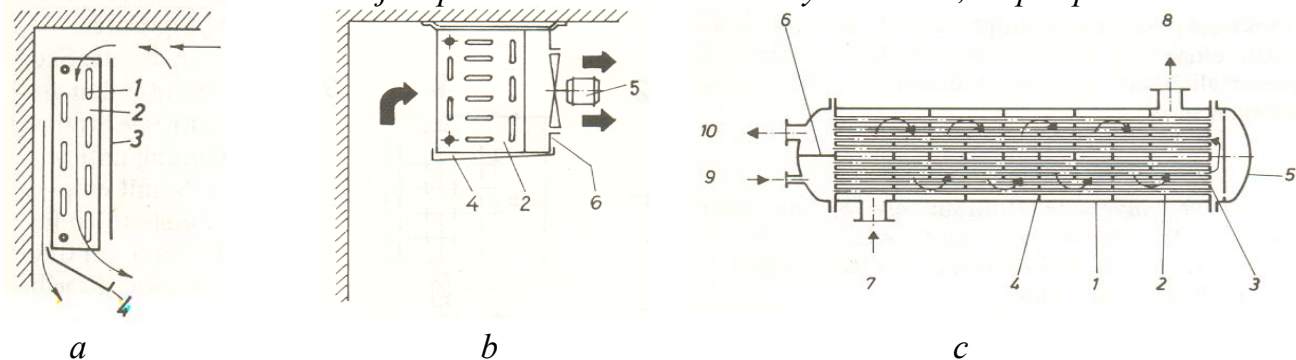


výparníka. Plátované výparníky sa dodávajú obvykle v rovnom stave, obstrihnuté na dohodnutý rozmer s odberateľom.



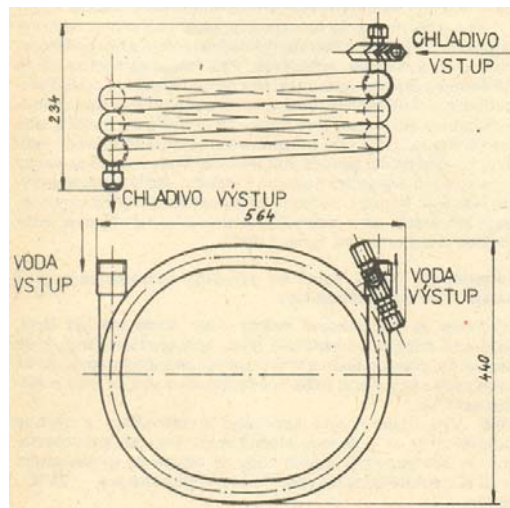
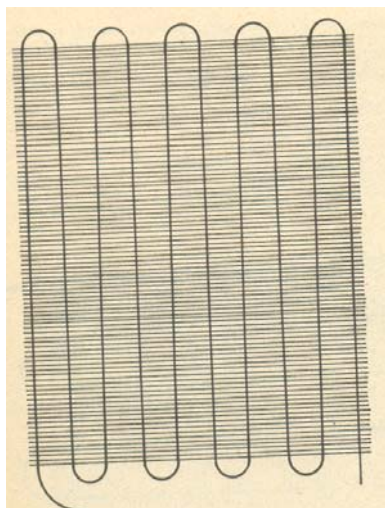
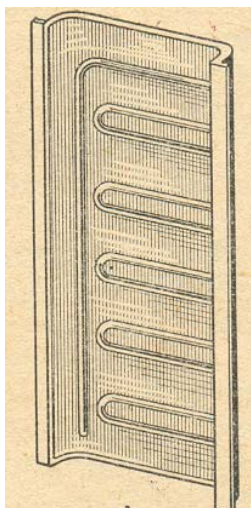
**Obrázok 94 Chladničkové hliníkové výparníky.** *Obrázok vľavo: Charakteristická kresba kanálov hliníkových výparníkov špeciálnou grafitovou deliacou farbou pred zhotovením konečného tvaru výparníka/ doskový, U-tvar /je na obrázku 75/, krabicový, a pod. Obrázok vpravo: Krabicový*

výparník chladničky Calex C200. Tento výparník mal kanály vyduté do jednej strany, v dôsledku čoho sa dosahuje lepší kontakt s miskami na výrobu ľadu, resp. s potravinami.

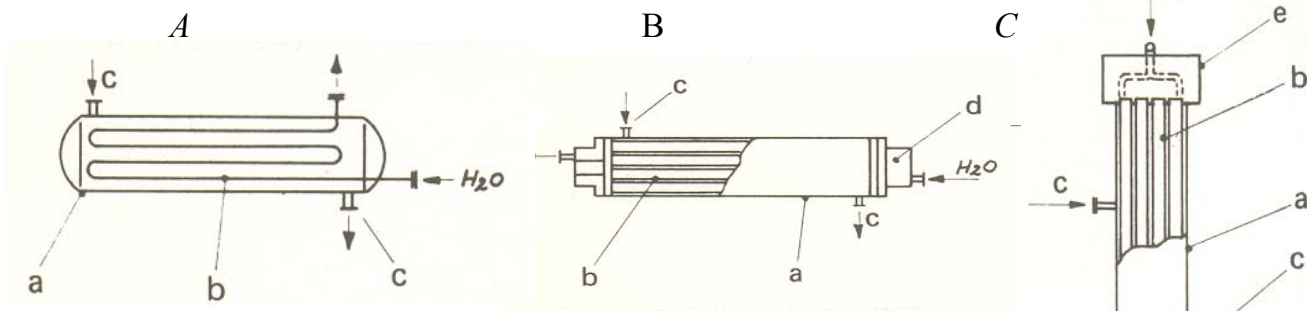


**Obrázok 95 Výparníky:** **a-statický lamelový nástenný výparník:** 1-kolená rúrok, 2-bočnica lamiel, 3-obmedzovacia vodiaca vzduchová stena, 4-zberná vaňa kondenzovanej vody, **b-lamelový stropný výparník** s núteným pohybom vzduchu pomocou ventilátorov – chladič vzduchu /za sebou ich môže byť 2 až 6/: 5-ventilátor, 6-skriňa chladiča c-kotlový výparník so suchou expanziou: 1-plášť výparníka, 2-zväzok rúrok, 3-trubkovnica, 4-usmerňovacie plechy, 5-klenuté dno, 6-deliaca stena, 7-vstup nosiča chladu, 8- výstup nosiča chladu, 9-vstup chladiva, 10-výstup chladiva.

Z obrázkov a konštrukcie uvedených členov, z ktorých sa skladá chladiaci okruh, ako aj z požiadaviek na dovolené množstvo vlhkosti a nečistôt v chladive a oleji, je zrejماً obťažnosť dodržať technologicky požadované hodnoty vlhkosti a nečistôt. Snaha vyrobiť chladiaci okruh bez nečistôt a vlhkosti, je žiaľ, nedosiahnuteľný ideál. Preto pri chladiacom okruhu sa snažíme zabezpečiť, aby množstvo nečistôt nepresiahlo určitú hranicu. Preto pre časti a súčasti chladiaceho okruhu, ako aj pre chladivo a olej je stanovené max. množstvo nečistôt /pozrite kapitolu 3.2.3/.



Obrázok 96 **Rôzne typy kondenzátorov** Obrázok vľavo: vzduchom chladený rúrkoplechový, obrázok v strede: vzduchom chladený rúrkový s vyžarovacími drôti /je aj na obrázku 75/, obrázok vpravo: dvojrúrkový vodou chladený Calex VZ-10/1



Obrázok 97 **Kotlové vodou chladené kondenzátory**

A - kondenzátor s hadom, ktorým preteká chladiaca voda, B - kondenzátor s trubkovnicou a rúrami, ktorými preteká chladiaca voda, C - stojatý vežový kondenzátor. *Legenda: a-plášť kondenzátora, b-rúrky s prietokom vody, c-nástavce chladiča, d-vodná rozdeľovacia komora, e-rozdeľovací zásobník vody.*

### 3.2.4 ROZDELENIE NEČISTÔT

**Látky v chladiacom okruhu rozdeľujeme na:**

- *látky vykonávajúce a umožňujúce vlastnú funkciu chladiaceho okruhu, ako sú konštrukčné materiály, napr. meď, sivá liatina, oceľ, chladiovo funkciu olej, atď.*
- *látky nežiaduce, čiže nečistoty, napr. kovové triesky a prach po obrábaní, vlhkosť, oxidy, nekondenzovateľné plyny, atď.*

**Nečistoty rozdeľujeme, podľa toho, kde sa nachádzajú, na:**

- *Nečistoty vnútorné – nachádzajúce sa v chladiacom a olejovom okruhu.*
- *Nečistoty vonkajšie – vytvárajúce sa počas prevádzky na vonkajšej strane výmenníkov tepla a prípadne na kompresore.*

Nečistoty, vlastne cudzie, neželateľné hmoty a látky v chladiacom okruhu, možno rozdeliť na nečistoty:

- *pevné,*
- *kvapalné a*
- *plynné.*

#### 3.2.4.1 Pevné nečistoty

Medzi pevné nečistoty, ktoré sa dostávajú do kompresora pri jeho výrobe, patria drobné zrníčka piesku a grafitu z liatiny /sivej, alebo temperovanej/, z ktorej sú vyrobené súčasti kompresora: nosná časť, resp. blok, hlavy valcov, piesty, spodné ložisko, ventilové dosky, hriadeľ /pri kompresoroch menších výkonov/, ďalej železné alebo medené piliny, špony, ako aj drviky iných konštrukčných materiálov, ktoré zostali v kompresore, resp. v iných súčiastkach vplyvom nedokonalých čistiacich procesov.

Zvlášť nebezpečné sú špony na sedlách ventilov, ktoré obvykle znamenajú vyradenie kompresora z prevádzky. Taký „luxus“ si výrobca kompresorov nemôže dovoliť a preto každý kompresor sa kontroluje skúškou dopravnej účinnosti, alebo iným spôsobom. Pretože

tieto nečistoty sa môžu dostať do kompresoru z výparníka alebo kondenzátora chladiva, i tieto výmenníky tepla sa musia kontrolovať na mechanické nečistoty. Podobne pracovné ventily musia mať hrany zaoblené – musia byť zbavené ostrín. Ostriny by sa v chladiacom okruhu nemali vyskytovať.

Uvedené nečistoty na povrchoch súčastok a pri prevádzke chladiaceho zariadenia účinkom toku a vírenia chladiva a oleja sa uvoľňujú a zanášajú vnútorné plochy výmenníkov tepla, negatívne ovplyvňujú výmenu tepla, mazanie ložísk a funkciu regulačných ventilov, elektromotora, a môžu ovplyvniť funkciu ventilového systému. Zistilo sa skúškami, že až 70 % týchto nečistôt zanášajú veľké súčasti */plášť kompresora, elektromotor, ložiská/*. Medzi tieto nečistoty patria zbytky spájok, tavidiel a okují, ktoré môžu zostať v okruhu pri neodbornom spájkovaní */spájkovanie bez použitia inertného plynu/*. Tavidlá sú reaktívne substancie, ktoré korozívne pôsobia a v chladiivách sú nerozpustné. Pri montáži treba zabrániť, aby nevnikli do chladiaceho okruhu, pretože ak už vniknú, veľmi ťažko sa z okruhu odstraňujú.

Zvláštnym druhom nečistôt kompresorov sú nečistoty po tepelnom spracovaní. Pokiaľ trecie plochy hriadeľa alebo piestneho čapu sú pred brúsením kalené, resp. cementované, mazacie otvory musia byť pred kalením alebo cementovaním vhodným spôsobom uzavreté.

Pri používaní nevhodných sušidiel filterdehydrátorov môžu kompresory zlyhať. Drobiace sušidlo vytvára prach, ktorý pôsobí ako brusivo na plochách trecích dvojíc až do úplného zadretia. Príčina zadretia v ložiskách môže byť aj nedostatočným mazaním.

V prevádzke chladiaceho zariadenia môže nastať uvoľňovanie impregnačného laku z vinutia elektromotora */okrem iného aj následkom krútenia a vzájomným trením vinutí - vplyvom magnetických síl/*, opotrebenie pohybujúcich sa časti pohonného mechanizmu kompresora, prípadne pracovných ventilov */nezagultované hrany/*.

Súčasti kompresora na montáži sa nedotýkajú rukami a nemanipuluje sa s nimi bez použitia vhodných rukavíc. Olej zo zábehu kompresorov sa pravidelne vymieňa.

Do tejto skupiny patria nečistoty náhodilo pridané, ktoré majú pôvod v prašnosti výrobného charakteru */prach na prípravkoch, nečistota montážnych výrobných liniek/*, resp. montážneho, či servisného pracoviska */prašné prostredie/*.

Skrutkové spojenia by sa nemali nikdy násilne doťahovať, pretože pritom sa môžu vytvárať kovové špony. Magnetické ventily, TEV, priezorníky chladiva, filterdehydrátory, rúrky a i. súčasti majú ochranné čiapočky zabraňujúce vniknutiu nečistôt. Čiapočky sa dávajú dole až bezprostredne pred montážou. Na možné vniknutie nečistôt je treba dávať pozor hlavne pri servisnej výmene dielcov okruhu */napr. nový kompresor, filterdehydrátor a i./*.

Kovový prach a kal, ktoré boli často usadené napr. v ohyboch rúrok pri chladiacich okruhoch s chladivom R12, sa pri použití chladiva R134a **po retrofite** oddeľujú a cirkulujú s chladivom v okruhu a usadzujú sa v zúžených miestach okruhu. Dôkazom toho sú skúšky, ktoré sme robili s uvedenými chladivami pri skúškach životnosti v laboratóriu podniku Calex Zlaté Moravce. Totiž **chladivo R134a je, okrem iného, v porovnaní s R12, aj lepším rozpúšťadlom**. Súčasti skúšobného okruhu */kompresor, výmenník tepla/* s R134a boli neobvykle čisté a spláchnuté, ale nečistoty sme našli predovšetkým v dolnej časti plášťa kompresoru – v oleji, kde sa usadzovali, ďalej vo filterdehydrátore, v kapilárnej rúrke, alebo TEV a v zúžených miestach chladiaceho okruhu.

**Uvoľnenie usadených nečistôt** okruhu môže nastať nielen chladivom po retrofite, ale aj **chvením vlastného chladiaceho zariadenia** */kompresora/*, **ako aj chvením od ostatných strojov**. To by mali mať na pamäti tí servisní pracovníci, ktorí pracovali s chladiacimi okruhmi s chladivom R12 a nevenujú práci na okruhoch s R134a zvýšenú pozornosť.



Odpruženie kompresoru sa robí pomocou silentblokov, resp. pružín. Taktiež rúrky sacia a výtlačná, pri piestových kompresoroch väčších výkonov, musia byť odpružené v troch rovinách amortizátormi pulzácií plynu, pozrite obrázok 81.

#### 3.2.4.2 Kvapalné nečistoty

Medzi tieto nečistoty patria tie, ktoré sa môžu rozpúšťať s chladivom a olejom. Je to hlavná skupina nečistôt. Predstaviteľom tejto skupiny je vlhkosť, potom zbytky odmasťovadiel a lúhov po čistiacich procesoch vo výrobe. Nadmerná vlhkosť však môže vniknúť do chladiva, oleja, alebo členov chladiaceho okruhu, aj pri nesprávnej manipulácii, montáži alebo servise /oprave/.

Následkom vlhkosti pri vysokých teplotách sa v chladiacom okruhu tvoria smolné látky. Pri nízkom bode vzplanutia oleja za týchto podmienok vzniká na sedlách pracovných ventilov karbonizácia, na trecích plochách kompresora pomedovanie a pri vysokom obsahu vlhkosti a vysokých teplotách vzniká hydrolyza, pozrite kap.3.2.5.4. Zmrznutím tzv. **voľnej vody** v škrtiacom orgáne nastáva porucha chladiaceho zariadenia a v chladiacich okruhoch vznikne nebezpečenstvo, že sa nedodrží pracovný režim prevádzky, pozrite obrázky 89, 90.

Vlhkosť v chladiacom zariadení v nadmernom množstve možno prirovnať ku rakovine u človeka: pri vysokých teplotách, spolu s katalytickým účinkom kovov i organických látok vznikajú hydrolyzou kyseliny, ktoré napádajú vinutie elektromotora, čo môže vyústiť do spálenia kompresora a znečistenia celého systému spalinami. Čistenie spáleného hermetického kompresora je však veľmi komplikované, zdĺhavé a drahé.

Následkom uvedených procesov chladiace zariadenie môže funkčne zlyhať a byť na čas, potrebný na opravu, vyradené z prevádzky.

#### 3.2.4.3 Plynné nečistoty

Plynné nečistoty sa často nazývajú zbytkové plyny po vákuovaní. Sú to:

- **inertné** – sem patria dusík a argón /tzv. *nekondenzovateľné plyny*/, ktoré v chladiacej technike plnia funkciu ochranných plynov samotných kompresorov, alebo výmenníkov tepla /*výparníkov a kondenzátorov*/ a ostatných členov chladiaceho okruhu v stave dodávky až do okamihu namontovania do chladiaceho okruhu.

