

1

V čísle (In the Issue)

Letní škola vakuové techniky

*Summer School of The Vacuum
Technology*

Výbor pro spolupráci ČR s CERN

Collaboration with CERN

Vakuová technika v poválečných letech

Vacuum technology after WW II

Krátce z výboru ČVS

Information from the CVS Board

Řízení vakua a lokální vakuové sítě v chemické laboratoři

*Vacuum Control and Local Vacuum
Networks in the Chemical Lab*

PFPE - Fombliny

PFPE - Fomblines

Kurz vakuové techniky na SPŠE

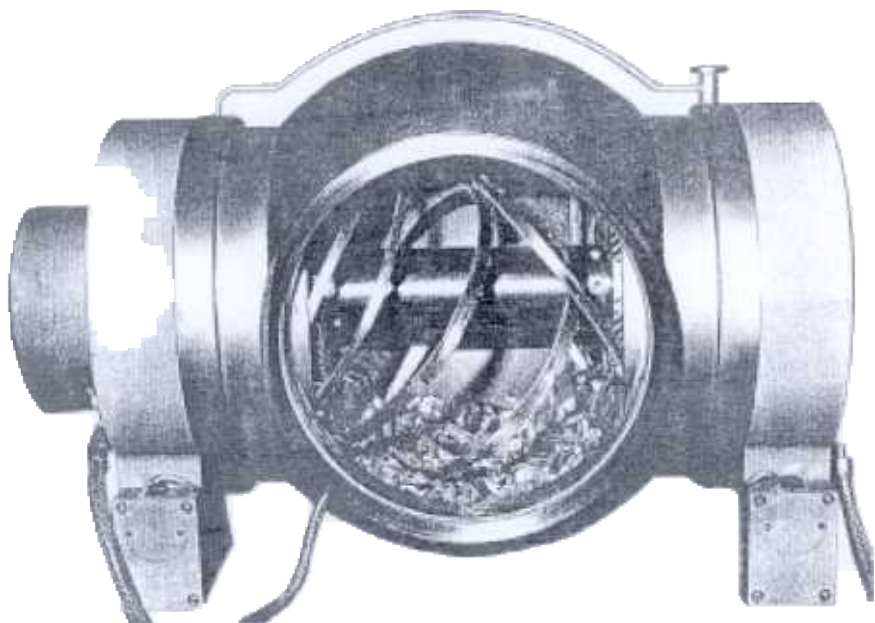
Rožnov pod Radhoštěm

Vacuum Technology Course





Česká vakuová společnost
přeje všem svým členům a
příznivcům mnoho zdaru
v roce 2001.



Zpravodaj České vakuové společnosti, čtvrtletník, který pro své členy, k dokumentačním a propagačním účelům vydává Česká vakuová společnost v Praze (Sekretariát ČVS, Sdružení MFF UK - Vakuum Praha, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, telefon (02) 21912636, telefax (02) 21912620, E-mail cvs@mbox.troje.mff.cuni.cz, IČO 6138181, ISSN 1213-2705. Redakčně připravují RNDr. Pavel B. Drašar, CSc., telefon (02) 311078, fax (02) 7924564, e-mail drasar@telecom.cz a RNDr. Ladislav Peksa, CSc., telefon (02) 21912302, fax (02) 6685095, e-mail ladislav.peksa@mff.cuni.cz. Informace o ČVS najdete na adrese <http://mbox.troja.mff.cuni.cz/~CVS>

Obsah :

Letní škola vakuové techniky	
Výbor pro spolupráci ČR s CERN (<i>P. Závada, P. Hedbávný</i>)	2
Vakuová technika v poválečných letech (<i>Vzpomíná Libor Pátý</i>)	3
Krátce z výboru ČVS	4
Řízení vakua a lokální vakuové sítě v chemické laboratoři (<i>J. B. Breitenbach^a, P. Drašar^b,</i>)	
PFPE – FOMBLINY (<i>Pavel Drašar, Ladislav Peksa</i>)	
Kurz vakuové techniky na SPŠE Rožnov pod Radhoštěm	14

Informace o ČVS najdete na adrese <http://mbox.troja.mff.cuni.cz/~CVS>

Letní škola vakuové techniky

Mezi pravidelné akce organizované Českou vakuovou společností patří každoroční Škola vakuové techniky.

Letní škola vakuové techniky proběhne v letošním roce v termínu 28. – 31. 5. v penzionu Blatiny, Milovy 34 na Českomoravské vysocině nedaleko Devíti skal.

Její hlavní tématem budou „Analytické metody povrchů a rozhraní“, jako aktualita bude na závěr vložen půldenní blok přednášek o zajištění metrologie vakua a aspektech nové zákonné úpravy tohoto oboru.

Plánované přednášky k hlavnímu tématu budou zaměřeny na fyzikálně instrumentální aspekty problematiky.

V případě Vašeho předběžného zájmu požádejte o další informace a přihlášku na adrese :

Sekretariát ČVS, Sdružení MFF UK – Vakuum Praha, V Holešovičkách 2, 180 00 Praha 8, tel. (02) 21912565, fax (02) 21912620, e-mail CVS@MBOX.TROJA.MFF.CUNI.CZ

Výbor pro spolupráci ČR s CERN

Evropská laboratoř *CERN* (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) byla založena v roce 1954 a nachází se na francouzsko – švýcarské hranici, na západním okraji Ženevy. Posláním této laboratoře je společný výzkum vlastností nejmenších částic tvořících veškerou hmotu ve vesmíru i fundamentálních sil, které mezi těmito částicemi působí. Jinými slovy, fyzikové v CERN hledají odpověď na otázku "Co je hmota, odkud pochází a jak z ní vznikají tak složité objekty, jako jsou hvězdy, planety i sám člověk?" a dle pozoruhodnému propojení mikrosvěta s makrosvětlem i na otázku "Jak vznikl Vesmír a kam směřuje?". Jsou to otázky, jejichž řešení vedou nejen k fundamentálním poznatkům, ale i k množství jejich praktických aplikací.

Vstupem České republiky do CERN na počátku devadesátých let se nám otevřela možnost podílet se na špičkovém výzkumu fyziky částic. Zároveň se nám umožnil přístup ke špičkovým technologiím, novým materiálům i nejprogresivnější výpočetní a vakuové technice. ČR má tak možnost osvojit si tyto technologie a metody, podílet se na jejich vývoji a zavádět je do českého průmyslu a výzkumných institucí. ČR může též do CERN vysílat vědecké i technické pracovníky a studenty, a tak zvyšovat jejich kvalifikaci. Dále můžeme i získávat zakázky pro svůj průmysl. Koordinaci všech těchto aktivit zajišťuje *Výbor pro spolupráci ČR s CERN*. V rámci Výboru byla v nedávné době ustavena Skupina pro podporu průmyslových vztahů ČR s CERN, jejichž úkolem je sledovat poptávky CERN po nejručnějších produktech, které by mohly být dodány českými firmami, a realizaci těchto dodávek napomáhat. Vakuová technika patří zcela přirozeně mezi velmi důležité oblasti možné průmyslové spolupráce s CERN, a proto i výbor ČVS podporuje tuto spolupráci.

