

ORGANICKÉ LÁTKY DETEGOVANÉ V HELIOVÉM OKRUHU EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUMNÉ APARATURY K SIMULACI CHLAZENÍ JADERNÉHO REAKTORU PŘI ZAHÁJENÍ PROVOZU

JAN BERKA^{a,b}, IVAN VÍDEN^a a Václav
KOZMÍK^a

^a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 1905, 16628 Praha 6 – Dejvice, ^b Centrum Výzkumu Řež s.r.o., Husinec-Řež 130, 250 68 Řež
jan.berka@vscht.cz, bej@cvrez.cz

Klíčová slova: jaderný reaktor chlazený heliem, heliový experimentální okruh, organické nečistoty v heliu

Úvod

Během následujících desetiletí se počítá s postupným uváděním do provozu nových energetických zdrojů. V případě jaderné energetiky se mluví o nové generaci jaderných reaktorů, tzv. reaktorech IV. generace¹. Tyto reaktory by měly zaručit mimo jiné vyšší účinnost konverze tepelné energie na energii elektrickou, přímé využití tepelné energie chladiva reaktoru v technologických procesech, lepší využití energie ukryté v jaderném palivu a výrazné omezení možnosti zneužití jaderných paliv pro vojenské účely a terorismus. Dodržení vysokých bezpečnostních standardů se v případě reaktorů Generace IV považuje za samozřejmé. Vyvíjeno je celkem šest typů nových reaktorů, jejich společnými charakteristikami je použití jiného chladiva primárního okruhu a vyšší teplota chladiva než u současných běžně rozšířených typů jaderných reaktorů. Před realizací výstavby nových typů jaderných reaktorů je třeba vyřešit řadu technických problémů a ověřit některé technologické postupy, komponenty, odolnost konstrukčních materiálů, atd.

Problematickou související s reaktory IV. generace se zabývá řada výzkumných pracovišť na celém světě, např. ve Francii, Japonsku, Číně nebo USA. Pro výzkum budoucích typů reaktorů je budována rozsáhlá vědecká infrastruktura skládající se často ze složitých unikátních zařízení větších rozměrů, jedná se mimo jiné o tzv. simulační technologické smyčky nebo i výzkumné jaderné reaktory.

Mezi reaktory IV. generace patří i dva typy plynem chlazených reaktorů: tzv. vysokoteplotní reaktor (HTR, VHTR), a plynem chlazený rychlý reaktor (GFR). Na výzkumných projektech týkajících se plynem chlazených reaktorů se podílí i Česká republika, konkrétně organizace ÚJV Řež a.s. a CV Řež s.r.o. ve spolupráci s vysokými

školami (např. VŠCHT Praha, ČVUT, VUT Brno). V ČR jsou konstruována nová unikátní experimentální zařízení, mezi která patří i tzv. Vysokoteplotní heliová experimentální smyčka (HTHL) v areálu ÚJV Řež a.s.