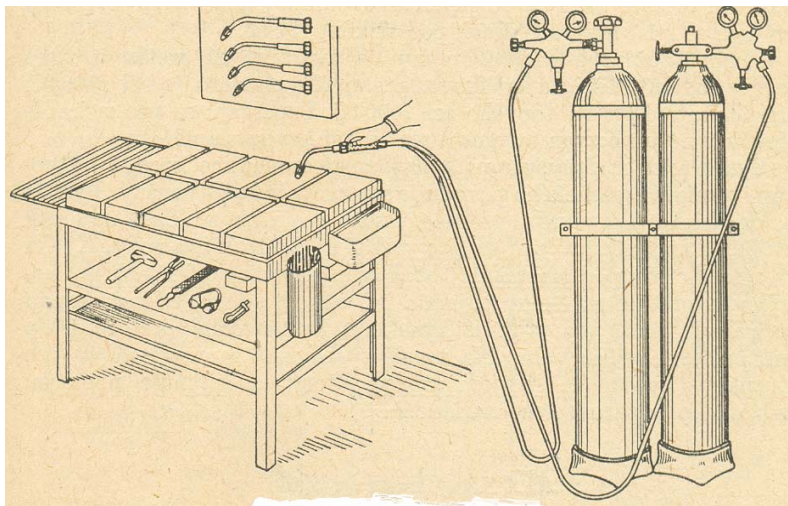
Pri práci chladiaceho zariadenia inertné plyny/*pri nedostatočnom vyvákuovaní*/ kladú odpor kompresnému procesu a spôsobujú vyššiu tlak vo valci. Znamená to aj vyššiu teplotu konca stlačenia a pokles chladiaceho faktoru.

Stúpnutie tlaku nekondenzovateľnými plynmi v kombinácii s výskytom nečistôt môže spôsobiť na výtlačnej strane blokovanie chladiacich systémov **riadených expanznou rúrkou**. Tieto plyny ovplyvňujú teda správnu funkciu, znižujú výkon a zvyšujú príkon, čím spôsobujú zníženie životnosti chladiaceho zariadenia. **Nevyvolávajú však chemické rozkladné procesy** látok chladiaceho okruhu. Kondenzačný tlak za prítomnosti nekondenzovateľných plynov je teda zvýšený o hodnotu tlaku  $\Delta p$ :

$$p_{kz} = p_k + \Delta p \quad /8/$$

kde:  $p_k$  – kondenzačný tlak pri prevádzke chladiaceho zariadenia bez nekondenzovateľných plynov.

- **aktivačné** – sem patrí vzduch /*je taktiež nekondenzovateľný plyn, ale navyše vzduch obsahuje kyslík a vodnú paru*/, ktorý sa dostáva do chladiaceho okruhu pri montáži a nedostačujúcom vyvákuovaní systému. Vzniká tak riziko koksovania na pracovných ventiloch kompresoru a zvyšuje sa nebezpečenstvo pomedovania.



Obrázok 98 Zváranie kyslíko - acetylénovým plameňom v servisnom stredisku

Na rozdiel od prvej skupiny **aktivačné nečistoty** vyvolávajú pri prevádzke chladiaceho zariadenia **chemické rozkladné procesy**

Pri zváraní rúrok a členov chladiaceho okruhu kyslíko – acetylénovým plameňom, dochádza ku kondenzácii vodných pár z plameňa podľa týchto chemických reakcií:



kde:  $\text{C}_2\text{H}_2$  - acetylén,  $\text{O}_2$  – kyslík

Ďalej prebieha chemická reakcia takto:



**Pri spájkovaní musia byť spájkované plochy čisté**

Z chemických rovníc je zrejmé, že pri zváraní plameňom vzniká voda kondenzáciou pár z plameňa, čomu sa dá zabrániť tesným lícovaním spojov a prefukovaním zváraných rúrok a častí chladiaceho okruhu suchým dusíkom, suchým argónom, alebo suchým  $\text{CO}_2$ . Na účely tlakovania a prefukovania spájkovaných spojov kyslíko-acetylénovým plameňom sa najčastejšie používa suchý dusík. Dusík je inertný /neaktívny/ plyn ktorý, ako sme už vyššie konštatovali, nespôsobuje nežiaduce reakcie.

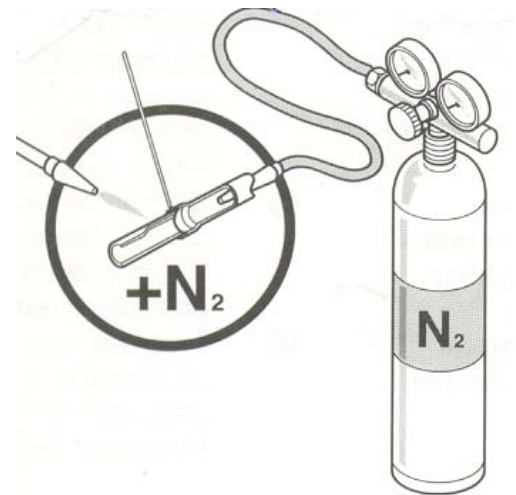
**Pri pôsobení otvoreného ohňa /pri spájkovaní/ a chladiiva vzniká nebezpečný plyn fosgén. Analogicky platí, že fosgén sa tvorí v hermetickom systéme, ktorého vinutie elektromotoru je poškodené.**

V literatúre /L24/ sa skúmala kvalita dusíka, aký by sa mal použiť ako ochranný plyn s cieľom zabrániť oxidácii /tvoreniu oxidov  $\text{CuO}$ / počas procesu spájkovania Cu rúrok. Ku skúškam sa použil dusík o čistote 98 %, potom 99,8 % a nakoniec 99,9 %. Na skúšku sa použila Cu rúrka  $\varphi=16 \times 1 \text{mm}$  s obsahom medi 99,7 %. Všetky spojované miesta boli zhotovené ako preplátovaný spoj. Spájkovalo sa tvrdou spájkou. Pri spojoch, ktoré boli zhotovené bez prietoku dusíka, dochádzalo ku tvorbe okují na vnútornej ploche rúrok. To isté sa vyskytovalo aj pri použití prietoku dusíka 98 %, napriek preplachu dusíkom. **Pri spájkovaní za prietoku dusíka 99,8 %, resp. 99,9 % boli vnútorné plochy rúrok bez oxidácie.** Dusík pre túto skúšku bol odoberaný z plnej fľaše /s pretlakom 140 bar/.

**Obrázok 99 Pri zvarovaní tzv. inertným plynom sa zamedzí vytváranie okují /napr. prietokom dusíku alebo argónu/**

Po takmer vyprázdnení fľaše – pri pretlaku vo fľaši 5 bar sa taktiež spájkovali Cu rúrky a vnútorné plochy boli bezvadne čisté, bez oxidovania. Bolo zistené, že pre spájkovanie chladiacich okruhov sa môže použiť dusík 99,8 %, resp. 99,9 % a že **fľaše môžu byť vyprázdnené až na pretlak 2 bar vo fľaši.**

Podobné uzávery platia o argóne – na vnútorných plochách rúrok nevznikajú okuje. Prietok ochranného plynu pri spájkovaní musí mať nepatrný pretlak / nesmie byť prudký, aby nezaháňal plameň a aby nebol do chladiaceho systému strhovaný vzdušný kyslík nejakými netesnosťami/. Spájkované rúrky a spoje musia byť do seba nasunuté tesne.



*Kvalita spájkovaných spojov za prietoku inertného plynu – dusíku, resp. argónu v požadovanej čistote - a spojov zhotovených bez inertného plynu je neporovnateľná. Aj z ekonomického hľadiska je použitie inertných plynov na zváranie oprávnené.*

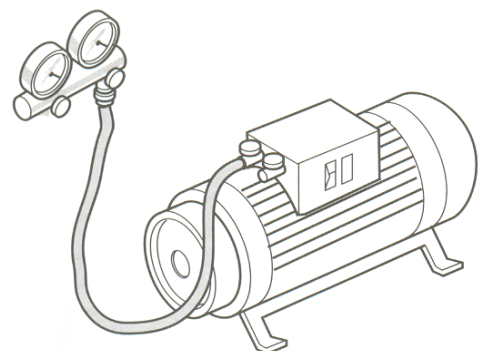
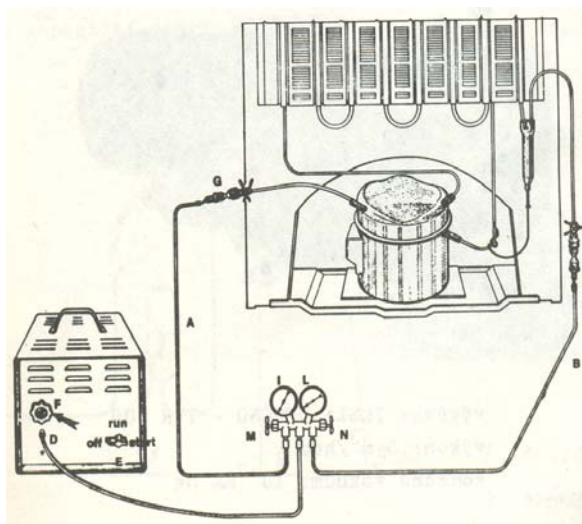
Z toho dôvodu je nevhodné skúšať tlakové nádoby, použité v hermetických systémoch, pretlakom vodou. Kompresory, výmenníky tepla, filterdehydrátory, rúrky a i., sa expedujú, alebo uskladňujú v skladoch tak, že predtým, v procese výroby, sa plnia ochranným plynom /suchý dusík/ a uzavru sa tesnými zátkami, alebo rúrky sa mechanicky uzavru /pozrite obr.88/. Kompresory firmy Danfoss majú špeciálne uzávery - tzv. Danconove uzatváracie a tesniace nástavce /obr. 75/. Kompresory a ostatné dielce sa otvoria až tesne pred montážou.

Aktivačné nečistoty ovplyvňujú funkciu a výkon zariadenia a vyvolávajú oxidačné, elektrolytické rozkladné procesy, tvorbu kyselín, karbonizáciu, koróziu a pomedovanie.

Sklad súčiastok kompresorov a montáž kompresorov vo výrobnom závode musí byť oddelený od čistiacich a zváracích procesov, ktoré výparmi spôsobujú koróziu i na fosfátovaných povrchoch súčiastok kompresora.

**Obrázok 100 Pre dosiahnutie kvalitného vyvakuovania je potrebné:**

- vákuovať z dvoch strán
- použiť dvojstupňovú vývevu



**Obrázok 101 Na obrázku je vákuovanie chladiacej jednotky domácej chladničky**  
Rovnomerné a hlboké vákuum sa dosiahne len vákuovaním chladiaceho okruhu z dvoch strán.

Za tým účelom sa používa trojvývodový filterdehydrátor a dvojstupňová výveva

Na obidve skupiny zbytkových plynov má vplyv spôsob vákuovania. V podniku Calex sa problematikou nečistôt zaoberali hlavní konštruktéri Ing. Cabalka /*problematika vlhkosti*/, Ing. Šismiš /*mechanické a chemické nečistoty*/ a Ing. Manek ukázal na príklade malej chladničkovej chladiacej jednotky, že potrebné hlboké, rovnomerné vákuum sa môže dosiahnuť len vákuovaním z dvoch strán.

Dôležité je pritom použiť dvojstupňovú vývevu. *Kompresor sa nesmie použiť ako výveva -je nebezpečenstvo skratu motoru kompresoru.*

**Nečistoty z opotrebenia trecích dvojíc** piest – valec, ojnica – piestny čap, ojnica – hriadeľ, kulisa – kameň, hriadeľ – ložisko bloku sú nečistoty s katalytickým účinkom, t.j. také, ktoré spôsobujú urýchľovanie rozkladných procesov.

### 3.2.5 HLAVNÉ NEČISTOTY A FAKTORY VPLÝVAJÚCE NA VZNIK ROZKLADNÝCH PROCESOV

Hlavné nečistoty sú:

- voda, vodná para,
- kyslík, vzduch a ďalšie tzv. nekondenzovateľné plyny,
- kovové nečistoty,
- kysličníky kovov,
- soli kovov,
- kyseliny,
- prach.

Dôležitým faktorom, ktorý rozhoduje o rýchlosti rozkladných procesov, t.j. o rýchlosti ich priebehu, je teplo pri vyššej teplotnej hladine.

#### 3.2.5.1 Teplo pri vyššej teplotnej hladine

Chladiace zariadenie sa skladá z týchto komponentov: kompresora, kondenzátora, výparníka, škrtiaceho orgánu, filterdehydrátora, atď. Komponenty sú zhotovené z liatiny, oceli, hliníka, medi, izolačných a tesniacich materiálov, trecie súčasti kompresora sa mažu olejom, pracovnou látkou je chladivo. Podľa účelu použitia chladiace zariadenie dosahuje tieto teploty:

- |  |  |
|--|--|
| • teplota konca stlačenia, meraná na sedle ventilu | $t_2 = 150 \text{ až } 200^\circ\text{C}$            |
| • teplota vinutia hermetického kompresora          | $t_{vin} = 140^\circ\text{C}$                        |
| • kondenzačná teplota                              | $t_k = 60^\circ\text{C}$                             |
| • filterdehydrátor                                 | $t_d = 60^\circ\text{C}$                             |
| • regulačný orgán od:                              | vyparovacej teploty až po $60^\circ\text{C}$         |
| • výparník – podľa účelu použitia od:              | $0^\circ\text{C}$ /klim.zariadenia/ a nižšie teploty |

Chemické reakcie budú prebiehať najskôr v kompresore a kondenzátore, kde je teplota najvyššia. To je veľmi nepriaznivé, lebo kompresor, zvlášť hermetický, je náchylný na poškodenie a tým vyradenie z prevádzky.

Teploty kompresora budú nižšie pri kondenzačných jednotkách so vzduchom chladeným kondenzátorom malého a stredného výkonu, kde kompresor a kondenzátor sú uložené na jednom ráme, a ventilátor/y/ fúka/jú/ ochladzovací vzduch, po prejení cez kondenzátor, priamo na kompresor a intenzívne ho chladia. To je výhoda kondenzačných jednotiek so vzduchom chladeným oproti kondenzačným jednotkám s vodou chladeným

kondenzátorom. Teplotná hladina pre chladiace zariadenia s vodou chladenými kondenzátormi, podľa druhu prevádzky, je s nižšími teplotnými hladinami.

Naproti tomu na strane regulačného orgánu a výparníka hrajú dôležitú úlohu rozpustnosť, zmeny viskozity a vlastnosti tečenia.

Teplo, pri vysokej teplotnej hladine, je dominantný faktor rozkladných procesov v chladiacom zariadení. Aby chemická reakcia mohla prebehnúť, je k tomu potrebné teplo. Pri nízkej teplote sa reakcia nemôže uskutočniť. Pri vyššej teplote majú už molekuly, zúčastňujúce sa rozkladných procesov, dostatočnú pohybovú energiu a reakcia môže prebehnúť. Platí **Arheniove pravidlo**:

„Zvýšenie teploty o 10 K zdvojnásobí až štvornásobí rýchlosť reakcie“.

Ak predpokladáme životnosť chladiaceho zariadenia 12 rokov, potom zvýšenie vyššie uvedených projektovaných teplôt napr. o 10 K chladiaceho zariadenia podstatne skráti životnosť zariadenia na niekoľko rokov.

Pre úplnosť uvádzame **Le Chatetièrov princíp a zákon reakčnej kinetiky**:

- **Le Chatetièrovho princíp je zákonitosť**, že ak reakčný systém je vystavený určitému pôsobeniu */teplota, tlak/*, potom reakcia prebieha v takom smere, že sa toto pôsobenie znižuje. Ak prebieha, napr. exotermická reakcia plynov */reakcia, vyvíjajúca určité množstvo tepla/* v konštantnom reakčnom objeme */napríklad v kompresore/*, potom sa tlak plynov znižuje.
- **Zákon reakčnej kinetiky hovorí**, že ak máme znečistenie určitej veľkosti */napr. kompresora/*, potom rýchlosť reakcie je tým väčšia, čím väčšia je koncentrácia znečistenia.

Niektoré chladiace zariadenia pracujú s vysokými nasávacími teplotami chladiva do kompresoru. Namiesto teploty nasávaných pár kompresorom  $t_1 = 7$  až  $13$  °C sa dosahuje teplota  $15$  až  $20$  °C, ba aj vyššie teploty. To značne zvyšuje teplotu konca stlačenia chladiva vo valci.

Chladiace zariadenia jednostupňové pracujú s kompresným pomerom 6:1 až max. 10:1, pri nízkoteplotných zariadeniach a vzduchom chladenom kondenzátore až 12:1. Pri nesprávnej prevádzke môže byť tlakový pomer ešte vyšší, s dopadom na extrémne teploty */napr. zanesenie vonkajších plôch výmenníkov tepla nečistotami/*. V takom prípade, ak je ešte zvýšená hladina vlhkosti, priamo dochádza k chemickým reakciám oleja s chladivom a spolu s reakciami vznikajú nečistoty najrôznejšieho druhu.