Domníváme se, že čeští výrobci vakuové techniky a české strojírenské firmy mají reálnou šanci uspět v některém z výběrových řízení, která jsou pravidelně vypisována administrativou CERN. Skupina pro podporu průmyslových vztahů ČR s CERN se

v současné době obrací na výrobce, které by bylo možno oslovit v souvislosti s možnými dodávkami do CERN. Pokud by Váš podnik měl sám o spolupráci s CERN zájem, nečekejte, až budete osloveni, a kontaktujte kol. Hedbávneho hedbavný@mbox.troja.mff.cuni.cz nebo paní Hankeovou (spojení viz adresa sekretariátu ČVS). Informace o CERN lze nalézt na webových stránce: <http://cern.web.cern.ch/CERN/>.

P. Závada, P. Hedbávny

Na loňské letní škole vakuové techniky na šumavské Kvildě vyvolaly zaslouženou pozornost vzpomínky pana prof. Libora Pátého z historie rozvoje vakuové techniky a fyziky u nás. Prof. Pátý přislíbil zpracovat své vzpomínky pro náš Zpravodaj. Dnešním číslem tedy přinášíme první díl jeho vyprávění.

Vakuová technika v poválečných letech

Vzpomíná Libor Pátý

Průmysl vakuové elektroniky byl pro válčící Německo vojensky významný, proto byla z „Říše“ do „Protektorátu“, poměrně málo postihovaného nálety britského a později amerického letectva, přesunována výroba a posilovány i stávající závody. Po konci války byly proto poměrně dobré podmínky pro rozvoj vakuové elektroniky a techniky. Oživení továren, pokud byly poškozeny v závěru války, napomohly i sklady součástek a materiálů, které zanechal „Wehrmacht“. Vzpomínám, jak jsem spolu s kolegy z Fyzikálního ústavu Karlovy university chodil vybírat a odnášet tehdy vzácné, nedostatkové elektrotechnické součástky, vodiče a podobně ze skladů v blízkosti dnešní Pobělohorské ulice v Praze 5. Výroba žárovek probíhala v pražské továrně Osram, která byla nejprve vedena národní správou a na podzim se stala národním podnikem Tesla. Přiváděla na hladový trh žárovky, o něž byla nouze, a podobně i výroba přijímacích elektronek v Praze Hloubětíně. Tam byl založen závod Tesla Elektronik, který měl za úkol provádět vývoj moderních vysokofrekvenčních elektronek, magnetronů a klystronů. Ředitelem byl ing. Jan Váňa a k předním pracovníkům patřili dr. Tomáš Lom a ing. Petr Hix. Zvláště vážen tam byl dr. Werner Espe, který v roce 1948 přišel do Tesly z Rokytnice nad Jizerou, kde byla výroba usměrňovačů. Práci v Tesle Elektronik jsem měl možnost poznat během měsíční studijní praxe, jež byla součástí mého studia fyziky na Přírodovědecké fakultě Karlovy university. Tehdy jsem začínal pracovat na své první diplomové práci, konstrukci vakuové pokovovací aparatury pod vedením dr. Miroslava Rozsívala, v té době pracovníka Fyzikálního výzkumu Škodových závodů.

Vakuová technika měla již v té době i na vysokých školách své zastoupení. V Praze na Přírodovědecké fakultě řídil všechny diplomové práce doc. Václav Petržílka a z celkem asi dvaceti těchto prací s nejrůznějšími tématy byly tři věnovány vakuové technice. První přednášku z tohoto oboru měl v roce 1953/4 W. Espe (technologie vakuových materiálů). Přednášel ji německy a asistent Emil Vrchovecký ji doplňoval krátkými českými souhrny. Na Elektrotechnické fakultě ČVUT působil prof. J. Slavík, který jako spolupracovník prof. Václava Dolejška měl blízko k vakuové technice, přál vakuové technice. V Brně na VUT pracoval dr. Aleš Bláha, který též pracoval před válkou u Dolejška, vytvářel obratné podmínky pro práci ve vakuové technice. Několik jeho mladých spolupracovníků pak vytvořilo jádro později založené Laboratoře elektronové optiky, předchůdkyně dnešního

Ústavu přístrojové techniky. V Bratislavě na Komenského universitě působil od počátku roku 1948 doc. Vilém Kunzl, přední spolupracovník Dolejškův, který jako fyzik zabývající se rentgenovskou spektroskopií měl značné zkušenosti ve vakuové technice. Jeho úkolem v Bratislavě bylo vybudovat vysokoškolské pracoviště zabývající se experimentální fyzikou. V rámci této práce tam vybuvoval první praktikum vakuové techniky. Na středoškolské úrovni se vakuová technika v té době nevyučovala.

Experimentální práce ve vakuové technice byla tehdy jen skromná pro limity dané vybaveností laboratoří. Základem byly rotační vývěvy díky domácí výrobě datující se již z předválečné doby. Z difúzních vývěv to byly především skleněné rtuťové vývěvy a Dolejškovy parafinové vývěvy. Z vysokovakuových manometrů se užíval McLeodův a jen postupně se dostávaly do laboratorní praxe vakuometry nepřímé, především Piraniho a Penningovy. Vakuové aparatury byly až na řídké výjimky skleněné, konstruované na pracovišti, pokud mělo k dispozici vakuového skláře. Základní literaturou byla příručka G. Moencha „Vakuumtechnik im Laboratorium“, slavná obsáhlá kniha S.Dushmana „Scientific Foundations of High Vacua“ a Espe-Knoll „Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik“. Významnou úlohu hrála i Závíškova „Kinetická theorie plynů“, kterou po válce připravil ze Závíškových zápisů dr. Miroslav Brdička.