Experimentální část

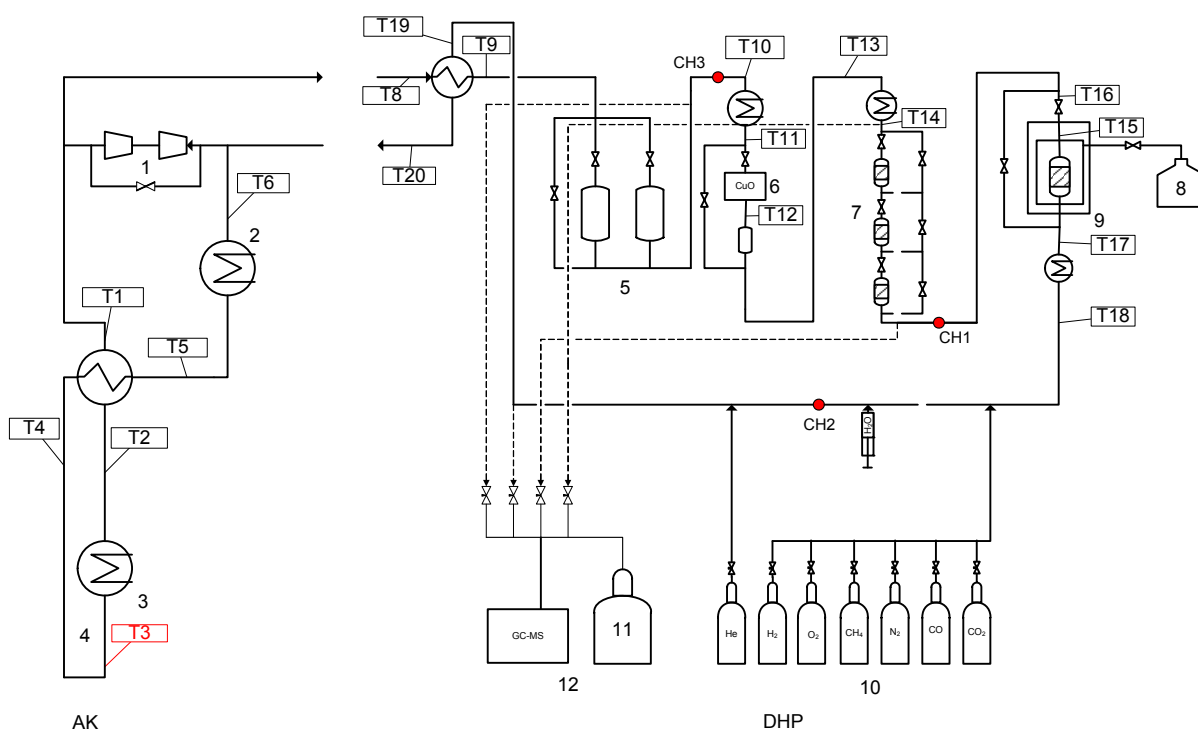
Vysokoteplotní heliová experimentální simulační smyčka

Vysokoteplotní heliová experimentální smyčka je nové experimentální zařízení pro výzkum plynem chlazených reaktorů. Konkrétně má sloužit pro výzkum chemických procesů v chladivu a výzkum korozní odolnosti konstrukčních materiálů v podmínkách chlazení reaktorů VHTR nebo GFR. Výhledově má HTHL umožňovat i provádění korozních testů při ozařování vzorků neutrony ve výzkumném reaktoru LVR-15. HTHL patří mezi nejvýznamnější zařízení svého druhu na světě², oproti jiným simulačním smyčkám³ umožní provádění testů při tlacích a průtocích plynu odpovídajících tlakům a průtokům chladiva ve skutečném reaktoru.

Schéma HTHL je na obr. 1. Zařízení se skládá ze dvou paralelních okruhů, tzv. aktivního kanálu (AK) a systému kontroly čistoty a dávkování helia (DHP). Součástí AK jsou cirkulátory zajišťující oběh plynu v celém zařízení a testovací sekce pro umístění vzorků s ohřevem. Součástí DHP je čistící okruh skládající se z mechanických filtrů, oxidační jednotky, adsorberů s molekulovými sítí (až 3 v sériovém zapojení) a nízkoteplotního adsorberu s dvoustupňovým chlazením, dále DHP obsahuje místa pro dávkování plyných příměsí kvůli vytvoření požadované korozní atmosféry ve smyčce, trasy pro odběr vzorků a přímé připojení plynového chromatografu. Čidla hygrometru monitorující vlhkost plynu jsou zabudována přímo v okruhu DHP. Základní maximální projektové parametry HTHL jsou: teplota dosažitelná v testovací sekci 900 °C, průtok plynu v AK: 38 kg h⁻¹, tlak 7 MPa. Podrobný popis HTHL lze nalézt v dalších publikacích^{4,5}.

První etapa zkušebního provozu HTHL

První etapa zkušebního provozu proběhla během 4. čtvrtletí r. 2010 a 1. čtvrtletí 2011. Cílem této etapy bylo ověřit základní funkce celého zařízení a odhalit případné nedostatky, jedním z dílčích cílů bylo i studium rušivých vlivů při provozu nového experimentálního zařízení. Některé systémy, např. plynový chromatograf a některé termočlánky, nebyly uvedeny do provozu. Z provozu byly vyřazeny všechny jednotlivé části čistícího okruhu obtokem (nicméně plyn paralelním okruhem DHP protékal). Při zkouškách ohřevu testovací sekce AK (TS-AK) bylo při odpouštění plynu ze zařízení čichem detegováno silné organické znečištění plyného média, přestože zařízení bylo naplněno heliem o vysoké čistotě (4.8). Proto byl zahájen odběr vzorků pro zjištění původu a druhu znečiště-