Chladiace zariadenia so vzduchom chladeným kondenzátorom majú vyššie teploty a tlaky, ako s vodou chladenými kondenzátormi. Tým sa zvyšuje pravdepodobnosť výskytu chemických reakcií. Je preto dôležité, aby čistote vonkajších plôch vzduchom chladeného kondenzátora sa venovala pozornosť, zvlášť, aby nato pamätal prevádzkovateľ chladiaceho zariadenia. Zvýšenie kondenzačných teplôt môže nastať pri poruche ventilátora kondenzátora. Podobná situácia je pri vysokej teplote okolia. To isté platí aj o čistote vonkajších plôch výparníka: ak je dlhšiu dobu zanesený prachom, alebo ľadom či inými nečistotami, obmedzí sa prenos tepla, nastane pokles vyparovacej teploty  $t_0$ , čo spôsobí pokles chladiaceho výkonu, nárast sacej teploty  $t_1$  a teplota konca stlačenia chladiva  $t_2$  vystúpi vo valci nad prípustnú hodnotu. Táto porucha, zvlášť v letných mesiacoch vyústi, keď sa neodstránia nečistoty na výmenníkoch tepla, do spálenia kompresora. Podobnú situáciu zaregistrujeme pri poruche ventilátora výparníka. Prevádzkové ťažkosti môžu nastať v preplnenom chladiacom zariadení chladivom: hoci výmenníky tepla majú čisté vonkajšie plochy, zariadenie pracuje pri abnormálnom kondenzačnom tlaku a kondenzačnej teplote. Pokles vyparovacej teploty  $t_0$  a s tým súvisiaca strata chladiaceho výkonu  $Q_0$ ,

následný nárast nasávacej teploty  $t_1$ , ako aj teploty  $t_2$ , nastáva taktiež pri nedostatku chladiva v systéme. Svoj podiel ku zvýšeniu teplôt má aj výskyt elektrického podpätia, či prepätia.

### 3.2.5.2 Vzduch, kyslík, vodná para, voda a nekondenzovateľné plyny v systéme

#### Vznik kyselín

Pri vákuovaní musíme z chladiaceho okruhu odstrániť vzduch, cudzie plyny a vodu aby sme mohli systém naplniť chladivom. V systéme zostane len málo vzduchu a nekondenzovateľných plynov. Prevádzka je síce možná, ale pri relatívne väčšom množstve cudzích plynov treba aj rátať s ťažkosťami pri ďalšej prevádzke.

*Problémy nastávajú pri chladiacich okruhoch, keď okruh na nízkotlakovej strane pracuje pri nižšom vyparovacím tlaku, ako je atmosférický tlak. To býva pri nízkotepelných zariadeniach /pri chladive R22, keď vyparovacia teplota je nižšia ako  $-41^{\circ}\text{C}$ , pri  $\text{NH}_3$  keď  $t_0 < -34^{\circ}\text{C}$ , pri R507 keď  $t_0 < -47^{\circ}\text{C}$ , pri R134a keď  $t_0 < -27^{\circ}\text{C}$ /.*

Pri prevádzke chladivo mení svoje skupenstvo v rozmedzí tlakov, ktoré sa dosiahnu v chladiacom okruhu. Tlaky sú relatívne malé, ale teploty vysoké, pri ktorých vzduch, kyslík a taktiež dusík za daných podmienok nemôžu skondenzovať a zostávajú v chladiacom okruhu ako nekondenzované plyny. Dôsledok je ten, že zmes nekondenzujúcich plynov zaujme časť kondenzátoru – čím je táto časť vlastne vyradená z činnosti, keď svoju funkciu zastáva len zostávajúca časť kondenzátoru.

*Cudzie plyny /vzduch, kyslík, dusík,  $\text{CO}_2$ , atď./ zvyšujú kondenzačný tlak chladiva o svoj parciálny tlak, zvyšuje sa tak teplota konca stlačenia chladiva vo valci a príkon a v dôsledku toho sa znižuje hospodárnosť prevádzky chladiaceho zariadenia.*

Ako sa spozná prítomnosť vzduchu, resp. cudzích plynov v chladiacom nízkotepelnom okruhu? Ak zmeriame tlak sýtej kvapaliny na kondenzátore /t.j. kondenzačnú teplotu/ a teplotu ochladzovacej vody, resp. teplotu vstupujúceho vzduchu do kondenzátoru, potom ich rozdiel by mal byť zhodný s podmienkami dimenzovania /to znamená, že by nemal byť väčší/, t.j. 7K pre ochladzujúcu vodu a 12K pre vzduch. To platí, samozrejme, pri čistých /nie znečistených/ teplosmenných plochách a pri plnom prietoku vzduchu cez kondenzátor.

Podľa Daltonovho zákona totiž platí: Celkový tlak plynov sa rovná súčtu parciálnych tlakov jednotlivých plynov. Tento zákon popisuje rovnica:

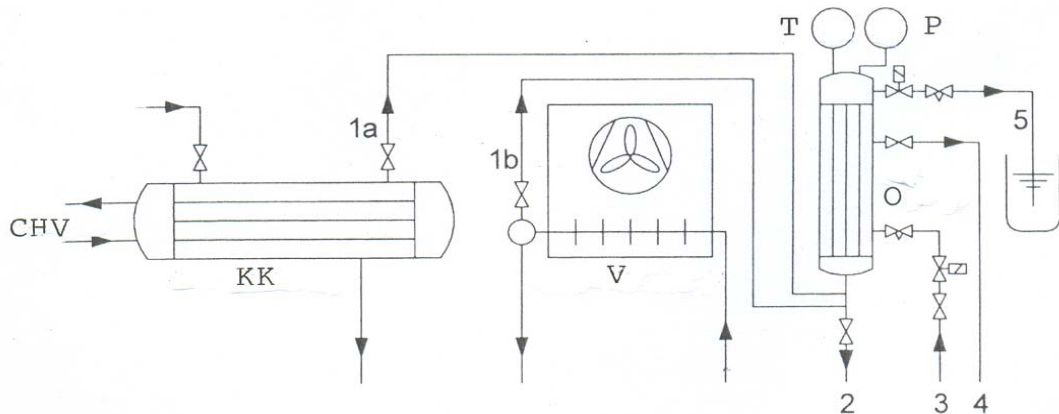
$$p_{\text{súčtový}} = p_{\text{chladiva}} + p_{\text{cudzích plynov}} \quad /12/$$

kde:  $p_{\text{chladiva}} /v$  - kondenzačný tlak, ktorý by sme namerali, keby cudzie plyny v okruhu kondenzátore/ sa nevyškvtovali,  
 $p_{\text{cudzích plynov}}$  - parciálny tlak cudzích plynov.

Pri vzduchu nikdy nejde o suchý vzduch, ale tento obsahuje vždy v sebe vlhkosť. Táto vlhkosť spôsobuje koróziu ocelových súčastí a iné súčastí oxidujú /napr. olej, pričom sa vytvára kal/, alebo korodujú.

Pri nízkotepelných chladiacich zariadeniach miesto odvzdušnenia na vysokotlakovej strane chladiaceho okruhu musí byť určené projektantom. Miesto odvzdušnenia sa robí na strane vzdialenej od vstupu prehriateho chladiva do kondenzátoru, teda na strane

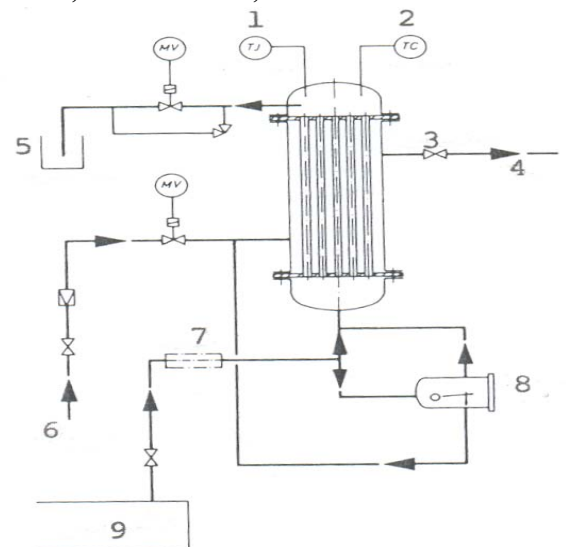
kvapalinovej a vyúsťuje pri odtoku kvapalného chladiva z kondenzátora, alebo zo zásobníkom chladiva.



**Obrázok 102 Schéma odvzdušňovacieho zariadenia, ktoré pracuje automaticky.** V chladiacom okruhu je vodou chladený kotlový kondenzátor KK, alebo vzduchom chladený kondenzátor V. Legenda: 1a/1b-zmes chladiva a vzduchu sa odvádza z výstupu kondenzátora, 2-zkondenzované chladivo na výstupe z odvzdušňovača, 3-kvapalné chladivo k odvzdušňovaču, 4-para chladiva ku nízkotlakovej strane, 5-výstup vzduchu ku kvapalinovej predlohe, CHV-chladiaca voda, T-teplomer, P-termostat, O-odvzdušňovač.

**Obrázok 103 Odvzdušňovacie zariadenie ktoré pracuje automaticky počas prevádzky.** Používa sa pri chladiacich zariadeniach veľkého výkonu, hlavne pri chladiacich zariadeniach, ktoré pracujú vzhľadom k atmosférickému tlaku v podtlaku.

Legenda: 1-teplomer, 2-termostat, 3-zaplombovaný ventil v otvorenej polohe, 4-tok chladiva k výparníku, 5-zásobník na vodu, 6-kvapalinové potrubie, 7-filterdehydrátor, 8-plavákový regulátor, 9-kondenzátor alebo zberač



Vzduch a ďalšie nekondenzujúce plyny sa odstraňujú z kondenzátora alebo zberača pomocou výmenníka tepla a armatúr. Vo výmenníku tepla sa zmes chladiva a cudzích plynov ochladzuje tak, že chladivo ochladzuje na nízku teplotu, čím skondenzuje v rúrkach malého stojatého rúrkového aparátu – vlastného odvzdušňovača, pozrite obrázky 102, 103 a sa privádza do plášťa aparátu pomocou plavákového ventilu, ktorý je spojený z jednej strany s výparníkom. Kondenzáciou klesne teplota vzduchu. Tento teplotný skok sa využíva ako impulz k automatickému odtoku vzduchu. Rúrkový priestor je na spodnej strane výmenníka tepla spojený s kondenzátorom, alebo zberačom.

*Cudzí plyn /napr. vzduch, dusík, kyslíčnik uhličitý, alebo aj časť splyneného oleja pri jeho chemickom rozklade/ sa môže z chladiva odstrániť aj v chladiacom okruhu, ktorý nemá automatické odvzdušňovacie zariadenie tak, že pri vypnutom kompresore /vypnutých kompresoroch/ sa odpúšťa v mieste odtokovej rúrky kvapalného chladiva z kondenzátora, alebo zo zásobníku chladiva, pričom sú stále zapnuté ventilátory kondenzátora /v prípade,*

*že zariadenie má vzduchom chladený kondenzátor/, alebo za prietoku chladiacej vody / zariadenie má kondenzátor chladený vodou/.*

Suchý dusík a argón sú vhodné ako ochranné plyny pri spájkovaní súčastí chladiaceho okruhu, hélium pri skúšaní tesnosti malých chladiacich okruhov tzv. héliovým detektorom. Suchý dusík, ako ochranný plyn pri skladovaní a pri preprave kompresorov, výmenníkov tepla, resp. chladiaceho zariadenia, chráni súčasti pred koróziou a v kompresore difunduje do oleja. Pred plnením chladiaceho okruhu chladivom je potrebné odstrániť ochranné plyny dôkladným vákuovaním.

*Dusík a argón sú chemicky inertné a preto ich výskyt je pri prevádzke chladiaceho zariadenia menej nebezpečný ako prítomnosť vzduchu.*

Pri vysokých teplotách, pri zariadeniach so vzduchom chladenými kondenzátormi, hoci je v chladiacom okruhu suché chladivo, môže vzniknúť rozklad oleja kyslíkom z nekondenzovateľného plynu - vzduchu v chladiacom okruhu. Napriek tomu, že systém je úplne suchý, dochádza k usadzovaniu látok, vzniklých rozkladným procesom na ventilovej doske a *predovšetkým na sedle výtláčného pracovného ventilu*. Tým sa znižuje vzdialenosť medzi sedlom a ventilom - voľný prietokový prierez sa stále znižuje. V dôsledku toho sa zvyšuje prietoková rýchlosť plynu a rastie teplota konca stlačenia plynu kompresorom  $t_2$ . Teploty sú tak vysoké, že dochádza k druhému rozkladu oleja, vzniká kyselina solná, fluorovodíková, uhlík a voda.

## **Voda**

Pri hermetických systémoch so zváranými a spájkovanými spojmi nesmú vniknúť do systému nečistoty. Ak situáciu okruhov s R134a porovnávame so systémami s R12, je treba povedať, že okruhy s R134a sú náročnejšie na tesnosť, pretože R134a má menšiu molekulu ako R12 a R134a môže teda uniknúť cez menšie póry. Okrem toho R134a môže prijať podstatne viac vody vtedy, keď je v kvapalnej fáze. Kompresory na R134a sa dodávajú s esterovým olejom so zbytkovým množstvom vody 60 ppm. Toto množstvo sa však pri práci rýchlo znižuje – vodu pohltí sušidlo filterdehydrátora.

Je dôležité si uvedomiť, že prítomnosť vody v chladiacom okruhu zvyšuje účinok iných nečistôt. Ak by bol prítomný v systéme suchý vzduch */čo je v praxi nepravdepodobné/*, nevytvárala by sa korózia. O všetkých kyselinách, obzvlášť o anorganických kyselinách, ako je napr. kyselina solná a kyselina fluorovodíková platí, že ich korozívny účinok rastie s prítomnosťou vody.

## **Zdroje vlhkosti**

Do chladiaceho zariadenia sa môže vlhkosť dostať:

- nedokonalým vysušením a odstránením vody jednotlivých komponentov pri výrobe, resp. ako zostatková vlhkosť po vákuovaní chladiaceho zariadenia,
- vniknutím vlhkosti počas montáže: pri zváraní kyslíko – acetylénovým plameňom bez inertného suchého plynu */dusík, argón/*, alebo pri servisných a údržbárskych prácach na chladiacom zariadení, napr. pri plnení chladiaceho zariadenia chladivom, prípadne pri dopĺňovaní oleja a pri uvádzaní do činnosti zariadenia,
- netesnosťami na sacej strane chladiaceho zariadenia, keď sací tlak je nižší ako atmosférický */hlavne pri nehermetických okruhoch: cez skrutkové kalíškové spoje, cez upchávku a pod./*
- netesnosťami vodného kondenzátora, prípadne dochladzovača, chladiča pitnej vody ap.
- vlhkým chladivom, vlhkým olejom,



- rozkladom izolácie motora hermetického kompresora /*elektromotory s celulózovou izoláciou*/, ktoré pri vysokých teplotách koksujú /*nad 125°C*/, pričom sa uvoľňuje voda.

### **Vlhkosť sa dostáva do chladiaceho systému v rôznych formách, ako:**

- *Volná voda* nedostatočne vysušených súčastí, benevolentnosťou až nedbalosťou pri technologických skúškach vo vode, napr. kompresora /*skúška tesnosti – kompresor naplnený suchým dusíkom sa ponorí do osvetlenej vane s vodou, ohriatou na 40°C, pričom sa pozoruje, či je hrubá netesnosť na zvaroch plášťa kompresora a nevznikajú bubliny v mieste netesnosti*/ vo výrobnom závode, ďalej spájkovaním jednotlivých spojov kyslíko – acetylénovým plameňom ako kondenzačný produkt, a tiež ako nerozpustená voda v chladiči a v oleji;
- *Rozpustená voda* v chladiči a v oleji. Rozpustnosť závisí od fyzikálnych podmienok, hlavne od teploty. V kvapalnom chladiči R134a, pri teplote  $t_k=50^\circ\text{C}$  sa môže rozpustiť asi 2000 mg vody v 1 kg chladiča. To sa napr. na strane vzduchom chladeného kondenzátora. Ak za prevádzky chladiaceho zariadenia z tohto stavu prejde chladič do stavu, aký je vo vyparníku, kde je vyparovacia teplota napr.  $t_0=-30^\circ\text{C}$ , môže sa rozpustiť len 200 mg vody v 1 kg chladiča. Ostatná voda, v množstve 1800 mg, je *volná voda*, ktorá sa rozhodujúcim spôsobom podieľa na rôznych chemických procesoch. Pri teplotách pod nulou, aké sa vyskytujú napr. v rozsahu vyparovacích teplôt LBP, volná voda vymŕza v škrtiacom ventile, alebo kapilárnej rúrke. V takom prípade je potrebné vymeniť filterdehydrátor, prípadne okruh vysušiť.
- *Adsorbovaná a absorbovaná voda* na povrchu súčiastok a v organických hmotách, predovšetkým v elektrických izoláciách motora kompresora. Najväčšiu schopnosť adsorbovať /*t.j. prijímať vodu povrchom súčiastky*/ vodu má vysušený a zvažovaný elektromotor /*v peci, pri teplote 105 °C*/, ktorý bol po vysušení ponechaný niekoľko dní pri teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti 60 %. Navlhavosť bola pre 90 W stator 8 g a k nemu patriaci rotor 2,3 g. Nie je to veľká hmotnosť, ale z hľadiska hermetického chladiaceho okruhu, kde prietok chladiča je riadený kapilárnou rúrkou je **10 g vlhkosti neprípustne veľa**. V elektromotore je adsorbovaná voda v plechoch statora /*a odtiaľ sa voda veľmi ťažko dostáva sušením aj vákuovaním*/ a rotora, a drážkovou izoláciou. Uvedená skúška motora sa robila v podniku Calex.
- *Viazaná voda* ako buničná voda v celulóze elektroizolačných materiálov elektromotorov. Pri teplote nad 110 °C môže nastať rozpad celulózy, kedy vznikne 35 % vody, 39 % uhlíku, 15 % plynu a 11 % zbytkov. Z toho dôvodu sa celulózová izolácia nahradila syntetickou izoláciou s max. dovolenou teplotou 140 °C. Dnes sa celulózová izolácia prakticky prestala používať, ale kompresory s elektromotormi s touto izoláciou sú ešte v prevádzke. Pri vysokých teplotách elektromotora s celulózovou izoláciou, dochádza k tvorbe organických kyselín, živíc, voskov a olejového kalu. Dôsledkom toho je poškodenie ložísk, zadretie pohonného mechanizmu, pracovné ventily netesnia a spôsobujú spätnú expanziu plynu a následne pokles dopravovaného objemu toku kompresora.