Významný krok vpřed přineslo založení Čs. akademie věd a jejich prvních pracovišť, jako byla již zmíněná Laboratoř elektronové optiky v Brně a pražská pracoviště – Laboratoř experimentální a teoretické fyziky a Ústav technické fyziky, na nichž byla vakuová technika součástí jejich výzkumného programu. Ve vysokoškolské oblasti lze k tomu v roce 1953 přiřadit i zřízení katedry vysoké frekvence a vakuové techniky na matematicko-fyzikální fakultě Karlovy university vzniknuvší rok předtím rozdělením přírodovědecké fakulty. Vedoucím této katedry byl jmenován prof. Kunzl, který přešel z Bratislavy zpět do Prahy.

Krátce z výboru ČVS

ČR nadále nemá své zástupce v řadě komisí IUUSTA. Výbor ČVS se obrací ke členům ČVS i odborníkům, kteří dosud členy nejsou, mají-li o toto zastupování ČR sami zájem nebo mají-li návrh na vhodného kandidáta, aby se obrátili na výbor ČVS. Na své schůzi výbor ČVS konstatoval, že nemá vhodného kandidáta a tudíž nebude podávat vlastní návrh na prezidenta IUUSTA. Výbor ČVS zvolil kolegu Hedbávného jako zástupce v ECM (councillor) na další funkční období.

Protože hospodářské výsledky ČVS jsou pozitivní, lze podávat návrhy na podporu vědeckých a technických aktivit v oboru vakua.

ČVS aktualizuje seznam svých členů s adresou, telefonem, faxem a emailem, který používá při organizaci svých akcí a vedení evidence členských příspěvků. V souladu se zákonem vyzve své členy o doplnění a písemné vyjádření, že souhlasí s rozšiřováním této databáze o další údaje potřebné pro aktivity ČVS. Pokud kdokoli nesouhlasí ani s vedením základních údajů, je žádán, aby to písemně sdělil pí Hankeové (sekretariát ČVS) nejpozději do 1 měsíce od zveřejnění ve Zpravodaji ČVS. Při všech příležitostech (LŠ, Pragovac) bude členům dáván k podpisu nový dotazník.

Výbor ČVS rozhodl, že Zpravodaj ČVS bude zaregistrován od r. 2001 podle Zákona 46/2000 (tiskového zákona) jako periodikum se čtvrtletní periodicitou. Zpravodaji bylo přiděleno ISSN 1213-2705.

Výbor ČVS opakovaně upozorňuje zájemce na možnost získání dotace IUVSTA při organizaci workshopů. Vzhledem k délce celé procedury je nutno zajišťovat tuto záležitost asi 18 měsíců předem.

Řízení vakua a lokální vakuové sítě v chemické laboratoři

J. B. Breitenbach^a, P. Drašar^b,

^aVACUUBRAND GMBH+CO KG D-97877 Wertheim, ^bSciTech sro, Nad Šárkou 75, 160 00 Praha 6

1. Úvod.

Vakuová technologie hraje významnou roli ve vědě a průmyslu. Zejména použití vakuové techniky v chemických procesech jsou tak různorodá, že stává konstruktéry vakuových zařízení před velmi obtížné úkoly. Ruku v ruce s běžnými požadavky, jako jsou čerpací rychlost, tlak v reakční nádobě, limitní dosažitelný tlak rostou i požadavky na chemickou rezistenci celého zařízení a požadavky na ohledy k životnímu a pracovnímu prostředí. Obecně se stává do popředí takové otázky, jako minimalizace spotřeby zdrojů, jakými jsou např. voda, energie a materiály. Výrobky a spotřební materiály by měly být recyklovatelné všude tam, kde je to možné. Pokud jsou v chemické laboratoři použita nevhodná vakuová zařízení je velmi pravděpodobné, že dojde k uvolňování stržených par a plynů do okolního prostředí, ale i k jejich strhávání do odpadních vod. Nevhodná zařízení, jak ukazuje servisní zkušenost, mají pak extrémně sníženou životnost a náklady na jejich opravy nemusí být vůbec rozumné, neboť taková oprava cenově téměř dosahuje ceny nového zařízení. Soudobý pokrok v konstrukci a výrobě vakuových zařízení se zaměřuje mj. na řešení specifických potřeb chemických laboratoří, jejich automatizaci za maximálního zohlednění dopadu činnosti takového zařízení na okolní prostředí.

2. Membránové vývěvy a řídicí systémy k nim.

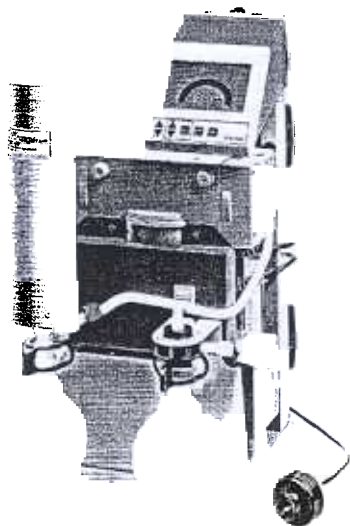
Zavedení suchých čerpadel v osmdesátých letech tohoto století přineslo věru impresivní povznesení možnosti vakuové technologie. K tomu svým pionýrským způsobem přispěla společnost Vacuubrand z Wertheimu (SRN) konstrukcí své membránové vývěvy. Tyto vývěvy ve variantě pro chemické použití (označované někdy jako chemické vývěvy), vyrobené z fluorovaných plastů jako např. teflonu a podobných materiálů zajistily takovým revolučním čerpadlům optimální odolnost vůči korozi či chemickému napadení. „Chemická“ čerpadla jsou pak odolná vůči kyselinám (chlorovodík, fluorovodík, fluorooctová kyselina, deriváty kyseliny sírové aj.), alkáliím (amoniak, aminy, aerosoly vodných roztoků aj.), ale i vůči celé škále organických rozpouštědel (halogenovaná rozpouštědla, dimethylformamid, dimethylsulfoxid, ethery, alkoholy, estery aj.). Z praxe vidíme, že konstrukční prvky „chemických“ vývěv jsou napadány pouze výjimečně, například parami elementárního jodu atp. Těmito membránovými čerpadly bylo tudíž také možno, bez dalšího, čerpat snadno