Obr. 1. Schéma vysokoteplotní heliové experimentální smyčky. AK – aktivní kanál, DHP – systém čištění, kontroly čistoty a dávkování helia, 1 – cirkulátory, 2 – chladič, 3 – ohřívák, 4 – testovací sekce s prostorem pro vzorky, 5 – mechanické filtry, 6 – CuO oxidační jednotka, 7 – adsorbenty s molekulovými sítěmi, 8 – zásobník kapalného dusíku, 9 – nízkoteplotní adsorbent, 10 – dávkovací systém, 11 – odběrový systém, 12 – plynový chromatograf, T1 až T20 – termočlánky, CH1 až CH3 – senzory hygrometru BARTEC

ni a následně i pokusy o eliminaci koncentrace nežádoucích látek v plynném médiu.

Vzorkování

Vzorkování bylo prováděno pomocí tzv. adsorpčních trubiček naplněných kokosovým aktivním uhlím (Supelco, USA), v laboratoři na VŠCHT Praha bylo prováděno stanovení látek zachycených v sorpčních trubičkách. Vzorky byly odebírány z odběrného místa na vstupu do okruhu DHP, vždy 100 l (měřeno při atmosferickém tlaku a teplotě cca 25 °C) plynu.

Analytické postupy

Analýzy organických látek adsorbovaných v sorpčních trubičkách byly prováděny tímto postupem:

Po rozfíznutí trubičky byly organické látky desorbovány superčistým sirouhlíkem o přesném objemu 1,000 ml. Alikvotní podíl extraktu byl poté analyzován pomocí GC-MS tandemu DSQ-II (Thermo, USA). Pro dělení byla použita křemenná kapilární kolona ZB1ms o délce 30 m, vnitřním průměru 0,25 mm a síle filmu 0,25 μm. Termostat byl programován od 40 °C do 290 °C gradientem 10 deg/min a nástřik byl prováděn metodou split 1 : 10. Zdrojem nepřesností u této metody stanovení organických

látek může být jednak nepřesnosti při jednotlivých operacích (měření prošlého plynu při odběru, určení přesného objemu sirouhlíku pro desorpci, nástřik podílu extraktu do GC-MS) a jednak samotná adsorpce. Při průtoku plynu obsahujícího více druhů organických látek může dojít k selektivní adsorpci, při které se adsorbují některé látky přednostně, dále může dojít k průrazu některé látky trubičkou.

Postup při provádění testů

První odběr byl proveden při dosažení teploty 100 °C v TS-AK (test č. 1). Po stanovení organických látek v sorpční trubičce bylo zjištěno, že plyn obsahoval velké množství organických látek (několik obj.%), převážně ethanolu a acetonu. Tak velkou koncentraci nebylo možné výše zmíněnou metodou přesně stanovit. Po tomto zjištění byla provedena několikanásobná výměna plynu ve smyčce: smyčka byla evakuována, naplněna dusíkem (čistota 4.0) a poté několikrát evakuována a naplněna heliem čistoty 4.8. Poté byly provedeny testy HTHL při teplotách 200, 300, 400 a 500 °C v TS-AK (test č. 2–5), při každém experimentu byl proveden jeden odběr a analýza plynu. Důležité provozní parametry HTHL při jednotlivých testech jsou uvedeny v tabulce I.