Motory sú vhodne zabalené a dopravujú sa do výrobného závodu kompresorov, kde sa sušia v zostave s kompresorom.

Voda v chladiacom okruhu je nežiaduca pre chladiarov. Voda je najväčší nepriateľ chladiaceho zariadenia /*teda nepriateľ č.1*/ a musí sa zvoliť taká technológia pri výrobe, montáži a servise, aby sa vniknutie vody minimalizovalo. Chybou je, ak v dôsledku voľnej vody zariadenie zamŕza. Avšak ďaleko väčšou chybou je, keď vzniknú chemické reakcie, ktoré vedú k tvorbe kysličníkov železa, kyselín a rozkladu oleja a chladiča. Potrubia,

výmenníky tepla, kompresory, filterdehydrátory a i., pred montážou smú byť na nevyhnutne potrebnú krátku dobu otvorené. Chladivo a olej musia byť suché. Olej musí byť v takých nádobách, aby sa celý spotreboval, vyhnúť sa odlievaniu potrebného množstva oleja z nádoby veľkého objemu do menšej nádoby.

Dôležité je pritom dobré a správne vákuovanie /z dvoch strán, pozrite obr.96/, čím sa určite odstránia nekondenzovateľné plyny /dusík, kyslík, kysličník uhličitý, vodík, metán, vzduch/ v čase, keď zariadenie nie je v chode. Pri veľmi dlhých potrubíach je treba rozdeliť chladiaci okruh na sekcie. Aj pri dosiahnutí nízkeho vákuu nesmie chýbať v chladiacom okruhu filterdehydrátor, ba ani vtedy, keď chladiace zariadenie pracuje pri nadnulových vyparovacích teplotách.

Nepoužívajú sa tzv. antimraziace prostriedky, keďže pôsobia oxidačne a v kompresore, pri teplote konca stlačenia sú nestabilné. Ak boli použité antimraziace prostriedky, je potrebné vymeniť chladivo a olej.

### **Voda je osobitným problémom pri chladive amoniaku**

Dôsledky veľkého množstva vody sú tak veľké, že ich nie je možné porovnať so žiadnym iným chladivom. Odporúčané množstvo vody v amoniakových chladiacich zariadeniach je síce max. 0,3 %, ale skutočné množstvá sú ďaleko vyššie. Voda sa do okruhu dostáva so vzduchom, ale pretože vodu dychtivo pohlcuje amoniak, odvzdušňovač na vysokotlakovej strane vypúšťa suchý vzduch – prakticky všetku vodu pohltí amoniak a tá sa zdržuje na nízkotlakovej strane v odlučovačoch kvapalného chladiva, stredotlakových nádobách a pod.

**Na vysokotlakovej strane** sa žiadna voda neobjavuje. Ak chceme odobrať vzorku amoniaku za účelom kontroly množstva vody, tak ho odoberáme len na strane nízkeho tlaku. Vodu nie je hospodárne zachycovať dehydrátormi – pri komerčných chladiacich zariadeniach s náplňou chladiva menej ako 4 kg je účelnejšie niekoľko krát vymeniť celú náplň chladiva, ako inštalovať a vymeniť filterdehydrátor.

Vo veľkých amoniakových chladiacich zariadeniach v priemysle sa voda z chladiaceho okruhu sa odstraňuje destiláciou v rektifikačnom zariadení, kde sa amoniak pomaly vyparuje a zanechá vodu v nádobe /L33/.

### **3.2.5.3 Kysličníky, pomed'ovanie a soli kovov**

Hlavnými oxidmi sú kysličník železa a medi. Kysličník železa /červený kysličník železa  $Fe_2O_3$  /oxid železitý - t.j. hrdza/ a čierny kysličník železa  $Fe_3O_4$  /oxid železičitý/ vznikajú buď účinkom voľnej vody, alebo kyslíka zo vzduchu a sú zachytené filtrom. Ďaleko neprijemnejší je však oxid medný  $Cu_2O$  /červený oxid medi/ a oxid mednatý  $CuO$  /čierny oxid medi/, ktorý vzniká pri spájkovaní striebrom, keď sa nepoužije ochranný inertný plyn. Červený kysličník medi je tak jemný, že sa dostáva dokonca cez všetky členy chladiaceho okruhu, dokonca časť kysličníka medi sa dostáva cez filterdehydrátor a sito do škrtiacich ventilov a do škrtiacich kapilár a iba vtedy ostáva na zúženom mieste, keď sa už dosiahol určitý stupeň znečistenia: ináč cirkuluje s chladivom a olejom.

Zo skúšok vo výskume v podniku Calex vieme, že kysličník medi sa dostáva predovšetkým aj do hermetického kompresora a usadzuje a zráža sa na jemne opracovaných trecích plochách /piest, valec, hriadel', ložiská, ojnica a obrusuje ich, čím klesá výkon kompresoru, ale aj znížený prietok má škrtiaca kapilára a chladivo cez pracovné ventily/, upcháva filtre, ventily, dokonca prítomnosť medi možno zistiť v mazacích kanáloch. Spôsobuje spočiatku zvýšený trecí odpor a neskôr zadretie, prípadne spálenie elektromotora. To sa vyskytovalo, predovšetkým v okruhoch s chladivami s obsahom chlóru

a s minerálnymi olejmi. Pri minerálnych olejoch bola podmienka, aby sa zabránilo pomedeniu - aby živíc v oleji bolo menej ako 0,3 % a síry menej ako 0,2 %.

*Tenká vrstva pomedenia u chladív s obsahom chlóru a minerálnym olejom bola tvrdá, nestierateľná.*

*V okruhoch s fluóruhlovodíkovými chladivami a esterovým olejom pomedenie nastáva, ale nie v takom rozsahu ako pri minerálnych olejoch a vrstva pomedenia nie je tvrdá, je stierateľná.*

Keď sa montáž robí nedbalo, dokonca keď sa nevákuuje systém, ale sa len prefukuje dusíkom, tento prípad nastane a opravár určite bude mať prácu s tým, čo narobí voda v okruhu. Do istej miery sa zlepši situácia v okruhu výmenou filterdehydrátora. Po dobe chodu zariadenia 2 až 4 dní, po uvedení chladiaceho zariadenia do činnosti, sa filterdehydrátor automaticky vymieňa pri otvorených a polohermetických systémoch. Proces pomedenia je nevratný a končí veľmi nepríjemnými dôsledkami.

**Kysličníky pri ďalších reakciách vytvárajú soli kovov.** Soly kovov sú pevné zbytky po korózii železa a  $\text{CuCl}_2$  účinkom kyselín na kov. Kyselina môže vzniknúť z chladiva a vody, ďalej hydrolyzou polyolesterového oleja pri vyšších teplotách a pôsobí potom na kov. Pri chladivách, obsahujúcich chlór, vytvára sa chlorid železa. Kyselina, ktorá vznikne, spôsobuje koróziu a je príčinou rozkladu oleja.  $\text{CuCl}_2$  sa vyskytuje zriedkavejšie, pretože reakčná rýchlosť medzi kyselinami a meďou je podstatne menšia. Soly kovov sa zachycujú vo filterdehydrátore: keď dehydrátor pohlcuje vodu, tvorba kyselín je spomalená nedostatkom vody.

*Filterdehydrátor je miestom, kde sa zachycujú nečistoty, ktoré unáša so sebou chladivo. Jeho úlohou je, aby sa v ňom zdržali všetky nečistoty ako voda, dechtové látky, pryskyrice, guma, kysličníky Cu, hrdza a iné. Býva umiestnený pred expanzným ventilom a priezorníkom chladiva.*

*Sušidlo filterdehydrátora musí byť stabilné v suchom i v mokrom stave s použitým chladivom a olejom, nesmie sa rozpustiť, alebo z neho vznikáť prach. Zo sušidla sa nesmie uvoľňovať prijatá voda, za podmienok aké sú v chladiacom okruhu.*

Aj z týchto príčin sa povinne vymieňa filterdehydrátor po uplynutí prvých 48 až 96 hodín /podľa pokynov výrobcu kompresora/ od uvedenia zariadenia do prevádzky. Pre fluóruhlovodíkové chladivá /R134a, R407C, R410A, atď./ sa používajú napr. dehydrátory Danfoss typu DN s kombinovaným jadrom z molekulového sita /adsorbuje vodu/ a aktivovaného kysličníka hlinitého /adsorbuje kyseliny/, ktoré vykazujú vyššiu adsorpčnú schopnosť a sú vhodné prakticky pre všetky chladiva. Cudzie pevné častice sa môžu zachytiť aj na termostatickom expanznom ventile a blokovat' ho. To by sa nemalo stať – malo by ich zachytiť sito filterdehydrátora /veľkosť sita 0,025 mm/. Napriek tomu stáva sa to.

#### 3.2.5.4 Hydrolýza

Polyolesterové oleje vznikajú z alkoholov a kyselín pri vyššej teplote a tlaku. Popri estere vzniká aj voda /vodná para/, ktorá sa odstraňuje. Táto reakcia je vratná. Za dostatočného množstva vody prebehne opačná reakcia, ktorú nazývame *hydrolýza*. Okrem teploty, dostatočného množstva vody /nad 2000 ppm/, podporujú túto vratnú reakciu kyseliny v systéme /pozrite obrázok 47 na strane 108 druhej knihy *Späť k základom*/.

*Teda, zvýšené množstvo vody v chladiacom systéme spôsobuje zvýšený stupeň hydrolýzy, za predpokladu že v systéme sú zvýšené teploty a množstvo kyselín a nečistôt, ktoré pôsobia katalyticky. Predpokladom je teplota vyššia, ako je 80°C.*

Ak by boli aj vyššie teploty a bol by nedostatok vody, hydrolýza by pravdepodobne nevznikla.

*Navrhuje sa preto držať hladinu vody v oleji pod 50 ppm oleja a hlavne v chladiacom systéme pod ekvivalentom 100 ppm, najlepšie pod 80 ppm.*

### **3.2.5.5 Zhorenie elektromotora kompresora**

Táto problematika sa týka predovšetkým chladiacich okruhov s hermetickými a polohmetickými kompresormi. Je nepochybné, že hermetické, resp. polohmetické kompresory majú rad výhod, ale majú aj nevýhody, na ktoré môže poukázať nadmerná vlhkosť v systéme, sprevádzaná vysokými teplotami konca stlačenia chladiva vo valci, katalytickým účinkom kovových nečistôt, vznikom kyselín, ktoré vyústia do porúch elektromotoru */závitový skrat, prerušené vinutie, skrat na kostru/* a môžu skončiť spálením elektromotoru kompresora.

Spálenie, alebo tiež vyhorenie, resp. zhorenie motoru nastane, keď izolácia elektromotoru je dlhšiu dobu vystavená kritickej teplote. Platí Arrheniove pravidlo */pozrite kapitolu 3.5.1/*.

### **Elektromotor je najchúlostivejšou časťou hermetického chladiaceho okruhu**

Príčinou spálenia elektromotoru môže byť prívod prúdu, nezodpovedajúci dovolenému prepätiu alebo podpätiu v elektrickej sieti */nízke napätie nedovolí elektromotoru sa rozbehnúť, ale pokles napätia môže nastať aj pri chode kompresoru, kedy klesá aj odoberaný prúd a nadprúdová ochrana nevypne, resp. vypne až pri veľkom poklese napätia, keď sa už motor zastaví a motorom prechádza skratový prúd/*, alebo príčinou je zlyhanie ochranného spínača */nadprúdové istenie/*, strata chladiva */alebo chladivo je znečistené/*, nedostatočné zásobovanie mazacích miest kompresora olejom, prítomnosť vzduchu alebo vlhkosti a kyselín */aj rozkladom oleja/* v chladiacom systéme, príliš vysoká teplota konca stlačenia, vonkajšie nečistoty, chemické reakcie a i.

Počiatok prvého spálenia motoru môže mať teda viac príčin. Dochádza k znečisteniu chladiva a oleja – tým sa znižujú prietokové prierezy mazacích kanálikov v kompresore. Chladivom a olejom sa znečistenie roznáša do chladiaceho a olejového okruhu. Súčasne nečistoty sa dostávajú aj do kondenzátoru, čím stúpa kondenzačná teplota. Zvýšenými teplotami sa stále viac zaťažuje elektromotor. Z uvedených príčin vzrastie teplota na vinutí nad dovolenú hodnotu, t.j. nad 140 °C a pri určitom časovom pôsobení dochádza k zhoreniu elektromotora.

Čistenie systému so spáleným kompresorom, ako sme už uviedli, je jednou z najzložitejších opráv, ktoré sa vyskytujú pri servisných prácach.

*Aj napriek dôkladnému vyčisteniu chladiaceho okruhu, nedá sa vylúčiť ďalšie zhorenie elektromotora kompresora.*

Pri malých chladiacich výkonoch hermetických chladiacich jednotiek sa robí kompletná výmena chladiacej jednotky, keď systém bol veľmi znečistený spalinami. */Najčastejšie sa totiž najskôr upchá spalinami kapilárna škrtiaca rúrka a chladivo pomaly zaplňa kondenzátor/*.

*Rozhoduje nielen ekonomické hľadisko, ale aj veľké riziko opätovného zhorenia elektromotora po oprave.*

Pri veľkých chladiacich výkonoch sa výmena kompresora robí na mieste montáže. Opravu spáleného kompresora väčšina výrobcov kompresorov odmieta a taktiež

väčšina servisných firiem nie je na túto opravu technicky pripravená. Cez to všetko sú firmy, ktoré túto opravu robia.

**Oprava spáleného kompresora je drahá** /oprava kompresora + doprava kompresora + vyčistenie jednotlivých hlavných častí systému + montáž kompresora + prevádzka chladiaceho zariadenia spojená s definitívnym očistením chladiaceho okruhu/.

Firma KMP robila skúšky namontovania nového kompresora *bez predchádzajúceho vyčistenia chladiaceho okruhu*. Výsledky sú tieto:

- *druhé vyhorenie sa prejaví po 6 až 12 mesiacoch,*
- *tretie vyhorenie sa prejaví po 2 mesiacoch,*
- *štvrté vyhorenie sa prejaví po 2 týždňoch,*
- *piate vyhorenie sa prejaví po 2 dňoch.*

Takýto drastický pokus si náš chladiarenský opravár nemôže dovoliť. Dnes však existuje jednoduchšia cesta ako vyčistiť systém po spálení motoru kompresora. Kompresor prichádza opravený od renomovanej firmy, ktorá robila opravu, so zárukou. To však ešte neznamená, že opravený kompresor po zabudovaní do chladiaceho okruhu už nezhorí.