kondenzovatelné a korozivní páry a plyny. Konstrukčně a průtokově optimalizovaný připojovací ventil (nazývaný někdy v laboratorním slangu „gas ballast“) může být prostě otevřen všude tam, kde hrozí nebezpečí kondenzace uvnitř vývěvy. Tento ventil po otevření připojí zvolený plyn, většinou mezi pracovní stupně vývěvy, a neumožní hromadění kondenzátu. Unášené páry pak mohou být, na druhé straně, účinně kondenzovány ihned za výfukovým hrdlem vývěvy. Je logické, že termodynamicky je kondenzování stržených par za atmosférického tlaku na výstupu z vývěvy mnohem účinnější, než za vakua. Proces je ještě zlepšen tím, že vlastně dochází ke kondenzaci přímo na výstupu, kde plyn, stlačený v poslední pracovní komoře membránou tak, že otevře výstupní ventil vývěvy, expanduje do chladiče s atmosférickým tlakem. Při použití kondenzačního přístroje na stržené páry (obvykle se skládajícího např. z Dimrothova chladiče a jímadla) na výstupu vývěvy lze dosáhnout téměř 100% zachycení stržených par. Popsané zařízení je schopno (při chlazení vodovodní vodou za letních podmínek) takto účinně recyklace rozpouštědel i u např. methylenchloridu či diethyletheru. Praktický důsledek je, že např. u preparativních chromatografií můžeme po odpaření spojit kondenzát z jímadla odparky s kondenzátem zachyceným za vývěvou a tato „mobilní fáze“ má podle analýzy pomocí plynové chromatografie stejné složení jako před destilací i u takových směsí jako např. toluen-ether 10:1. Ekonomický důsledek takové možnosti je nabilédni.

Ve srovnání se stále ještě běžně používanými vodními vývěvami a rotačními šoupátkovými vývěvami jsou membránové vývěvy ve většině chemických aplikací dokonalejší řešení jak z ekonomického zřetele, tak s ohledem na zatížení životního prostředí. Vodní vývěvy spotřebovávají velká množství vody a produkují totéž množství vody odpadní, zatížené strženými odpadními látkami. Stržené látky se buď odplaví s odpadní vodou, nebo uvolní do okolního prostředí (zejména tento druhý aspekt zatěžuje životní prostředí tam, kde se „šetří“ vodou a používá uzavřený cyklus čerpání vody potřebné pro práci vodních vývěv).

Pro porovnání se stačí zamyslet nad hmotnostní bilanci rozpouštědel do laboratoře přinesených a odpadních rozpouštědel určených k likvidaci. Není vzácný případ, kdy při použití vodních vývěv jako jediného zdroje vakua v laboratoři, je taková bilance i 3:1 i horší. Jako vedlejší argument pro náhradu vodních vývěv membránovými čerpadly může sloužit i argument značné závislosti vodní vývěvy na tlaku a teplotě vodovodní vody.

U rotačních olejových vývěv jsou součástí konvenčních zařízení, nepřizpůsobených použití v chemickém provozu extrémně korodovány a opotřebovávány. Použitý olej je rychle zničen čerpanými chemikáliemi a parami. Nízkoteplotná „vymrazovací“ pojistná nádoba, chlazená kapalným dusíkem nebo alespoň směsí tuhého oxidu uhličitého a ethanolu je pak naprostou nutností pro to, aby zařízení vůbec mohlo pracovat. Tato



Obr. 1. Vývěva PC 2004

značně finančně nákladná doplňková zařízení vyžadují stálou péči a dohled a zničení náplně a produkci odpadních olejů stejně nezabrání.

Výše popsané problémy řeší membránové vývěvy. Chemické membránové vývěvy (tj. vývěvy v provedení pro použití v chemickém prostředí) jsou stále více a dokonaleji doplňovány přídavnými zařízeními jako regulátor vakua, pojistné nádoby na vstupu a výstupu, kondenzační zařízení, regulační ventily a podobně. Příkladem takového kompaktního řešení může být moderní vakuová čerpací jednotka PC2004 na obr. 1.

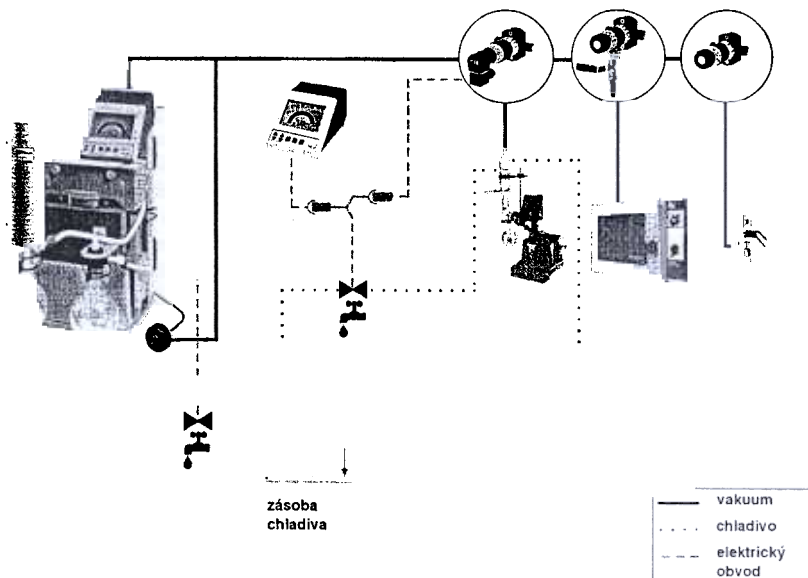
Vakuový regulátor, nejenom, že zjednodušuje práci obsluze vakuového zařízení, ale může zdokonalit některé citlivé vakuové operace. Tak například destilace mohou být prováděny mnohem efektivněji, rychleji a jemněji při použití citlivého vakuového regulátoru. V současnosti se používá v zásadě dvou principů regulace vakua v chemických laboratořích. Prvým je dvoubodový vakuový regulátor jenž řídí vakuum otevíráním a uzavíráním regulačního ventilu, kterým se připouští vzduch, nebo inertní plyn do prostoru mezi evakuované zařízení a vývěvu. Po zapnutí se ventil uzavře a vývěva dosáhne v aparatuře požadované vakuum. Ventil se otevře v okamžiku, kdy vakuum dosáhne zadané hodnoty. Určitá nevýhoda je, že i když lze nastavit „horní“ a „spodní“ bod vakua relativně blízko u sebe, dochází, v závislosti na parametrech aparatury a vývěvy, k určitému kolísání vakua. Modernější princip kombinuje ovládní rychlosti otáčení hnacího motoru vývěvy s neustálým proměřováním vakua. Vakuum je tak regulováno nastavením čerpací rychlosti. V důsledcích je čerpací rychlost vývěvy přesně nastavena na rychlost toku plynů. To vede k velmi jemnému a přesnému regulování vakua. Vakuum může být nastaveno např. na nasycený tlak par vypařující se látky, přičemž je zároveň optimalizována rychlost odpařování a zpětná kondenzace.