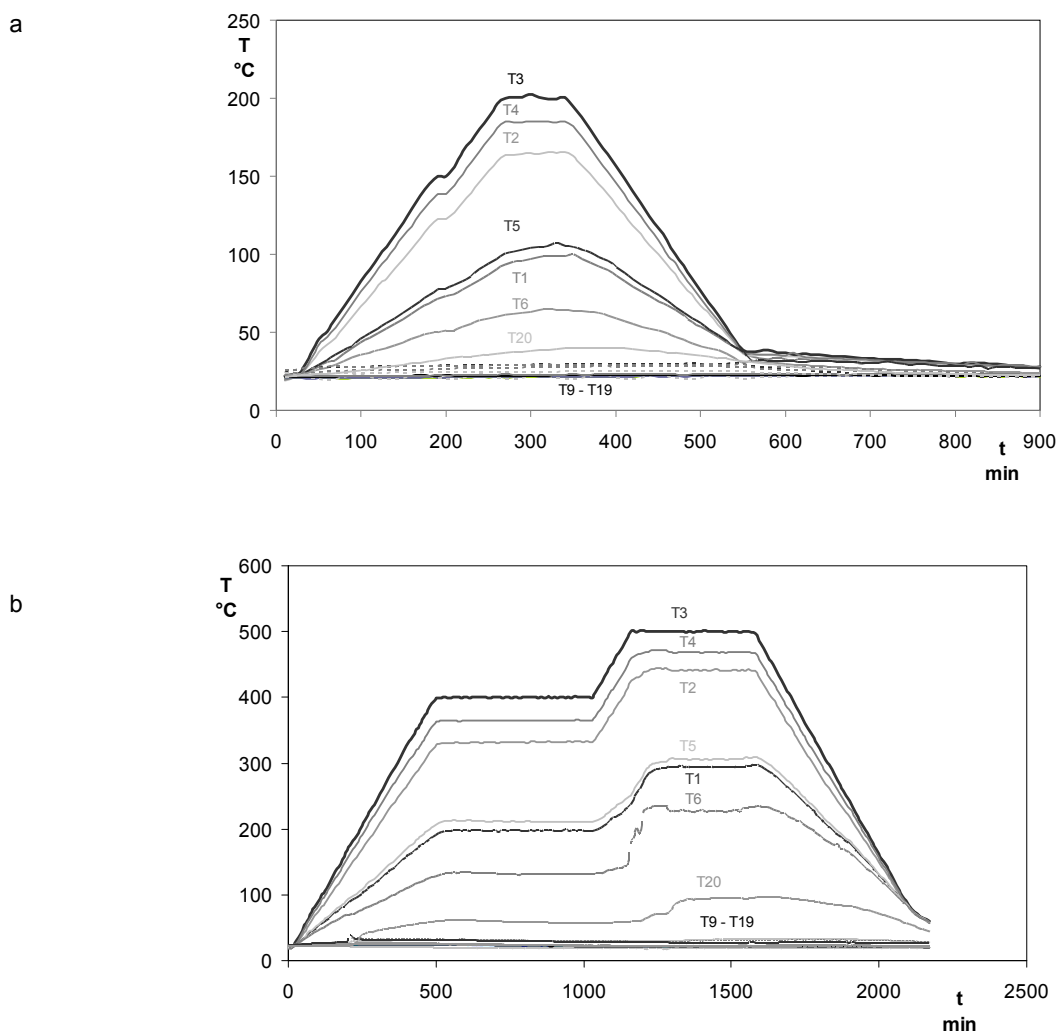
Tabulka I

Provozní parametry HTHL při testech při teplotách 100–500 °C v testovací sekci AK

Test č.	1	2	3	4	5
Teplota v AK, °C	100	200	300	400	500
Průtok plynu v AK, kg h ⁻¹	25	28	28	27,6	21,6
Průtok plynu v DHP, kg h ⁻¹	2,5	1,9	2,3	2,2	1,8
Tlak v HTHL, MPa	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Provedení odběru, minuty po dosažení teploty v AK	40	50	50	60	360

Po této sérii testů byla za účelem snížení koncentrace organických nečistot uvnitř smyčky provedena evakuace HTHL, poté byla naplněna dusíkem čistoty 4.0 a následně celkem čtyřikrát naplněna heliem čistoty 4.8 a evakuována, poté byl proveden odběr a analýza plynu za studena před zahájením ohřevu (test č. 6). Následoval ohřev aktiv-

ního kanálu na teplotu 300 °C, po dosažení této teploty byl proveden další odběr (test č. 7). Následující odběr byl proveden těsně před vypnutím topení v TS-AK cca po 8,5 h provozu HTHL při teplotě 300 °C v TS-AK (test č. 8). Po testu č. 8 bylo zařízení odstaveno.



Obr. 2. Distribuce teplot v HTHL: a – při testu dosažení 200 °C v testovací sekci AK, b – při testu dosažení 400 °C a 500 °C v testovací sekci AK. t – čas trvání experimentu (min.), T – teplota (°C)

V další fázi testování byla HTHL evakuována a několikrát propláchnuta čistým plynem, následně byl proveden odběr a analýza plynu před zahájením ohřevu (test č. 9). Následoval ohřev TS-AK na 500 °C a odběr a analýza vzorku plynu (test č. 10). Po desátém testu byla tato etapa zkušebního provozu simulační smyčky ukončena.