Osud opraveného a očisteného alebo nového kompresora spravidla závisí od týchto faktorov:

- *na stupni zhorenia elektromotora,*
- *od toho, ako je rozvetvený chladiaci okruh /napr. okruh so združenými kompresormi/ a či okruh nemá tzv. mŕtve kúty,*
- *na kvalite vyčistenia /kompresor, chladiaci okruh/.*

*Poznámka: Nečistoty zo spálenia môžu byť skryté v zbytkoch oleja a tento ich chráni tak, že bežnými prostriedkami, prefukovaním dusíkom alebo vákuovaním sa nemôžu odstrániť.*

### **Postup po zhorení elektromotora hermetického kompresoru**

- *Preskúšajú sa všetky fázy pod správnym napätím a všetky elektrické prípoje.*
- *Megaohmmetrom sa prekontroluje krátke spojenie vo vinutiach alebo medzi vinutiami, kostrou a zemou. Prerušené spojenie signalizuje, že motor je spálený. Kompresor nerozbieha. Ak kompresor má uzatváracie ventily, tieto sa uzavriú. Z kompresora sa odvedie chladiivo do zbernej fľaše. Strhnuté časti oleja, pri odvádzaní chladiiva do zbernej nádoby sa zachytia ľanovým plátnom a preskúmajú sa na obsah uhlíka.*
- *Z kompresoru sa odoberie skúšobná vzorka oleja. Podľa analýzy, ktorú urobí servisný technik, môžu sa vyskytnúť tieto prípady zhorenia:*

1. *odobratá vzorka oleja nemá tmavú farbu a prítomnosť sadzí v sacom potrubí /pri piestových kompresoroch/, resp. vo výtlačnom potrubí /pri rotačných kompresoroch s valivým piestom/ sa nezistila. Z toho možno usúdiť, že nárast teploty, aj keď nadmerný, bol krátky. Motor sa spálil napr. zablokovaním rotoru. Tento proces sa nazýva „**rýchle zhorenie**“. Vzniknuté kyseliny a nečistoty sú rozpustené len v oleji kompresoru. Zmeraná kyslosť oleja, vyjadrená číslom kyslosti  $\leq 0,05$  mg KOH/g, poukazuje na to, že chladiaci okruh nie je znečistený, nevyžaduje sa rozsiahle čistenie a stačí vymeniť kompresor a filterdehydrátor v kvapalinovom potrubí, alebo filtračnú /é/ vložku /y/. Musí sa potvrdiť, že v kondenzátore, zásobníku chladiiva, ani v TEV sa nenájdu príznaky znečistenia spalinami. V takomto prípade sa môže sací čistiaci filterdehydrátor po 2-3 hodinách chodu vymontovať a chladiaci okruh bude vyčistený. Filterdehydrátor pred TEV by sa mal každom prípade voliť v rade **o jeden stupeň väčší**, ako pôvodne nainštalovaný. Po 24 hodinách je potrebné ešte **raz zmeniť filterdehydrátor**, alebo*

filtračnú vložku a zmerať na ďalšej odobratej vzorke oleja číslo kyslosti. Tento prípad znamená obvykle to, že kompresor pri zhorení nepracoval /väčšinou ide o zablokovaný rotor z rôznych dôvodov/. Pri tomto prípade znečistenia je treba dať pozor na spätné prúdenie nečistôt do sacieho potrubia. Preto je potrebné prešetriť sacie potrubie na prítomnosť sadzí.

2. odobratá skúšobná vzorka oleja má tmavú farbu, bola zistená veľká prítomnosť sadzí v sacom potrubí /pri piestových kompresoroch/, resp. vo výtlačnom potrubí /pri rotačných kompresoroch s valivým pohybom piestu/, kyslý je aj olej - číslo kyslosti > 0,05 mg KOH/g. Vzniknuté kyseliny boli roznesené do celého okruhu. Skutočnosť, že kompresor nerozbieha, poukazuje, že ide o veľké znečistenie. Tento popis predstavuje tzv. **"pomalé zhorenie"**. V prípade, že po zhorení sa zistí, že v kompresore sú vosky, použijú sa filtračné vložky ITE typu US-CC. Olej z kompresora má silný zápach. V tomto prípade sa na čistenie chladiaceho okruhu ponúkajú dve možnosti:

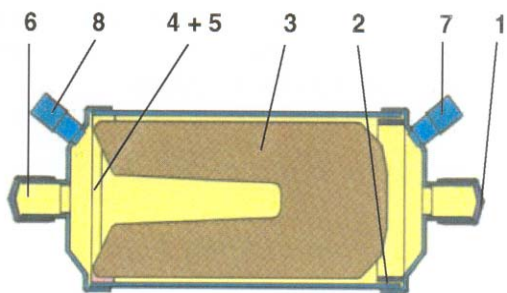
- prepláchnutie chladivom alebo olejom,
- metóda čistiaceho filterdehydrátora.

V praxi sa častejšie používa sa metóda čistiaceho filterdehydrátora, ktorú najviac odporúčajú aj výrobcovia kompresorov.

### Metóda čistiaceho filterdehydrátora

Používajú sa čistiace filterdehydrátory BURN-OUT, napr. filterdehydrátory Danfoss typu DAS 165, ktoré sú vhodné pre malé výkony a ktoré sa vymieňajú po určitej dobe prevádzky /nie sú určené pre opakované použitie/, pozrite obrázok 104.

Burnout filterdehydrátory ITE typu US, ktoré majú vymeniteľné vložky a používajú sa pre väčšie výkony. Vložky sú z oxidu hlinitého a majú ryhovaný, t.j. zväčšený povrch asi o 55 %. Vkladajú do rozoberateľného plášťa. Ten sa zabuduje spolu s vložkou, resp. s vložkami do sacieho potrubia, pri väčšom znečistení a väčších výkonoch aj do kvapalinového potrubia /odstránia vlhkosť, prach, spaliny a kyseliny po zhorení motoru/.



Obrázok 104 **Burnout filter** typ DAS Eliminator pre zabudovanie do sacieho potrubia spálených chladiacich a klimatizačných okruhov, v ktorých je fluoruhlovodíkové chladivo. Po odstránení nečistôt sa z okruhu demontujú. *Legenda: 1-vstup, 2-pružina, 3-pevná vložka pozostávajúca zo 70% aktívneho kysličníka hlinitého a 30% molekulového sita, 4-jemné sito na malé nečistoty pri malej tlakovej strate, 5-podložka z polyetylénu, 6-tesniaci uzáver, 7,8-Schraderove ventily na*

*kontrolu tlakovej straty*

*Po výmene kompresora /v kompresore je nový olej/ a zabudovaní uvedených filtrov do sacieho potrubia na vstupe do kompresora a aj do kvapalinového potrubia/ pri väčších chladiacich výkonoch/ a vyčistení alebo výmene expanzného, magnetického a štvorcestného ventilu, sa kompresor spustí. Na sacom filtri sa sleduje tlaková strata.*

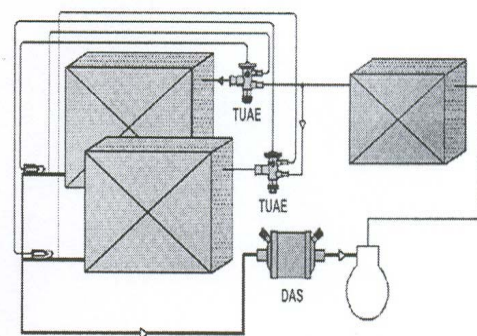
Každý druhý týždeň sa odoberie vzorka oleja a preskúša sa na kyslosť a skontroluje sa jeho farba. Tlaková strata sa meria priamo na filterdehydrátore. Filter na saní sa musí vymeniť skôr, ako tlaková strata prekročí:

- pri klimatizačných zariadeniach 0,5 bar,
- pri chladiacich zariadeniach 0,25bar,
- pri mraziacich zariadeniach 0,15bar.

V prípade potreby sa filterdehydrátor, alebo vložka, vymení. Filterdehydrátor, resp. vložka filtra, ako aj olej kompresora, sa vymieňa dovtedy, až číslo kyslosti a farba /či nevznikajú nekondenzovateľné plyny/ oleja sa zhodujú s vyššie uvedenými požiadavkami: t.j. že olej je úplne jasný a nie je kyslý. Potom sa zo sacieho potrubia vyberie filter a na prázdne miesto sa dá rúrkový adaptér. Taktiež sa vymení filter z kvapalinového potrubia a vloží sa na jeho miesto nový originálny filterdehydrátor.

**Obrázok 105 Použitie burn - out filtra Danfoss typu DAS, používaného pre spálené kompresory. Pevná vložka pozostáva zo 70 % aktívneho oxidu hlinitého a 30 % molekulového sita.**

*Dva Schraderove ventily sa používajú na kontrolu tlakovej straty vplyvom zanesenia a sú znázornené na obrázku. Filterdehydrátory sú pre chladivá R134a, R404A, R410A, E507 a R22, pre chladiace výkony 6,0 až 15 kW a pre priemery rúrok 10, 12 a 16 mm.*



### 3.2.5.6 Dodatok ku kapitole 3.2

Podľa firmy Danfoss /L28/, pri retrofite chladiva R12 na R134a treba urobiť:

- výmenu minerálneho oleja a jeho nahradenie esterovým olejom,
- použiť nový filterdehydrátor
- splniť požiadavky na čistotu, čo je najdôležitejšie.

Podľa firmy Castrol pri zmene chladiva R12 na chladivo R134a sa vymení minerálny olej za esterový 3 krát. Podľa postupu Castrol, po trojnásobnom preplachu obsah zvyšného minerálneho oleja nikdy neprevýšil 1%.

Skúšky firmy DEA /L29/ ukázali, že pri retrofite na esterové oleje zvyškové množstvo minerálnych olejov v množstve 1% neznamená žiadne ovplyvnenie funkčnej spôsobilosti týchto olejov v zariadení, ktoré je naplnené R134a. Dôležitá je rýchlosť pri retrofite a čistota, ktorá je najvyšším zákonom, množstvo vlhkosti je dané hodnotou 200 ppm ako kritický bod pre stabilitu oleja v kompresore.

Nečistoty ovplyvňujú životnosť kompresoru. Je to predovšetkým vlhkosť, ktorá vyvoláva ďalšie rozkladné procesy. Preto je dôležité vyvákuovanie /na 0,5 mbar/ a tesnosť systému, hlavne pri vyparovacích teplotách pod úrovňou atmosférického tlaku. Tesnosť chladiaceho zariadenia sa pravidelne kontroluje /minimálne 2 krát za rok/. V prípade, že sa zistí únik chladiva, netesnosť sa ihneď odstráni a doplní sa chladivo. Taktiež sa skontroluje, či nie je preplnený systém, alebo nekondenzovateľné plyny v okruhu, kedy sú vysoké kondenzačné teploty. Pri dlhom kvapalinovom potrubí sa zmeria, či je dostatočná dochladzovacia teplota pred expanzným ventilom. V negatívnom prípade pri týchto faktoroch dochádza k nárastu teplôt, hlavne na výtlaku, so všetkými dôsledkami na tvorbu rozkladných procesov.

*Pri každom zásahu do chladiaceho okruhu /vákuovanie, výmena člena/ sa vymení filterdehydrátor. Chladiace zariadenie by sa malo vybaviť indikátorom vlhkosti.*

Pre bezchlórové halogénované chladivá, ako napr. R134a, R404A, R407C, ktoré sú dodané výrobcom chladiva, výrobca zaručuje, že množstvo vlhkosti v chladive podľa DIN 8960 je max. 10 mg/kg chladiva. Zo skúseností vyplynulo, **že kritický obsah vlhkosti v okruhu, ktorý nikdy nesmie byť prekročený, je asi 80 ppm.**

Ak sa prekročí táto hodnota, ktorú signalizuje priesozník chladiva, musí sa vymeniť filterdehydrátor, resp. vložka filtra, vymeniť olej, prípadne musia sa urobiť ďalšie opatrenia a to tak, aby sa zamedzilo vzniku voľnej vody a tým aj poškodeniu chladiaceho zariadenia.

**Filterdehydrátor prijme viac vody pri nižšej teplote,** pričom prijaté množstvo vody chladivom závisí aj od druhu chladiva a od množstva vody, ktoré je už v chladive. Preto sa umiestňuje filterdehydrátor, spolu s priesozníkom chladiva */s indikátorom vlhkosti/* pred regulačný orgán */AV, TEV, EEV/*. Dôležitá je nielen čistota vnútorných plôch zariadenia, ale aj technológia montáže a servisu, ako aj čistota vonkajších plôch výmenníkov tepla.

*Najlepšou metódou čistenia pre chladivo a už utesnený okruh je montáž dostatočujúco dimenzovaného filterdehydrátora na kvapalinovej strane a vymieňať ho dovtedy, až sa zabezpečí, že zariadenie je čisté, suché a bez kyselín /L27/. Dehydrátor sa vymieňa vždy, ak bol otvorený chladiaci okruh. Treba mať však na pamäti, že filterdehydrátor zachytí síce väčšinu nečistôt, ale nie všetky nečistoty.*

Do nežiaducich nečistôt priradíme aj nevhodne zvolený olej. Dvojica chladivo R134a - olej PAG, podľa firmy Du Pont /L26/ nemala dobrú miešateľnosť, zmes sa delila na dve fázy. Olej sa hromadil na strategických miestach chladiaceho okruhu – vo výparníku, čo spôsobovalo zhoršenú výmenu tepla a bránilo to návratu oleja do kompresoru.

Ak sa vymieňa olej v kompresore, nový olej by mal byť taký, aký predpisuje výrobca kompresoru pre daný typ chladiva. Iný typ by mal byť len po dohode s výrobcom kompresoru. **Pri vyliatí oleja z kompresoru, zostáva na plochách súčiastok kompresoru asi 10 % oleja.**

Pri chladiacich zariadeniach malých i veľkých sa vyskytuje prípad veľkého znečistenia chladiaceho okruhu zlomením, resp. roztrhnutím potrubia. Pre majiteľa to znamená, hlavne veľkých zariadeniach, veľkú ekonomickú stratu */chladivo, následné znečistenie chladiaceho okruhu vlhkým vzduchom, výpadok chladenia, keď je potreba chladu/*. Príčiny sú tieto:

- *nedovolené chvenie potrubia /chvenie od kompresoru, resp. pulzáciou plynu/,*
- *nedovolené zaťaženie potrubia pri zmene dĺžky, následkom kolísania teploty,*
- *chemickým pôsobením na spájkované spoje.*

K príčinám zlomenia, resp. roztrhnutia potrubí sa vrátíme podrobnejšie v kapitole „Potrubie“.

Ešte pár slov ku spáleniu motoru polohmetických kompresorov. Väčšina elektrických porúch motorov je zapríčinená prerušením napájania v jednej fáze trojfázového motoru, príliš nízkym napájacím napätím, poškodeným vinutím, abnormálnym prehriatím, alebo blokováním rotoru */trením rotoru o stator, zadretím piestu, ojnice, alebo hriadeľa v ložiskách/*.

K úplnému skratu vinutia motoru dochádza hlavne pri zastavení, kedy je najvyššie elektrické a fyzikálne zaťaženie. Ak je vtedy príliš vysoké napätie, alebo ak je z nejakého dôvodu blokový rotor, dochádza k spáleniu elektromotoru */ak nepracujú poistky veľmi rýchlo/*. Ak spálenie motoru je pri spustení, sadze smerujú na stranu sania systému – to by



mohlo pomôcť pri diagnostike */sú správne nadimenzované poistky, nedostatočné chladenie motoru/*.

Ak sú všetky fáze motoru spálené a kompresor je zablokovaný, takmer s istotou môžeme povedať, že príčinou elektrickej poruchy motoru je mechanická chyba. **Ak kompresor nie je zadretý, môžeme uvažovať o elektrickom pôvode poruchy.** V tom prípade by sa mala urobiť kontrola napätia a rovnováhy fáz. Môže ísť o nerovnomerné napájanie fáz. Je taktiež potrebné skontrolovať stav kontaktov stýkačov. Problém môže byť taktiež v predimenzovanom kompresore vzhľadom ku skutočnému zaťaženiu – pri krátkych cykloch */mal by byť 5 max. 6x za hodinu, vždy je potrebné rešpektovať pokyny výrobcu/*, kedy tento stav taktiež môže spôsobiť prehriatie motoru. Pri rozobratí kompresoru môžeme spozorovať ryhy na pieste, valci a na ložiskách.

Pri kompresoroch s jednofázovými motormi je častou príčinou zhorenia zalepenie kontaktov relé.

Miestne skraty motoru môžu byť spôsobené úlomkami kovu tým, že došlo k poškodeniu izolácie. Miestny skrat môže byť spôsobený relatívnym pohybom jednotlivých závitov toho istého vinutia. Pri spustení zariadenia nastáva relatívne trenie. Pred montážou nového kompresora je treba odstrániť všetky úlomky z okruhu */napr. z klapkového pracovného ventilu/*. Znečistený olej sa musí z okruhu odstrániť.

Pri rozbere kompresora ani podrobnou analýzou nie je niekedy možné zistiť príčinu poruchy, pretože porucha môže byť zapríčinená kombináciou rôznych faktorov. Je potrebné kontrolovať aj prívodné káble, stav kontaktov a stav zoradenia tlakových regulátorov.

### 3.3 VONKAJŠIE NEČISTOTY

Na zvyšovaní kondenzačného tlaku chladiacich zariadení, teda na znižovaní chladiaceho výkonu a znižovaní životnosti chladiacich zariadení pre domácnosť, pre distribúciu potravín a pre priemysel sa zvlášť podieľajú nečistoty na vzduchom chladených kondenzátoroch, vodný kameň pri zariadeniach s vodou chladenými kondenzátormi, organické a anorganické nečistoty na odparovacích kondenzátoroch, a chladiacich vežiach, atď.

Po montáži stredných i veľkých chladiacich zariadení neskúsení prevádzkovatelia nemajú pevné servisné zmluvy na dozor, údržbu a servis chladiaceho zariadenia so servisnou organizáciou. Výmenníky ochladzujúce vzduch, resp. chladené vzduchom, ktoré sa v prevádzke často zanesú prachom, resp. planktónom a lístím zo stromov, prípadne nemajú vhodnú úpravu chladiacej a vychladzovanej vody pre vodný kondenzátor resp. chladič, zariadenie pracuje pri vysokých kondenzačných teplotách a vysokých teplotách konca stlačenia chladiva vo valci, takže vypadáva z prevádzky hlavne vtedy, keď si to najmenej želajú. Mnohé chyby sa niekedy prejavajú až po niekoľkých mesiacoch, alebo rokoch.