3. Vakuové rozvody (sítě)

Velmi často je třeba umožnit práci s vakuem na několika místech laboratoře najednou. Praktická řešení tohoto požadavku mohou být od „centrálního“ zdroje vakua pro celý areál až k jednotlivým vývěvám u každé aplikace. Centrální zdroj vakua bývá realizován jednou nebo několika velkými vývěvami, umístěnými většinou v servisní části budovy. Vakuum je pak distribuováno širokou sítí rozvodných vedení na každé jednotlivé pracoviště. Vzhledem k tomu, že takové vakuové zařízení musí splňovat požadavky nejrůznějšího použití, je obvykle předimenzováno. Možnost kontaminace jednotlivých částí rozvodů spolu s obtížnou možností zabránění vzniku nebezpečných směsí je na závalu takovému postupu. Na straně druhé, individuální vývěvy pro každou aplikaci bývají většinou malá čerpadla se specializovanými provozními parametry. Takové řešení naráží nejspíše na aspekty ekonomické. Technické i ekonomické optimum pro nesčíslná použití je v konstrukci tzv. místních vakuových sítí (local area vacuum network, VACUU-LAN®). V takovém uspořádání je několik pracovních míst v laboratoři vybaveno přístupem k vakuu zavedením nepříliš dlouhého, chemicky rezistentního vakuového potrubí mezi bodem použití a zdrojem vakua. Takové uspořádání je méně nákladné než vývěva u každé aplikace a navíc skýtá řadu výhod. Díky svému modulárnímu provedení je celý systém maximálně flexibilní vzhledem k proměnlivým nárokům jednotlivých použití. Nadto je systém otevřený k jakékoliv změně v budoucnosti, neboť již jeho konstrukce byla vedena tímto požadavkem.

Kontaminace mezi jednotlivými aplikacemi a možnost nenadálého zavzdušnění celého systému (např. z nedbalosti některých z uživatelů) jsou drasticky omezeny tím, že na

„společném laboratorním stole“ se uživatelé jednak setkávají s podobnými pracovními postupy a mohou i sledovat určitá pracovní „pravidla“ ale i tím, že u každého uživatele je umístěn modul, který kromě ventilu obsahuje i zpětnou pojistku. Ventil je buď jehlový ventil omezující průtok plynů, nebo uzavírací otočný kohout či elektrický regulační ventil. Zpětná pojistka je tvořena chlopňovým ventilem používaným v hlavách chemických membránových vývěv.



Obr. 2. Vakuová síť (VACUU-LAN®)

Na obrázku 2 je znázorněn příklad lokální vakuové sítě. Vakuum je pro rozvod generováno vývěvou s ovládním čerpací rychlosti dosahující limitního vakua 2 mbar. Vakuové vedení je provedeno tuhou teflonovou trubicí o síle 10 mm. Tato trubice může být umístěna do instalačních lišt anebo do prostor laboratorních stolů, určených pro vodovodní a plynové rozvody. Z fluorovaných plastů jsou vyrobeny i ostatní „smáčené“ komponenty rozvodu, které však konstrukčně umožňují následnou snadnou demontáž. Znárodněna jsou tři možná použití z mnoha, rotační vakuová odparka, vakuová sušárna a vakuová filtrace. Všechny tři aplikace jsou k vakuovému rozvodu připojeny výše popsanými ventily. Elektrický ventil může pracovat i jako dvoubodý regulátor vakua a tím zlepšit efektivitu práce rotační vakuové odparky. Kromě řízení vakua může elektrický řídicí obvod vypnout chladicí vodu v odparce vždy, kdy v ní není naměřeno nastavené vakuum. Analogický vypínač přívodu chladicí vody do kondenzačního zařízení za vývěvou. Jel-li vývěva s ovládním rychlosti čerpání provozována v příslušném modu použití je tak možno přímo na základě elektrických povelů jí generovaných ovládat vypínání průtoku vody do chladiče odparky či podobného zařízení a do chladiče kondenzačního zařízení za vývěvou. Membránová vývěva je ovládána na základě předprogramovaných časových i tlakových hodnot. V okamžiku, kdy

evakuuje aparaturu na zadanou hodnotu sníží se její otáčky až na nulu; pokud se vakuum zhorší, vývěva se automaticky zapne s rychlostí otáčení úměrnou úbytku vakua a cyklus se opakuje. Právě toto uspořádání se jeví jako nejekonomičtější pro lokální laboratorní sítě, neboť úspora plynoucí z toho, že zapnuté čerpadlo neběží z důvodu, že buď vakuum zrovna nepotřebujeme (všechny ventily sítě jsou uzavřeny) anebo že je v aplikaci dosaženo nastaveného vakua spočívá v tom, že se za těchto okolností několikrát sníží časové zatížení čerpadla. Zatímco by během 8-hodinové pracovní doby bylo zapnuto a pracovalo 8 hodin čerpadlo bez rychlostní regulace, vývěva s touto regulační schopností může pracovat pouhý zlomek pracovní doby. Takové zefektivnění provozu prodlouží dramaticky dobu mezi jednotlivými očekávanými servisními prohlídkami nebo opravami. Vakuová síť s vývodem bez jakékoli regulace umožní i hladké použití zařízení, kde je žádoucí provoz za maximálního dosažitelného vakua, jako například vakuových sušáren.

Všechny vyjmenované operace mohou probíhat hladce i bez dozoru laboratorního personálu a opět přispět ke zvýšení efektivity svého využívání. Zároveň, jak již bylo řečeno, systém šetří energii, chladicí tekutiny ale i vlastní provozní nasazení.

4. Řízení vakua

„Řízení vakua“ je významnou moderním koncepcí umožňující za použití soudobých technologií nejen řídit vakuum ale i použití dalších provozních medií na základě automatizovaných provozních podmínek a požadavků. Výše popsany příklad zařízení je jednou z možných aplikací tohoto principu. Filosofie tohoto přístupu umožňuje „řízení vakua“ stejně tak ve vakuových sítích jako v samostatných aplikacích, vybavených např. vývěvou uvedenou na Obr. 1. Zobrazený vakuový regulátor může pracovat i v modu, který se přizpůsobuje automaticky měnícím se provozním parametrům na základě předem zadaných dat vložených do jeho programu. Takové uspořádání ocení například uživatelé provádějící frakční destilace, nebo uživatelé rotačních vakuových odparek odpařující směsi rozpouštědel. Měníci se teplota varu a tenze par látek ve směsích pak v vakuových destilacích bez vhodné regulace může přinést řadu problémů. Regulovaný systém v automatickém modu se měnícím se podmínkám snadno přizpůsobí podle zadaného programu. Tak, jak oddestilovává komponenta s nižší teplotou varu sleduje systém zvyšující se teplotu varu směsi a přizpůsobuje jí i vakuové poměry v aparatuře. Odpadá tak nutnost jakéhosi přednastavování destilačních parametrů, které jsme znali u některých běžných regulátorů vakua. Ve srovnání s efektivitou destilace za použití dvoubodého regulátoru vakua je destilace kvalitnější, stejnoměrná a rychlejší. Dokonalejší je i proces kondenzace par po destilaci, neboť jak vakuum tak i čerpací rychlost bylo přizpůsobeno rychlosti vývoje par.