Podľa výskytu môžeme rozdeliť vonkajšie nečistoty na:

- *na vzduchom chladených kondenzátoroch a výparníkoch,*
- *na vodou chladených kondenzátoroch a chladičoch vody, prípadne chladičoch kvapaliny.*

#### 3.3.1 Vonkajšie nečistoty na vzduchom chladených kondenzátoroch a výparníkoch

##### 1. Malé chladiace zariadenia so vzduchom chladeným **statickým** kondenzátorom

Pri malých chladiacich zariadeniach v domácnostiach a v maloobchodoch sa dnes už vyskytujú kondenzátory statické takmer vo všetkých chladiarenských výrobkoch, väčšinou sú to kondenzátory s vyžarovacím drôtmi */pozrite obrázok 76/*.

U týchto sa zhoršuje hospodárnosť chladiaceho zariadenia nánosom prachu a iných nečistôt, ktoré treba pravidelne čistiť:

- *jemnou kefou, vysávačom, alebo stlačeným vzduchom,*
- *v prípade usadenej mastnej nečistoty treba použiť vhodný čistiaci prostriedok.*

## 2. Malé chladiace zariadenia so vzduchom chladeným **dynamickým** kondenzátorom

V prípade, že tieto chladiace zariadenia majú kondenzačné jednotky, alebo dynamické kondenzátory umiestnené priamo v skrini výrobku, je potrebné venovať pozornosť častej kontrole zanesenia kondenzátorov nečistotami. Ventilátor kondenzátora, ako aj pohyb ľudí okolo chladiaceho zariadenia víria prach. Negatívny vplyv majú koberce a rohože v priestore pred kondenzačnými jednotkami. V kobercoch sa usadzujú nečistoty a pri chôdzi sa zvíria a nasávajú ventilátorom kondenzátora.

Takéto skúsenosti sme nadobudli s distribučným chladiacim zariadením Calex pre maloobchod, ktoré mali rovnaký šírkový a výškový modul a vyše 30 druhov výrobkov tak mohlo vytvoriť linku, ktorá bola žiadaná v maloobchodných predajniach potravín. S rovnakým modulom bola vyrobená aj malá skriňa, kde bola uložená kondenzačná jednotka. Zanesenie nečistotami kondenzátora bolo tak veľké, že v obchodoch to vyžadovalo vyčistenie kondenzátora každý mesiac. Nevyčistenie znamenalo vysoký kondenzačný tlak, vysokú teplotu konca stlačenia chladiva v kompresore, vysoký príkon a následné vypnutie chladiaceho zariadenia.

### **Chladiace zariadenie s dynamickým kondenzátorom umiestneným vonku**

Aj keď tu nedochádza k tak rýchlemu zaneseniu kondenzátora, ako sme popísali pri distribučných chladiacich zariadeniach, ktoré nemali kondenzátor umiestnený vonku, predsa aj tu dochádza k zanášaniam nečistotami:

- *prachom, planktónom, lístím zo stromov, atď.,*
- *mastnotami z dymu, ktoré sa vyskytujú zo vzduchu, alebo napr. prisávaním z okolitých objektov /kuchyne/.*

Ak sa jedná o prvý prípad, treba nečistoty vyfúkať vzduchom, alebo vystriekať vodou s odmasťovacími prísadami /L39/. Pri druhom prípade použiť vhodné čistiace prostriedky. Sú na trhu firmy, ktoré ich ponúkajú pre rôzne prostriedky a zariadenia pre typy nečistôt. Niektoré čistiace prostriedky zabezpečia aj potrebnú dezinfekciu.

### **3.3.2 Vonkajšie nečistoty v chladiacej vode pre vodou chladené kondenzátory a vodné chladiče**

Nečistotám na strane vody je treba venovať trvalú pozornosť, lebo sa neustále vytvárajú. Tieto môžu byť **anorganického** a aj **organického** pôvodu. Aby nedošlo k ohrozeniu výroby, pre ktorú obvykle chladiace zariadenie slúži, chladiace zariadenia už v projekte sú vybavené zariadením na zmäkčovanie, čistenie a úpravu vody. Okrem toho rôznymi zariadeniami sa zabraňuje korózii a mikrobiologickému rastu.

Nečistoty sa usadzujú na rúrkach kondenzátorov a chladičoch kvapaliny a vytvárajú vrstvičku, ktorá predstavuje tepelný odpor prestupu tepla. Tak napr. meď má tepelnú vodivosť 350 W/m<sup>2</sup>K, vodný kameň 2 W/m<sup>2</sup>K a hlien len 0,4 W/m<sup>2</sup>K, pričom najväčší tepelný odpor má teda hlien.

#### **3.3.2.1 Tvorba vodného kameňa vo výmenníkoch tepla**

Absolútne čistá voda neexistuje. Pred použitím vody pre vodný kondenzátor alebo vodný chladič, by mala byť urobená analýza vody.

Druhy vôd:

- **voda z vodovodu** - je drahá a pre tieto účely sa preto nepoužíva
- **studničná** – je čistá, ale má vysokú koncentráciu solí a preto sa málo používa.
- **potočná,**
- **voda z chladiacich veží** – cirkuluje v otvorenom alebo uzavretom okruhu chladiacej veže. Je o 15 až 20K teplejšia ako studničná voda. Množstvo solí môže byť až desaťkrát väčšie ako v upravenej mestskej vode. Voda z chladiacich veží môže prijímať prach a korozívne plyny.

Všetky vody obsahujú určité množstvo vápnika /*hlavne uhličitanu vápenatého*/, horčíkových solí /*hlavne uhličitanu horečnatého* –  $MgCO_3$  a síranu vápenatého –  $CaSO_4$ /, ktoré v hlavnej miere určujú tvrdosť vody. Okrem toho sú vo vode aj iné nečistoty.

*Nečistoty spôsobujú znečistenie povrchu rúrok a tlakovú stratu, čím sa zhoršuje prestup tepla.*

Vápnik je v prírode veľmi rozšírený prvok, ale je viazaný ako vápenec  $CaCO_3$  /*známy ako uhličitan vápenatý-tažko rozpustný*/, alebo sádrovec  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  /*síran vápenatý - gips*/, atď. Síran vápenatý je veľmi málo rozpustný vo vode a je príčinou tzv. *stálej tvrdosti vody* a varením sa nevyučuje, takže tvrdosť vody sa varením nemení.

Voda, ak príde do styku s uhličitanom vápenatým, vznikne kyslý uhličitan vápenatý podľa tejto rovnice:



ktorý je vo vode rozpustný. Takto sa *vápenec* dostáva do prírodných vôd a je *príčinou prechodnej tvrdosti vody*. Prechodnej preto, lebo  $Ca(HCO_3)_2$  sa mení varom na **nerozpustný  $CaCO_3$** , ktorý sa **vyučuje** v podobe usadenín **na stenách rúrok a nádob**.

Tento proces je s rastúcou teplotou intenzívnejší. To je podstatou vzniku *kotolného kameňa*, na ktorom sa *podieľa aj uhličitan horečnatý*, hlavne pri vodou chladených kondenzátoroch.

Tvrdosť vody sa vyjadruje v stupňoch tvrdosti, pričom nemecký stupeň tvrdosti / $1^\circ dH$ / zodpovedá obsahu 10 mg oxidu vápenatého / $CaO$ /, alebo rovnocennému množstvu oxidu horečnatého / $MgO = 7,14g$ / v 1 litri vody.

Tvrdosť vody sa posudzuje podľa stupňov tvrdosti takto:

- *0 až  $8^\circ dH$  je mäkká voda,*
- *$8$  až  $15^\circ dH$  je stredne tvrdá voda,*
- *voda, ktorá má viac ako  $15^\circ dH$  je tvrdá voda.*

Podľa údajov z literatúry studničná voda na Slovensku je prevažne tvrdá. Preto sa musí chemicky upravovať. Účinky tvrdej chladiacej vody pre správnu funkciu výmenníkov tepla je treba brať vážne počnúc investorom, ďalej projektantom a nakoniec v hlavnej miere aj užívateľom chladiaceho zariadenia. Treba si uvedomiť, že len včasnými, alebo predčasnými opatreniami môžeme zabrániť škodám.

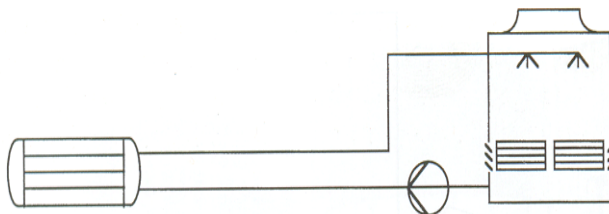
Voda pre chladiace zariadenia je drahá, aby sa používala z vodovodu a po ohriatí vo výmenníku tepla aby odtekala do odpadového kanálu. Preto sa používa obehová voda, ktorá sa po ohriatí vo vodou chladenom kondenzátore ochladzuje pomocou **chladiacej veže**, pozrite obrázok 101. Do kondenzátora dopravuje vodu vodné čerpadlo.

Teplá, privedená voda napr. od kondenzátora, sa sprchuje v chladiacej veži pomocou dýz. Pritom dochádza k ochladeniu vody o 4 až 5 K /*pod teplotu suchého teplomeru*/ tým, že

voda sa pri výmene tepla odparí vo vlhkosťou nenasýtenom vonkajšom vzduchu dopravovanom pomocou ventilátora a nasávanom do veže cez žalúzie.

Časť vody sa teda odparí, ďalšia časť vody je odviata prúdom vzduchu ventilátora chladiacej veže a tretia časť predstavuje množstvo odkalenej vody v chladiacej veži.

**Obrázok 106 Chladienie obehovej vody pomocou chladiacej veže** v najlacnejšom zhotovení. Pri tejto konštrukcii sa dosahuje najchladnejšia voda - v porovnaní s inými spôsobmi zapojenia a inými konštrukciami chladiacich veží. Vľavo je vodou chladený kotlový kondenzátor a do neho dopravuje vodu z chladiacej veže čerpadlo. Po oteplení v kondenzátore vstupuje voda späť do chladiacej veže.

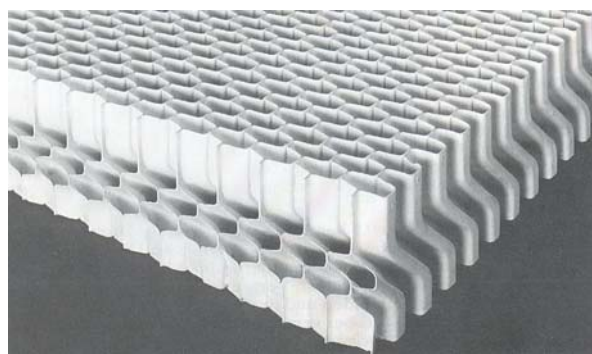


Množstvo odparenej, vzduchom odviatej a odkalenej odpadovej vody sa musí do obehového vodného systému doplniť čerstvou vodou. **Toto doplnené množstvo nazývame dodatkovou alebo doplnenou vodou.**

Je možno vypočítať, akú vysokú koncentráciu je možno dovoliť v okruhu obehovej vody.

**Pomer medzi koncentráciou solí v doplnenej a obehovej vode je stupeň zahustenia**

Čerstvá privedená voda sa riadi podľa jej akosti a dovolenej koncentrácie tvrdosti obehovej vody. Môže sa pridať aj viacnásobok súčtu množstva vody odpareného, odviateho a odkaleneho, ale musí nastať rovnováha medzi tvrdosťou pridanej vody a dovolenou tvrdosťou v okruhu obežnej vody. Nato sú potrebné zariadenia na zmäkčovanie a čistenie vody.



**Obrázok 107 Sprchovaná voda steká cez výplňové telesá veže** /pozrite obrázok 102/, ktoré sú zhotovené z plastickej hmoty a preto majú malú hmotnosť - dajú sa dobre čistiť od rias a iných nečistôt. *Prevláda gravitačný rozdeľovací systém vody. Zabudovávajú sa na streche, alebo vonku - s ohľadom na požiadavky na životné prostredie /hluk/.*

Zavedenie chladiacich veží bolo odzvou výzvy na šetrenie vodou /ktorej odbery v niektorých mestách sú už limitované/ a na stále zvyšujúce sa náklady na vodu. Na druhej strane odpadové vody zaťažujú životné prostredie potrebnými chemikáliami na úpravu vody. Okrem toho je potrebné čistenie dýz, čistenie a preplach náplňového materiálu /pozri obrázok 107/, čistenie filtrov a čerpadla /sú 2 čerpadlá: riadne a paralelne je zaradené aj rezervné čerpadlo v obehovom okruhu vody/, kontrola a čistenie plavákového ventilu, periodické preplachovanie a čistenie spodnej nádoby chladiacej veže, alebo záchytnej nádrže na vodu a čistenie výmenníkov. V prípade, že tvorba rias, alebo organických nečistôt /pozrite kapitolu 3.3.2.3/ je veľká, je treba sa obrátiť na odbornú firmu o pomoc.

Vyskytli sa prípady epidémie z výskytu baktérií Legionella pneumophila /pozrite kapitolu 3.3.2.6/.

### 3.3.2.2 Korózia

Korózia je poškodzovanie kovov chemickou, ale predovšetkým elektrochemickou reakciou. Druhy korózie:

- elektrochemická - vzniká vo vodnom okruhu, ktorý má rôzne materiály a z dôvodov ich rôzneho potenciálu vzniká v okruhu elektrochemický článok, ktorého výsledkom je bodová korózia. Zabraňuje sa jej nevodivými vložkami, alebo tzv. inhibítormi korózie.

Používa sa kvalitná ochrana, inhibícia:

- *anodická* - dochádza k rozpúšťaniu zámerne vloženého materiálu, ktorý pôsobí vo vodnom okruhu ako anóda,
- *katódická* - kde na katóde sa vytvára pre kyslík nepriepustný film,
- celková korózia - vzniká na celom kovovom povrchu pôsobením silných kyselín,
- bodová korózia - je spôsobená trhlinkami a kvapalinami, ktoré v určitom mieste sú bez pohybu, ďalej oxidačným prostredím a malou hodnotou pH /pri  $pH \geq 12$  je nebezpečenstvo miestnej tvorby korózie veľmi malé, ale na druhej strane nebezpečenstvo tvorby vodného kameňa veľmi veľké/. Korózia nenastane, ak spájkované výmenníky tepla sú v prevádzke. V okruhu treba zabrániť vysokej koncentrácii chlóru, ktorá nastane napr. vyparením vody, kedy môže vzrásť koncentrácia chlóru až na hodnotu, pri ktorej dochádza ku bodovej korózii.

Pri medi nespočíva problém v korózii medi, ale v pôsobení medi na iné kovy. Vyžaduje sa, aby pomer  $HCO_3^-/SO_4^{2-} > 1$  a taktiež aby pH bolo 7,5 až 9,0.

### 3.3.2.3 Prevencia a čistenie doskových spájkovaných a rúrkových výmenníkov tepla

Pri vlastnom chladiacom okruhu 100 % výkon sa dosiahne vtedy, keď výmenníky tepla sú čisté za strany chladiiva a ochladzujúcej alebo ochladzovanej látky. Ak je to voda, vyčistenie rúrok sa najlepšie dosiahne použitím upravenej vody. Toto je však z hľadiska nákladov niekedy nemožné.

Doskové spájkované výmenníky tepla sa znečisťujú menej ako rúrkové výmenníky tepla. Je to z týchto dôvodov:

- v doskových spájkovaných výmenníkoch dochádza k silnej turbulencii i pri malých prietokoch, ktorá zabraňuje usadzovaniu unášaných nečistôt,
- doskové spájkované výmenníky nemajú žiadne mŕtve kúty,
- povrch dosiek je hladký.

Prevencia sa robí:

- a. obrátením prietoku chladiacej vody**, kedy rôzne zachytené nečistoty na vstupe sa odplavia. Táto metóda sa môže použiť vtedy, ak voda neobsahuje príliš mnoho jemných nečistôt, ktoré by mohli zaniest' doskové výmenníky tepla.
- b. použitím sieťového filtru** s veľkosťou ôk 0,5 až 1,5 mm v okruhu chladiacej vody pred čerpadlami - aby boli chránené pred nečistotami. Veľkosť ôk filtru sa volí podľa kvality vody. Z toho dôvodu by mal byť filter ľahko prístupný a otvárateľný - aby sa dal rýchlo vyčistiť.

Čistenie sa robí:

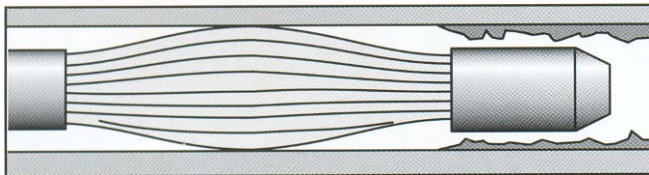
Malé častice nečistôt prenikajú cez mechanický filter a dostávajú sa do doskového výmenníka tepla. Teplosmenná plocha výmenníkov tepla sa postupne zanáša a tým znižuje výkon. Vyžaduje sa chemické čistenie.

Usadený síran vápenatý  $\text{CaSO}_4$ , je ťažko rozpustiť aj chemickým čistením, ale uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$  sa veľmi ľahko rozpúšťa zriedenými kyselinami. Stupeň tvorby kotolného kameňa ovplyvňujú zloženie, koncentrácia, pH a teplota. Pre tvorbu kotolného kameňa sa vyžaduje teplota vyššia ako  $45^\circ\text{C}$ . Vyskytuje sa preto v tepelných čerpadlách, v rekuperátoroch tepla, prehriatia, atď.

- **Riasy** sa zachytia vo filtroch, ale ak sú jemné dostanú sa aj do kondenzátora. Môžu byť príčinou bodovej korózie. Podmienky vzniku sú priaznivé v chladiacich vežiach – otvorené prostredie a dostatok svetla vytvárajú priaznivé podmienky pre ich vznik a rast. V uzavretých okruhoch nevznikajú.
- **Baktérie** na rozdiel od rias môžu rásť kdekoľvek. Filtre a sitá ich nemôžu zachytiť. Sú živé síranmi, zlúčeninami dusíku, fosforu, alebo kyslíčnika železa, ktoré obsahuje voda. Baktérie menia sírany na kyselinu siričitú, ktorá spôsobuje koróziu. Zlúčeniny vyššie uvedených prvkov tvoria väzký povlak, ktorý zhoršuje prestup tepla hlavne v kondenzátoroch.
- **Huby** sa chovajú podobne ako baktérie, ale ťažšie ich môžeme zlikvidovať. Napádajú drevenú konštrukciu chladiacich veží /staršie klasické konštrukcie/.
- **Piesok a prach** sa usadzujú na vstupe do doskových výmenníkov tepla pri malých rýchlostiach vody.

#### 3.3.2.4 Čistenie rúrkových výmenníkov tepla sa robí:

- **Mechanicky** - použitím špeciálnych nylonových kartáčov, alebo na tyči upevnených štetinových kartáčov. Kartáče, ktoré by vnútorné plochy rúrok poškrabali, alebo zdrsnili, sa nesmú používať, pretože rúrky by korodovali a mohli by z týchto príčin nastať netesnosti medzi okruhom chladiwa a okruhom obehovej vody.



Obrázok 108 Kartáče na čistenie výmenníkov tepla

Pri mechanickom čistení má rúrkami pretekať dostatočné množstvo vody. Najlepších výsledkov sa dosiahne, ak sa upevní kartáč do ručnej vrtáčky a čistí sa krúživým pohybom.

Ďalšia metóda je pretlačovanie gumených zátok s presnými rozmermi stlačeným vzduchom.

Taktiež na trhu je známy nástroj pod označením Expando. Je k dispozícii v 5. potrebných veľkostiach, predovšetkým na odstraňovanie oceľových špon a nečistôt. Počas čistenia mení nástroj svoj priemer, takže sa zabezpečuje, že všetky špony, resp. usadeniny sa vynesú von z otvoru. Dodáva sa pre vnútorné priemery rúrok /pozrite obr. 108/:

Expando	5/16"	až	3/8"
Expando	3/8"	až	1/2"
Expando	1/2"	až	5/8"
Expando	5/8"	až	1"
Expando	1"	až	2"

- **Chemicky** – keď mechanické čistenie nedostačuje, alebo je pre určitý výmenník nevhodné. Používa sa hlavne pri väčších vodou chladených kondenzátoroch. Okrem kondenzátoru sa robí čistenie celého chladiaceho systému i spojovacie potrubie vody. Toto je možné vyčistiť len chemicky. Chemické čistenie sa robí pri silnejších vrstvách vápencových usadenín. Na trhu sú k tomu účelu vhodné chemické prípravky.

Obidva spôsoby sú vhodné pre zodpovedajúce zanesenia rúrok nečistotami, avšak vyžaduje sa, aby potrebné práce boli urobené odborne.

### 3.3.2.5 Čistiace prostriedky

Čistiace kvapaliny nesmú byť korozívne a jedovaté. Musia korózii zabraňovať, alebo ju zmenšovať. Na trhu chladiacej techniky je dostatok vhodných čistiacich prostriedkov.

Pre spájkované výmenníky tepla je použitie čistiacich prostriedkov, ktoré obsahujú amoniak, zakázané. Taktiež čistiace prostriedky s hydroxidom sodným spôsobujú koróziu hliníku a dokonca môže dôjsť k explózii.

Na vodný kameň sa používajú slabé organické kyseliny */5% roztok vo vode - čistiaci prostriedok sa vlieva do vody a nie naopak!!* a to mravčia, citrónová, octová, šľaveľová alebo fosforečná. Potom nasleduje preplach výmenníku. Nemali by sa použiť anorganické kyseliny!!!

### Čistiace zariadenia

Majú na podvozku nádrže na rôzne čistiace prostriedky, ohrievač, ventily, čerpadlo s prepojovacími hadicami.

### Prevenia proti rastu organických látok

K tomu existuje celý rad chemických látok */napr. chlorofenoly, manganistan draselný, dichroman sodný, chlór/*.

### 3.3.2.6 Biologické znečistenie

#### Výskyt organizmov

V kale, ktorý sa hromadí na dne zberných nádrží sa vyskytujú organizmy */pozrite obrázok 109/*, ktoré sa transportujú vzduchom a môžu sa dostať s upraveným vzduchom až do klimatizačného zariadenia a odtiaľ do klimatizovaného priestoru za týchto podmienok:

- *nedostatočnej filtrácie vzduchu /č.4 až 9/*,
- *znečistením pračkovej vody /č. 1 až 3 a 10 až 24/*,
- *príliš dlhým pracovným cyklom pračky /č.25 až 29/*

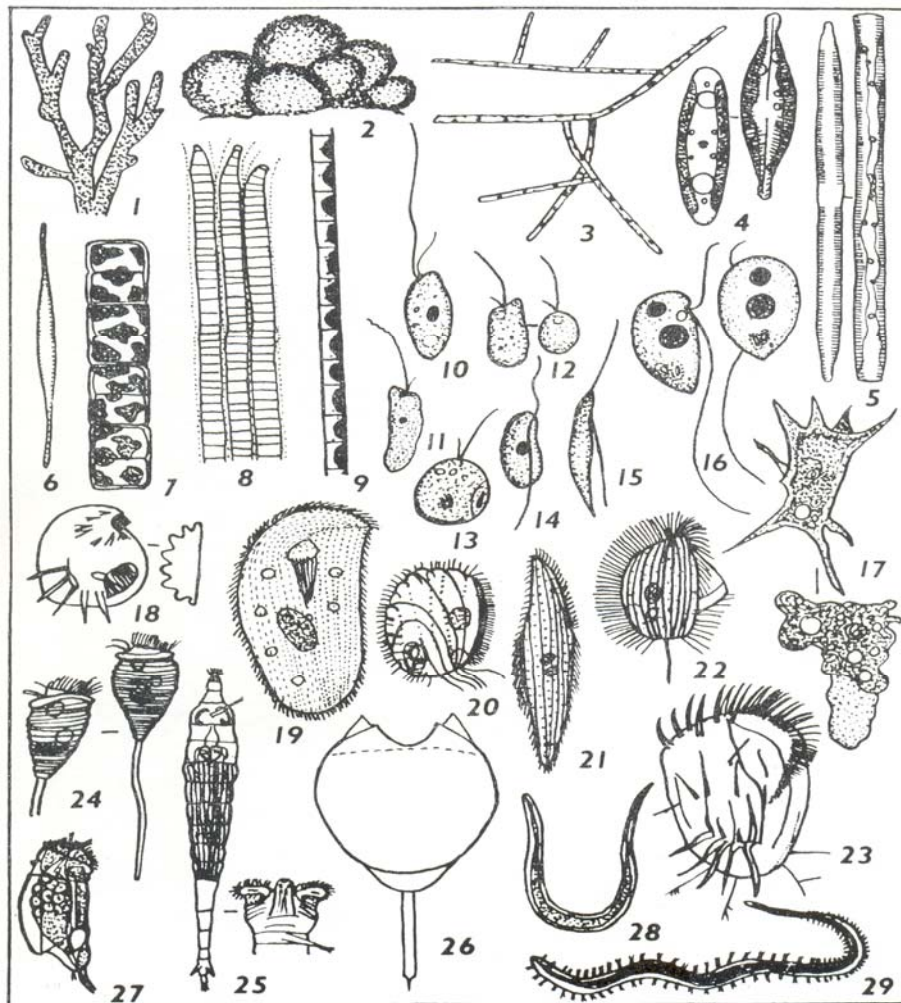
V upravenom vzduchu v klimatizovaných priestoroch pri klimatizačných zariadeniach s zvlhčovačmi vzduchu sa zistila tiež prítomnosť plesní a kvasiniek rôznych rodov a tieto mikroorganizmy môžu spôsobiť mykózy alebo alergénne onemocnenie. Aj v tomto prípade výskyt je ovplyvnený kvalitou nasávaného vonkajšieho vzduchu.

Ukázalo sa, že nasávaný vzduch bol väčšinou kontaminovaný rôznymi rastlinnými zbytkami */listím, rastlinné tkanivo, atď./* ako aj to, že bolo nevhodne umiestnenie nasávanie vonkajšieho vzduchu.

### Legionella pneumophila

V USA, v roku 1976 sa objavila baktéria, ktorá bola príčinou epidémie zápalu pľúc, na ktorú onemocnelo 221 vojnových veteránov, z ktorých nakoniec zomrelo 34. Príčinou bola baktéria *legionella pneumophila*. **Zistilo sa, že je nebezpečná vtedy, keď prenikne vo forme vodného aerosólu do pľúc.** Neskôr sa dokázalo, že v žalúdku nie je nebezpečná. Píťie vody nie je nebezpečné, ale vdychovanie vlhkej hmly, napr. pod sprchou. Vtedy

koncentrácia vo vzdušnom aerosóle je asi  $10^4$  v jednom  $m^3$  vzduchu. Výpočtom vyšlo, že keď pod sprchou vdychujeme objem 12 litrov vzduchu za minútu, za rovnaký čas vdýchame do seba cez 100 baktérií. Lekári ukazujú, že moderné sprchy s perlátormi sú ďaleko nebezpečnejšie, lebo vytvárajú väčšie množstvo vodného aerosólu.



**Obrázok 109 Organizmy nájdené vo vodných zvlhčovačoch.** Legenda: 1,2 - slizové baktérie, 3 - vodná huba, 4,5,6,7 - rozsívka, 8 - vláknitá sinica, 9 - vláknitá zelená riasa, 10,11,12,13,14,15,16 - bezfarebný bičíkovec, 17 - meňavka rodu Amoeba, 18,18,20,21,22,23,24 - nálevník, 25,26,27 - vírnik, 28 - červ háďatko, 29 - červ máloštetinatec. Latinské názvy sú v /L38/.

Podľa /L32/ existuje 24 rôznych druhov baktérií rodu *Legionella*. Prekvapujúcim zistením bolo, že baktérie *Leginella pneumophila* sa v prírode vyskytujú normálne vo všetkých povrchových vodách, vo vlhkej pôde a taktiež vo spodných vodách. V morskej vode sa nevyskytujú. Pri teplote do  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  je koncentrácia baktérií v prírodných vodách 1 na liter vody, teda zanedbateľná.

Baktérie *Leginella pneumophila* sú veľmi malé, dosahujú veľkosť do  $4\mu\text{m}$  a plávajú vo vode. Rýchlo sa množia pri teplotách  $25^{\circ}\text{C}$  až  $45^{\circ}\text{C}$ , kde koncentrácia baktérií dosahuje v jednom litri až 100 miliónov. Nad teplotou  $45^{\circ}\text{C}$  sa množenie baktérií zastavuje pri  $70^{\circ}\text{C}$  hynú všetky počas niekoľkých sekúnd.

Pri onemocnení človek po inkubačnej dobe dvoch až desiatich dní má vysokú horúčku. Onemocnenie sa rozšíri na celé pľúca, niekedy aj končí smrťou asi pri 10 % infikovaných osôb. Hlavný dôvod vysokej úmrtnosti spočíva v nesprávne určenej diagnóze, hoci jej stanovenie je obtiažne. Postihuje starších, alebo inými chorobami oslabených ľudí: viac



mužov ako ženy a to v miestach väčšieho zhromaždenia ľudí /hotely, nemocnice, útulky pre prestárlych, veľkoobchody, sprchárne plavárne/. Mnoho ráz je táto choroba skrytá a asi 1 % populácie prejde cez určitú formu skrytej legionelózy. Podľa svetovej štatistiky onemocnie 1 až 10 % z infikovaných.

*Táto nemoc sa však dá liečiť osvedčenými antibiotikami, nie však penicilínom, lebo Legionella pneumophila je voči penicilínu rezistentná.*

*Podľa americkej a anglickej odbornej literatúry stačí koncentrácia  $10^3$  zárodkov v 1ml vody spôsobiť infekciu s krátkodobým onemocnením. Pri počte zárodkov nad  $10^3$  je už veľké riziko onemocnenia.*

Možné zdroje infekcie:

- sprchy, miešacie batérie, vírivky,
- bazény, vodné plochy s ohriatou vodou,
- chladiace veže,
- zvlhčovače a pračky vzduchu klimatizačných zariadení,
- drobné zariadenia, ktoré vytvárajú aerosol.

Preveniu proti legionelóze nie je možné dosiahnuť zdravotníckym opatrením-  
očkovaním, nutné sú technické opatrenia.

### **Technické opatrenia**

na zamedzenie legionelózy

Vo výmenníkoch tepla a zásobníkoch vody, pri teplote 25 až 45 °C, sa môžu rozmnožovať baktérie, hlavne na takých miestach, kde sa voda nepohybuje, napr. v bojleroch. Výrobky, kde je vyššie uvedená teplota vody a kde je málo pohyblivá voda, alebo sa vôbec nepohybuje, je **treba častejšie odkalovať a čistiť**.

Ohrievače je vhodné prevádzkovať s minimálnou teplotou úžitkovej vody 65 °C. Táto teplota nedovoľuje už prežiť baktériám *Legionella pneumophila*. V tejto súvislosti je vhodné inštalovať prietokové ohrievače, kedy je doba ohrevu krátka, takže nedochádza ku množeniu baktérií.

Systém centrálnej prípravy vody, ktorý studenú vodu 10 °C predhrieva v prietokovom chladiči na teplotu 25 °C až 30 °C sa nakoniec ohreje v zásobníku na bezpečnú teplotu 65 °C, kedy baktérie už nevznikajú sa nazýva *tepelná dezinfekcia*. Studená voda v potrubí nesmie byť z rovnakých príčin ovplyvňovaná teplotou teplej vody a preto **obidve potrubia musia byť v takej vzdialenosti a musia byť izolované** tak, aby teplota studenej vody mala len minimálne oteplenie. Vyžaduje sa opatrnosť.

### **Prístroje na úpravu vody**

Baktérie sa vyskytujú aj v prístroji na úpravu tvrdosti vody. Tieto prístroje nahradzujú ionty vápniku a horčíku iontami sodíku. Ak sa sodíkové ionty predávkujú, znižuje sa síce tvrdosť vody, ale zhoršuje sa protikorózna ochrana potrubia. Preto sa pridávajú inhibítory - zlúčeniny fosforečnanov, ktoré sú však živinami pre rast baktérií *Legionella pneumophila*.

### **Vplyv materiálu**

Laboratórne skúšky materiálov vo vode so stanovenou koncentráciou zárodkov počas 28 dní ukázali, že vytváranie baktérií na medi bolo najnižšie, viac sa vytvárali na skle a najväčšie vytváranie baktérií zaznamenali na polybutyléne. Med' bola klasifikovaná ako materiál, keď jej prítomnosť bráni rastu baktérií *Legionella pneumophila*.

Pri medi sa ukázalo, že všetky baktérie zahynuli pri dosiahnutí teplôt 40°C až 50°C. Pri týchto podmienkach však baktérie prežívajú na plastovom povrchu.