5. Souhrn

Známé kvalitativní parametry membránových čerpadel jako jejich práce bez použití náplňových tekutin (olejů), vysoká chemická odolnost, snadná údržba a minimální nároky na provozní a spotřební materiály, přátelskost k okolnímu prostředí dělají z membránových vývěv vakuový zdroj první volby téměř pro každou chemickou laboratoř. Pro široké spektrum použití nabízí výrobní program membránových vývěv optimální výkon a efektivitu. K efektivitě přistupuje i možnost recyklace celé řady laboratorních rozpouštědel a tekutin. Nezanedbatelný je i příznivý poměr cena/výkon a cena/očekávaná doba použití. Významně snížený negativní efekt na životní prostředí se ekonomicky vyjadřuje obtížně. Parametry

vývěv i jejich efektivita se dále zvyšují použitím koncepce řízení vakua. Tato koncepce spolu s dokonalými membránovými vývěvami skýtá přístup k ekonomickým vakuovým systémům s vysokou flexibilitou a adaptabilitou splňující nároky moderního použití v chemických procesech.

LITERATURA

- [1] Nosko S., Burger D.: Procedures for Recovery of Solvents through Distillation, *International Labmate*, XX, 46 (1995).
- [2] Drašar P.: Vztah vakuové techniky k chemické zátěži a životnímu prostředí, *Chem. Listy* 91, 895 (1997).
- [3] Eckle F.J., Lachenman R., Ruster G.: Pumping of condensable vapors and exhaust vapor condensation, *Vacuum*, 41, 2012 (1990).
- [4] Drašar P.: Ochrana vakuových čerpadel, *Zpravodaj ČVS*, 8 (1), 3 (2000).
- [5] Pátý L., Základní jevy při čerpání agresivních a kondenzujících plynů v oboru hrubého a vysokého vakua, *Škola vakuové techniky*, 16.-20. jún 1997 Modrá-Harmonia, SVS a ČVS, (Dúbravcová V. a Řepa P., Ed.), STU Bratislava, 1997, str. 6.
- [6] Comello V., Dry Mechanical Vacuum Pumps for almost any Application, *R&D Magazine*, February, 55 (1997).
- [7] Nosko S.: Ökonomische Aspekte beim Recycling von Lösungsmitteln, *LaborPraxis*, 15, 2 (1991).
- [8] Eckle F.J., Bickert P., Lachenmann R.: Rotační olejové a Rootsovy vývěvy předčerpávané membránovými vývěvami - nové možnosti při čerpání par korozivních látek a dosahování čistého vakua, Pragovac Praha 24. 11. 1994, *Zpravodaj ČVS*, 3, (1) 6, 1995.
- [9] Lachenmann R.: Vakuumezeugung in chemischen Labor, *LABO*, 1989, 1.
- [10] Peksa L., Suché primární vývěvy a boostery, Letní škola vakuové techniky 2000, sborník, *Zpravodaj ČVS*, 8 (2), 25 (2000).
- [11] Eckle F.J., Local Vacuum Networks, *Zpravodaj ČVS*, 97/1, 4 (1997).
- [12] Drašar P., Opletal L., "DRY VACUUM" v chemické laboratoři, *Bulletin České společnosti chemické*, Vol. 25, 6 (1994).
- [13] Davis P., Abreu R., Chew A.: Dry Pumps Evolve to Prevent Contamination, *Vacuum Solutions*, 14, March/April, 33 (2000).
- [14] Drašar P.: Membránové vývěvy a chemické aplikace, Letní škola vakuové techniky 2000, sborník, *Zpravodaj ČVS*, 8 (2), 15 (2000).
- [15] Eckle F.J., Lachenmann R., Ruster G.: Diaphragm Pumps Down to 2 mBar and Their Application in Nuclear Physics, *Vacuum*, 41, 2064 (1990).
- [16] Eckle F.J., Bickert P., Lachenmann R.: Rotary Vane and Roots Pumps Backed by Diaphragm Pumps – Progress in Corrosive Applications and Clean Vacuum Requirements, *Vacuum*, 46, 793 (1995).
- [17] Danielson P.: Diaphragm Pump, *R&D Magazine*, 42, 59 (2000).
- [18] Dirscherl J., Breitenbach J.: Membrantechnologien für Vakuumpumpen, *Vakuum in Forschung und Praxis*, 12, 318 (2000).

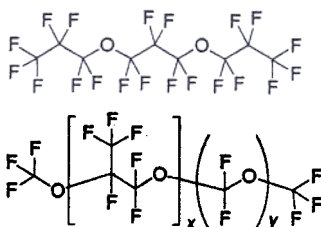
Okénko vakuové techniky a technologie

PFPE - FOMBLINY

Pavel Drašar a Ladislav Peksa

V 60. letech 20. století byl fotochemickou reakcí hexafluorpropenu s kyslíkem vytvořen první zástupce skupiny látek označovaných podle jejich chemické podstaty jako *perfluorované polyethery* (PFPE). Jde většinou o kapalné polymery do té míry výjimečných fyzikálních a chemických vlastností, že již na počátku 70. let se objevily zprávy o jejich úspěšném nasazení ve vakuové technice.

Dosud syntetizované PFPE lze rozdělit do tří skupin : rozvětvený typ, smíšený typ a lineární typ.



Na horním obrázku je oligomer s pěti jednotkami perfluoropropanu spojenými etherickým kyslíkovým můstkem, který je možnou základní jednotkou vyšších polymerů. (Pro nechemiky: v místech větvení čar je třeba vidět atom uhlíku.) Spodní obrázek pak ukazuje typ Fomblinu Y (dodávaný společností Sigma-Aldrich) již jako polymerní molekulu, kde velikost molekuly závisí na indexech x a y . Protože se jedná o polymery, fyzikální vlastnosti kapaliny daného typu PFPE navíc ovlivňuje to, jaká je průměrná délka řetězců jednotlivých makromolekul a jak velký je její rozptyl ve statistickém souboru. Firma Montedison S.P.A použila poprvé pro tyto látky označení Fombliny, chráněné registrovanou ochrannou známkou, kterou vlastní dnes firma z její skupiny Ansimont. V literatuře je hojně používán název Fomblin bez označení TM či [®], asi s cílem zdůraznit rodinnou sounáležitost látek anebo prostě jako generické označení.