### Výskyt mikroorganizmov a legionelózy pri chladiacich a klimatizačných zariadeniach

Pri klimatizačných zariadeniach sú okrem toho známe zo zahraničnej a našej literatúry prípady výskytu a *epidémií legionelózy* vtedy, keď naraz sa zhromaždilo väčší počet ľudí. Taktiež sa vyskytujú organizmy podľa obr. 109. Ukázalo sa, že najväčšie riziko predstavujú:

- **chladiace veže** - v dôsledku chybného projektu a zlého umiestnenia veže dochádzalo k nasávaniu aerosolu a tým baktérií z chladiacej veže cez nasávacie šachty klimatizačného zariadenia, pričom významnú úlohu zohral aj smer vetru, rýchlosť vetru a skutočnosť, že niektoré chladiace veže boli prevádzkované až 18 mesiacov bez čistenia. Výsledkom pôsobenia týchto faktorov bola infekcia baktériami *Legionella pneumophila* a to hlavne preto, že baktérie mali /a majú/ veľmi dobré teplotné podmienky pre rozmnožovanie v dolnej otvorenej nádrži chladiacej veže. *Chladiaca veža je považovaná za množinu baktérií.*
- **zvlhčovače a pračky vzduchu** majú zvlášť dobré podmienky pre rozmnožovanie mikroorganizmov, pozri obr.109, ba sú doslova ich liahňou /L32/, hlavne vtedy, ak nie sú riadne čistené a dezinfikované. Preto je potrebné, v pravidelných cykloch vaňu pračky vzduchu vypustiť a odstrániť vzniknutý a usadený kal.
- **bazény a vodné plochy s ohriatou vodou.**

#### 3.3.2.7 Dodatok ku kapitole 3.3

V klimatizovanom priestore sa vyžaduje kvalitný, čistý vzduch. K tomu je potrebné, aby sa zabezpečila:

- *kvalita nasávaného vonkajšieho vzduchu /platí: nasávanie čo možno najvyššie a aby sa vyhlo kontaminácii nasávaného vzduchu aerosólom unášaným z chladiacich veží/*,
- *kvalita filtrácie vzduchu /okrem chladenia a zohrievania/*,
- *kvalita zvlhčovania vzduchu a*
- *odpadovým vzduchom sa dopravujú látkové a plynné nečistoty /CO<sub>2</sub> z produkcie osôb/ von.*

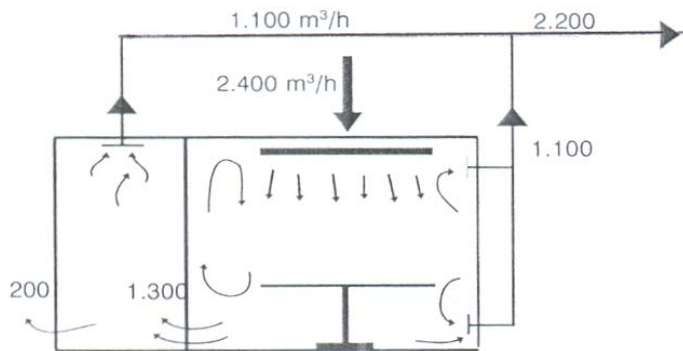
Spomenieme dva odbory, kde sa pri práci vyžaduje mimoriadne vysoká čistota vzduchu:

- **Klimatizácia nemocničných operačných priestorov**

Vo vzduchu sa musí kontrolovať počet zárodkov častíc tak, aby po filtrácii zostal nízky a z hľadiska zdravotného bezpečný počet zárodkov.

Pomocou klimatizačných zariadení s obzvlášť vysokými požiadavkami na čistotu sa zabezpečuje čistota vzduchu v operačných a vo vedľajších operačných priestoroch, ďalej v sterilných priestoroch a v jednotkách intenzívnej starostlivosti. Vonkajší vzduch musí byť upravený v klimatizačnej jednotke a prechádza cez dva filtračné stupne F5 a F8.

Tretí filtračný stupeň filtračnej triedy H14 alebo U15 sa zabuduje do výstky vzduchu v operačnom priestore ako konečný filter. Minimálne množstvo privádzaného vzduchu pre operačný sál predpísané normou DIN1946 časť 4 je 2400 m<sup>3</sup>/h /pozrite obrázok 110/ a na operačný stôl a pre skupinu vedľajších operačných priestorov a jednotku intenzívnej starostlivosti 15 až 30 m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>).



Obrázok 110 Prívod vzduchu do operačného a vedľajšieho operačného priestoru

• **Klimatizácia vo výrobných tzv. čistých priestoroch mikroelektroniky a farmaceutiky**

Bez vzduchotechniky a klimatizácie si nevieme predstaviť procesy vo výrobných podnikoch mikroelektroniky a farmaceutiky. Len s pomocou čistenia vzduchu, merania, resp. evidencie počtu častíc vo vzduchu, sa v tejto oblasti priemyslu môže zabezpečiť čistota vzduchu v danom priestore, v ktorom sa počet častíc vo vzduchu neustále aj kontroluje. Imisie častíc osôb, ktoré sa zúčastňujú na výrobnom procese sú analyzované na imisie častíc v závislosti od odevu, ktorý pokrýva telo a úkonoch, alebo pohyboch, ktoré vykonávajú:

- osoby, ktoré majú na sebe jednodielny oblek s pokrývkou hlavy, úst a nosa, resp.
- osoby, ktoré majú na sebe dvojdielny oblek s pokrývkou hlavy,
- osoby, ktoré stoja, alebo sedia, resp. pohybujú hlavou, či pohybujú telom, alebo ramenom, vykonávajú pomalú, resp. razantnú chôdzu. V závislosti od pohybu potom človek produkuje nečistoty, ktoré sú prísne diferencované.

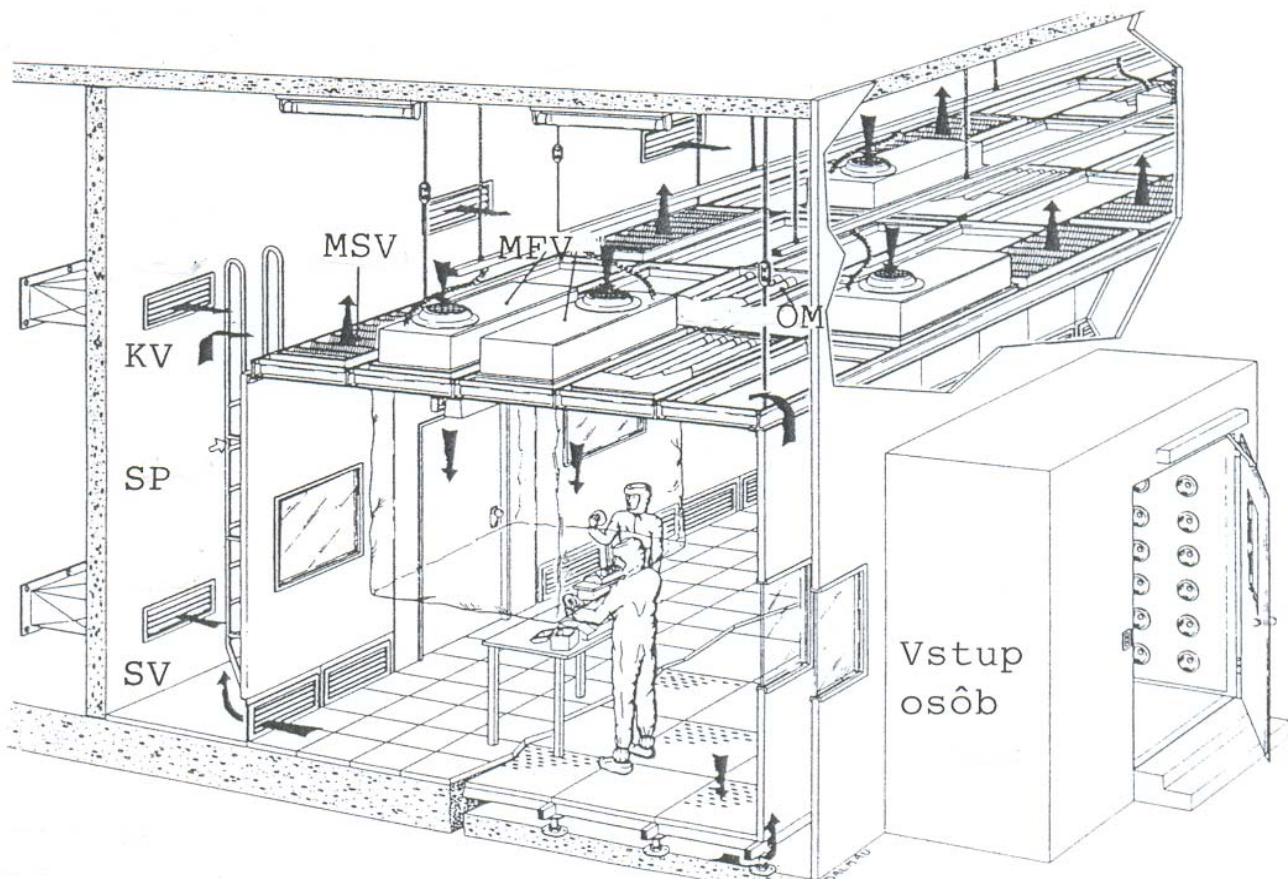
Triedy filtrov sa rozdeľujú podľa DIN EN 1822-1 a sú uvedené v tabuľke 46.

Triedy čistoty vzduchu sa určujú meraním koncentrácií častíc pri udaných veľkostiach častíc. Dosiahnu sa vtedy, keď nameraná koncentrácia častíc pri každej udanej veľkosti častíc nedosahuje vykazovanú medznú koncentráciu podľa tabuľky 46.

Tabuľka 46 Medzná koncentrácia častíc na 1m<sup>3</sup> pre triedy čistoty vzduchu

Triedy čistoty vzduchu	Veľkosť častíc v μm						
	≥0,1	≥0,2	≥0,3	≥0,5	≥1,0	≥5,0	≥10,0
0	150	33	14	-	10 <sup>0</sup>		
1	1500	330	140	45	10 <sup>1</sup>		
2	15000	3300	1400	450	10 <sup>2</sup>		
3		33000	14000	4500	10 <sup>3</sup>		
4				45000	10 <sup>4</sup>	300	
				450000	10 <sup>5</sup>	3000	
6				4500000	10 <sup>6</sup>	30000	
					10 <sup>7</sup>	300000	70000

Pri triedach čistoty 4 až 1 musí sa použiť technika tzv. „Laminar Flow“. Pritom musí v priestore prúdiť plošne zhora dolu vzduch s rýchlosťou 0,45 m/s.



### Obrázok 111 Usporiadanie stavby čistého priestoru

Legenda: KV -upravený vzduch z klimatizovanej jednotky, SP - servisný priestor, SV - spätný vzduch ku klimatizačnej jednotke, MSV - modul spätného vzduchu, MFV - modul filter-ventilátor, OM - osvetľovací modul

#### Literatúra:

- /L1/ /L1/ Cabalka O.: Vlhkosť v chladicím zariadení. Potravinárska a chladicí technika, č.1/1970, s.38-44.
- /L2/ Šišmiš Š.: Mechanické a chemické nečistoty v chladicích okruhoch. Potravinárska a chladicí technika 2/1971, s.44-45.
- /L3/ Manek B.: Vplyv zbytkových plynov na činnosť malých hermetických chladicích a mraziacich jednotiek. Potravinárska a chladicí technika, č.11/1980, s.94-96.
- /L4/ Bloch M.: Vlhkosť v chladicích zariadeniach. Potravinárska a chladicí technika, č.3/1972, s.37-39.
- /L5/ Blaha M.: Odstraňovanie vlhkosti z veľkých chladicích systémov pri prítomnosti voľnej vody. Servis pre chladenie a klimatizáciu 2000. Stará Ľubovňa 4.10.-6.10. 2000 s.78-82.
- /L6/ Blaha M.: Plnenie chladicích okruhov a ich kontrola na tesnosť. Servis pre chladenie a klimatizáciu 2002, Stará Ľubovňa 1.10.- 3.10.2002, s.38- 45.
- /L7/ Blaha M.: Nečistoty v chladicích okruhoch. Kurz chladiara I. CALEX 1972-76, s.171-184.
- /L8/ Blaha M. a kolektív: Príčiny zadierania piestových chladivových kompresorov s kulisovým mechanizmom. Vzájomné pôsobenie materiálov v chladacom okruhu s freónovými chladivami a olejmi a za pôsobenia nečistôt. Skúšanie nízkotuhnučích olejov. Pomeďovanie súčiastok v hermetických chladivových okruhoch. Nečistoty v chladicích okruhoch. Najdôležitejšie poruchy chladicích zariadení. Vlhkosť a ďalšie nečistoty. Kurz chladiara II. s.111-115, resp. s.170-176, resp. s.208-216, resp. s.216-217, resp. s. 226-235.
- /L9/ Blaha M.: Kvalita malých hermetických kompresorov vo výrobe. Technické noviny SZCHKT4/2005, s.1-14.
- /L10/ STN 14 0618 Hermetické kompresory do  $560 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1} / 2,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .
- /L11/ Du Pont : Refrigerants and service pointers manual. ..from Du Pont, the people who know refrigerants and systems best. R.1981.
- /L12/ Du Pont Fluorchemikalien: SUVA Kältemittel. Umgang mit Verunreinigungen. Service Handbuch 1997,s. 25-26.
- /L13/Hammer P.: Vzťah medzi kvalitou povrchu a opotrebením pri kĺzných častiach v kompresoroch. Potravinárska a chladicí technika č.13, r.1982, s.74-77.
- /L14/Scholten W.: Fluorkohlenwasserstoff-Kältemittel und Feuchtigkeit. Ki-Klima, KH č.10/1985, s.391-393.
- /L15/Broesby F.,Blom H.: Kyselina v chladicích jednotkách. Technické noviny SZ CHKT s.27-29.

- /L16/Danfoss: Čistota systému. Pístové kompresory Manenrop. Pokyny pro výběr a použití, rok 2000, s.36.
- /L17/Synek V., Fahl J.: Mazací oleje pro moderní fluoruhlovodíková chladiva. Firemný materiál DEA.
- /L18/KMP: Potentielle Hydrolyse mit Polyestern, rok 2002. Firemný materiál.
- /L19/Ullrich J.H.: Čistota v chladicím systému. Chladicí technika II. Svaz CHKT s.r.o., Komunardu 6, 170 00 Praha 7, s.368-374.
- /L20/Hirschberg G.H.: Kupferplattierung. Kältemittel, C.F. Müller Larlsruhe 1966, s.52.
- /L21/Cube/Steimle/Lotz/Kunis: Chemische und physikalische Vorgänge in Kälteanlagen und – geräten. Lehrbuch der Kältetechnik. Band 1. 4. vydanie, r.1977, Vydavateľstvo C.F.Müller Heidelberg, s.324-333.
- /L22/Breidenbach K.: Verunreinigungen und ihre Folgen. Der Kälteanlagenbauer. Band 1. C.F.Müller, r2003, 330-333.
- /L23/Seidel/Noack: Kupferplattierung. Luft im Kältemittelkreislauf. Der Kältemonteur. 10. vydanie. C.F.Müller, nakladateľstvo Heidelberg, s.213-218.
- /L24/ Karsch H.: Schutzgaslötlung von Kältekreislaufteilen – ein Beitrag zur Gewährleistung der Betriebssicherheit von Kälteanlagen. Luft und Kältetechnik, 3/1972, s. 150-151.
- /L25/ Danfoss: Kompressorausträge in kommerziellen Kältesystemen. Jún 1993.
- /L26/ Du Pont: A la recherche d'huiles compatibles. RpdF, 19.19.1991, s. 36.
- /L27/ Döhlinger M.: Kältemittel selbst recyklen. Die Kälte und Klimatechnik, 6/91, s400-404.
- /L28/ Danfoss aktuell. Die Kälte und Klimatechnik, 6/1992, s.391.
- /L29/ DIN 8905: Rohre für Kälteanlagen mit hermetischen und halbhermetischen Verdichtern. Aussendurchmesser bis 54 mm. Technische Lieferbedingungen. Okt. 1983.
- /L30/ Servisné podklady firmy Carrier.
- /L31/ Kopřiva M.: Legionella pneumophila. Klimatizace, č.60, 1987/12.
- /L32/ Kopřiva M.: Legionella Pneumophila. Topenářství, teplo, voda, vzduch, 1993/5.
- /L33/ Nielsen S.: Voda v čpavkových chladicích zařízeních. The Danfoss Journal 3/2000
- /L34/ Vacek P.: Řízení a koncentrace oběhové vody chladicího systému-rozbor nejčastějších chyb a jejich následky. Zpravodaj SCHKT, č.10/1997.
- /L35/ Vacek P.: Voda v uzavřeném chladicím okruhu. Chlazení a klimatizace 3/1998.
- /L36/ Stenhed C., Pasquier B., Strömblad M.: Pájené deskové výměnníky tepla v chladicí technice. Zpravodaj SCHT č.2/1999.
- /L37/ Roderich G., Scheidel P.: Usadeniny a koroze v chladicích systémech. Zpravodaj SCHKT, č.7/1997.
- /L38/ Organismy nalezené vo vodních zvlhčovačích klimatizačních zařízeních. Klimatizace č. 60.
- /L39/ Professional high pressure-jet cleaner. Firemný materiál Wigam 2008.

## ZBER A RECYKLÁCIA

### CFC a HCFC chladív

*od januára do decembra*

**ZBER A RECYKLÁCIA  
CFC a HCFC chladív**

**od januára  
do decembra**

*Chladienie s.r.o.  
Kovorobotnícka 3  
821 04 Bratislava 2 - Trnávka  
Tel./fax: 02 43420738  
Tel: 02 43423285 (od 8:00 do 16:00 hod.)*

Zabezpečenie recyklácie je nutné z dôvodu potreby znižovania spotreby chladív, ktorých spotreba je kontrolovaná v rámci Montreálskeho a Kjotskeho protokolu a legislatívy EÚ.

# Slovenský zväz

*pre*

**chladiacu a klimatizačnú techniku**

*znamená Vaše*

**spojenie  
s evolúciou v odbore**



**združuje slovenských i zahraničných, podnikateľov,  
zamestnancov, projektantov, inštitúcie, firmy  
a ostatných záujemcov z oblasti výroby,  
dovozu, obchodu, servisu, vzdelávania  
a užitia  
chladiacej a klimatizačnej techniky**

***Kontaktná adresa:***

SZ CHKT  
Hlavná 325  
900 41 Rovinka

*tel.: 02/45646971*

*fax: 02/45646971*

[zvazchkt@isternet.sk](mailto:zvazchkt@isternet.sk)

<http://www.isternet.sk/szchkt/>