Chemické vlastnosti. Díky stabilitě vazby mezi uhlíkem a fluorem jde o obecně velmi málo toxické, nehořlavé, chemicky a teplotně dobře stabilní látky, odolné působení kyslíku i korozivních plynů, které nereagují ani s kyselinami ani se zásadami ať organickými či anorganickými, oxidačními nebo redukčními činidly, nemísí se ani nerozpouštějí ve vodném ani v mastném prostředí (jsou hydrofobní a oleofobní). Jsou zcela nebo jen obtížně rozpustné v organických rozpouštědlech s výjimkou fluorovaných nebo chlorovaných uhlovodíků.

Fyzikálně-technické vlastnosti. PFPE mají hustotu téměř dvojnásobnou než voda (1850 až 1950 kg/m³) a jsou použitelné v rozsahu teplot od -60 do +300 až 340 °C, tedy téměř 400 °C, i když se zpravidla doporučuje dlouhodobě nepřekračovat teplotu 280 °C. Rozkladové produkty vznikající při vyšších teplotách (nad 350 °C) jsou vesměs plynné a

nezvyšují tedy viskozitu kapaliny (není nebezpečí zadíráni). Pokud by však mezi rozkladnými produkty byl fluorovodík, což je možné, zvyšuje se samozřejmě korozní zátěž systému, pokud na to není vybaven. Při nízkých teplotách viskozita kapaliny přirozeně roste až do ztuhnutí (podle typu -20 až -60 °C), nicméně závislost viskozity na teplotě je mnohem méně strmá než u jiných kapalin. PFPE mají rovněž velmi nízký tlak nasycených par a zejména jeho nárůst s teplotou je mnohem méně strmý, než je tomu např. u minerálních a silikonových olejů, fenyléterů a jiných kapalin užívaných v difuzních vývěvách. PFPE jsou vysoce odolné proti radioaktivnímu záření a mají (podobně jako jiné kapalné sloučeniny fluoru) malé povrchové napětí, takže dobře smáčejí i povrchy v úzkých pórech. Mají vynikající mazací vlastnosti a stabilitu vůči otěru.

Použití ve vakuové technice. Vlastnosti PFPE z nich činí výborné pracovní kapaliny pro vývěvy. V mechanických (např. rotačních) vývěvách se uplatní jejich vynikající mazací vlastnosti, nižší závislost viskozity na teplotě, ale především chemická inertnost při čerpání agresivních látek, větších parciálních tlaků kyslíku a pod. Pokud jsou použity jako náplně vakuových čerpadel vybavených filtračními jednotkami jsou předurčeny pro dlouhou dobu použití. Po odstranění všech zbytků jiných náplní je lze principiálně použít do stejných konstrukcí jako minerální oleje. Díky chemické odolnosti a zároveň přílnavosti těchto kapalin z nich lze vytvořit ochranný film např. na rotorech Rootových vývěv pro čerpání agresivních plynů. PFPE mají výhodné vlastnosti i jako náplň difuzních vývěv, přechod od jiných náplní k PFPE je však u difuzních vývěv bez speciálních úprav problematický. Křivka závislosti tenze par PFPE na teplotě se vymyká ze skupiny křivek ostatních užívaných kapalin, že při běžných pracovních teplotách může být rozdíl 1 až 3 řády. Ani prosté zvýšení příkonu varníku problém zcela neřeší, teplotní závislost viskozity použité kapaliny rozhoduje o jejím stékání zpět do varníku a tím i o jeho rovnovážném naplnění a tím opět o intenzitě varu. Podle měření uváděných v literatuře dosahují pak difuzní vývěvy jen několika desítek % čerpací rychlosti ve srovnání s použitím silikonových olejů. Nejlepším řešením je proto konstrukce difuzní vývěvy optimalizovaná přímo na tento druh náplně.

PFPE by našly řadu velmi výhodných uplatnění (nehořlavá náplň hydraulických mechanismů, náplně elektromechanických prvků v silnoproudé elektrotechnice, maziva), překážkou je však často jejich cena. Jejich velkoobchodní cena se pohybuje okolo 200 USD za kilogram (rok 2000). Firma Ausimont Deutschland GmbH uvádí Flombliny typu Y, Z a M obecně pro mazání, pro použití v kompresorech typu Y-LC a Y-LOX a pro použití ve vývěvách typu Y L-VAC pro vakua 4×10^{-4} až 5×10^{-6} Pa a typ Y H-VAC pro vakua 3×10^{-6} až 5×10^{-11} Pa při 25 °C. Různé firmy používají pro PFPE i jiné obchodní (triviální) názvy (Krytox, Demnum, Fomblin-Z aj.), dodávají se jak jako kapaliny tak jako pastovitá mazadla. Z teoretických studií plyne, že Demnum a Fomblin-Z typy mají podobnou molekulární elasticitu, avšak nižší než Krytox. Srovnání teoretických výpočtů s praktickými zkouškami měření přístrojem na měření povrchových sil potvrdilo, že Krytox je jako lubrikant velice výhodný.

FOMBLINY® mají všechny stejné registrační číslo CAS (Chemical Abstract Service) 69991-67-9, a jsou evidovány EPA/TSCA. Z toho plyne, že zacházení s nimi je na úrovni normálních chemikálií, nevyžadujících zvláštní registraci. Jejich výroba je, že jsou nehořlavé, není ani udáván jejich bod vzplanutí. Na českém trhu je dodává např. společnost Sigma-Aldrich s. r. o., Pobežně 46, 186 00 Praha 8, tel. 02-21761310 (www.sigma-aldrich.cz) za cca 255 DEM/ 100 g. U jednotlivých druhů uvádíme objednávací čísla pro snadnější orientaci v závorce za nadpisem z prostého důvodu, že pod nimi lze u firmy (i na Internetu) získat další technické specifikace a případně i materiálové bezpečnostní listy (MSDS).

FOMBLIN® Y HVAC 140/13, střední molekulová hmotnost 6500 (31,799-3)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.920, index lomu: 1.3040, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 1,400 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4604D.

FOMBLIN® Y HVAC 18/8, střední molekulová hmotnost 2800 (31,796-9)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.890, index lomu: 1.2990, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 180 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4604A.

FOMBLIN® Y HVAC 25/9, střední molekulová hmotnost 3300 (31,797-7)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.900, index lomu: 1.3010, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 270 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4604B.

FOMBLIN® Y HVAC 40/11, střední molekulová hmotnost 3900 (31,798-5)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.910, index lomu: 1.3020, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 462 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4604C.

FOMBLIN® Y LVAC 06/6, střední molekulová hmotnost 1800 (31,792-6)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.880, index lomu: 1.2950, bod vzplanutí (°F): >230, viskozita (20 °C) 60 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4605A.

FOMBLIN® Y LVAC 14/6, střední molekulová hmotnost 2500 (31,793-4)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.890, index lomu: 1.2980, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 140 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4605B.

FOMBLIN® Y LVAC 16/6, střední molekulová hmotnost 2700 (31,794-2)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.890, index lomu: 1.2990, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 160 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4605C.

FOMBLIN® Y LVAC 25/6, střední molekulová hmotnost 3300 (31,795-0)

Sumární vzorec: $\text{CF}_3\text{O}[-\text{CF}(\text{CF}_3)\text{CF}_2\text{O}]_x(-\text{CF}_2\text{O})_y\text{CF}_3$, specifická hustota: 1.900, index lomu: 1.3000, bod vzplanutí (°F): není udán, viskozita (20 °C) 270 cSt, odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4605D.

Zajímavou sloučeninou, kterou firma Sigma-Aldrich srovnává s Fombliny je i **Poly(dimethylsiloxan-*ko*-dimerní kyselina), zakončená bis(perfluorododecyl)ovou skupinou (43,490-6)**

Jde o Fomblinu podobný materiál, specifická hustota: 1.070, bod vzplanutí (°F): >230, střední M_n ca. 12,000. ca. 8 váhových % fluoru, bod měktnutí 49 °C, voskovitá látka polotuhá za normálních teploty velmi dobré mazadlo, kapalnějíci již při malém tlaku. Používá se jako mazadlo (lubrikant) na vlákna a nemastný hydrofobní krytí povrchů. Odkaz na knihu (seznam spekter) Aldrich Library of *FT-IR Spectra*: 2(3),4636D.

Rizika použití. Z hlediska vztahu k zatížení životního prostředí PFPE nemají negativní účinek na ozónovou vrstvu a jsou pro toto prostředí hodnoceny jako látky příznivé. PFPE jsou téměř zdraví neškodné látky, je popsáno výjimečné lehké podráždění při vniknutí do očí a na kůži. Při vdechování aerosolů či par může dojít k podráždění dýchacího traktu. Při požití mohou vyvolat podráždění, nevolnost a zvracení. Při potřísnění se snažíme místo omýt (oči vodou, kůži mýdlem a vodou). Při potížích z nadýchání či požití zajistíme volné dýchání. Po požití ve vědomém stavu podáváme mléko či vodu. V případě bezvědomí nesmíme podat nic a ihned dopravíme k lékaři. Při teplotním rozkladu PFPE může vznikat fluorovodík, který je extrémně korozivní a který na kůži tvoří rozsáhlé popáleniny, které se neošetřeny šíří dále do tkáně.

Seriózní vyhodnocení PFPE, vzhledem k jejich použití jako bariérových krémů k zabránění vzniku pracovních dermatitid (Fomblin HC) vedlo ke zjištění, že orální dávka 15 g/kg tělesné váhy u myši nemá toxický efekt, podobně jako podkožní dávka 5 g/kg. Podobně ani u člověka systematické studie nenalezly žádné toxické efekty. Nebyla nalezena ani mutagenita na kmenech *Salmonella*. Systematická orální dávka 1000 mg/kg/den ani za 28 dní nevyvolala žádnou reakci. Pro topickou aplikaci na lidskou kůži jsou Fombliny HC považovány za velmi bezpečné.

LITERATURA :

- [1] Staudacher W., *Vakuum in der Praxis*, 2, 37 (1990).
- [2] Hirsch E. H. and McKay T. J., *Vacuum* 43, 301 (1992).
- [3] Vertes M., *Vacuum* 44, 769 (1993).
- [4] Hamada T., *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2, 115 (2000).
- [5] Ruths M., Granick S., *J. Phys. Chem. B*, 103, 8711 (1999).
- [6] Maliverno G., Pantini G., Bootman J., *Food and Chem. Toxicol.* 34, 639 (1996).
- [7] Pantini G., Forestieri R., Brunetta F., Bencini P.L., *Int. J. Cosmetic Sci.* 12, 273 (1990).

Kurz vakuové techniky na SPŠE Rožnov pod Radhoštěm

SPŠE Rožnov pod Radhoštěm pořádá i v tomto roce kurz vakuové techniky, letos v termínu 4. až 8. června 2001. Základní rozsah kurzu je 29 teoretických hodin (z oblasti fyzikálních základů vakuové techniky, získávání a měření vakua, vakuových materiálů a provozu vakuových aparatur). K tomu je možno si objednat libovolný počet z osmi nabízených měření ve vakuové laboratoři. Kurz je koncipován obecně, tak aby vyhověl potřebám pracovníků z různých průmyslových odvětví. Bližší informace a přihlášky si můžete vyžádat u organizátora kurzu Ing. Karla Boka písemně, telefonicky nebo e-mailem:

Střední průmyslová škola elektrotechnická
Školní 1610
756 64 Rožnov pod Radhoštěm
tel / fax.: 0651 - 651 150
bok@spseroznov.cz



Společnost SciTech dodává, kromě vakuové techniky, také celou škálu laboratorního vybavení z katalogu C.Roth, lampy firmy Cathodeon, dávkovací zařízení SGE, a mnoho dalšího.

Za zmínku stojí programy a databázové soubory.
Uvádíme například:

MATHTYPE editor matematických, fyzikálních a chemických rovnic a vzorců, pracující samostatně, nebo zevnitř editoru MS Word.

BLACK WHOLE programové vybavení pro zabezpečení dat v podadresářích, na přenosných počítačích proti zneužití nepovolanou osobou.

KALEIDA GRAPH, ATLANTIS, SIGMA PLOT, SIGMA STAT....., programy pro zpracování dat a presentaci výsledků.

REFERENCE MANAGER program na zpracování citací a bibliografií.

CHEM OFFICE editory chemických vzorců, chemicky inteligentní otevřená databáze, chemický vyhledávací stroj.....

ACD, SCIVISION, SYNERGY, ISI, ETC, NILES, SIGMASOFT, SYNOPSIS, HYPERCUBE, SOFTSHELL, SIR, TRIPOS, CAMBRIDGE SOFTWARE, CSPS, SPSS-JANDEL, BIOSOFT, vědecké software pro Vás.....

SciTech® sro, Nad Šárkou 75, 160 00 Praha 6,
02-24311850, www.scitech.cz, scitech@scitech.cz