Výsledky

Distribuce teplot v HTHL je uvedena v grafech na obr. 2 pro testy při teplotě 200, 400 a 500 °C, umístění termočlánků (T1 – T20), viz schéma na obr. 1. Teplota v testovací sekci byla měřena termočlánkem T3.

Z organických látek při 200 °C v TS-AK převládala ethanol a aceton, v nižších koncentracích byly nalezeny i složitější organické látky, např. 2,4,4-trimethylpent-1-en, *n*-oktan, atd. Při teplotách 300–500 °C začaly složitější organické látky převládat, zejména isobutan, 2,4,4-trimethylpenteny, jejichž koncentrace s teplotou do 400 °C narůstala, nalezeny byly i vyšší koncentrace aromatických organických látek, např. benzen a toluen.

Po prvním výplachu smyčky (test č. 6–8) došlo k rapidnímu poklesu koncentrace organických látek v plynu. Při provozu před ohřevem a při dosažení teploty 300 °C převládala z organických nečistot ethanol a aceton, po 8,5 h provozu již ale převládaly složitější organické látky. Po druhém výplachu došlo k dalšímu snížení celkové koncentrace organických látek v plynném médiu před zahájením ohřevu TS-AK, při ohřevu na 500 °C došlo k nárůstu celkové koncentrace organických látek, mezi kterými převládaly aromatické látky (benzen, toluen, xyleny).

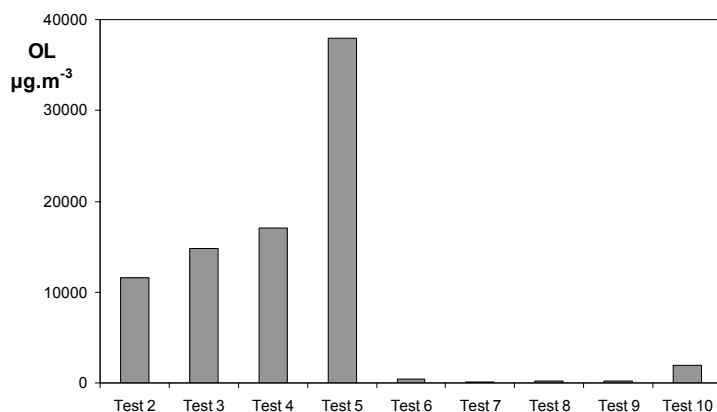
Celková koncentrace organických látek v pracovním médiu HTHL během jednotlivých testů první etapy zkušebního provozu je uvedena v grafu na obr. 3. Seznam organických látek detegovaných při testech č. 2–10 včetně jejich maximálních nalezených koncentrací je uveden v tab. II.

Diskuse výsledků

V pracovním médiu HTHL byly detegovány organické látky v koncentracích v řádu desítek až desetitisíců $\mu\text{g m}^{-3}$. Lze se domnívat, že původem tohoto znečištění pracovního média může být znečištění některých vnitřních částí zařízení vzniklé při výrobě. Konkrétně může jít o zbytky olejů, dále o aceton a ethanol používané k odmašťování zařízení, které zřejmě nebyly ze zařízení dokonale odstraněny. Při nižších teplotách v AK převažovaly v celkovém množství organických látek právě ethanol a aceton. Při vyšších teplotách pak začaly postupně převládat složitější alifatické i aromatické organické látky. Ty pravděpodobně vznikly sledem chemických reakcí při vysoké teplotě v prostředí inertního plynu, ve kterém bylo možné předpokládat jen případné malé množství zbytkového vzduchu, resp. kyslíku. Je třeba poznamenat, že na samotných topných spirálách mohla být teplota ještě o několik set °C vyšší než v TS-AK. Vliv na průběh chemických reakcí a výsledné produkty budou mít v tomto případě i kinetické faktory, např. doba zdržení v místě s vysokou teplotou, atd. Nutno také poznamenat, že nemusely být zdaleka všechny reakční produkty výše uvedeným postupem stanoveny, např. methan se kvantitativně v adsorpčních trubičkách nezachytí, navíc při desorpci sirouhlíkem před nástřikem do GC-MS vytěká.

Vznik některých látek detegovaných během provozu HTHL v pracovním médiu lze vysvětlit např. tímto způsobem:

Vedle dalších minoritních nečistot byl nalezen hlavně 2,4,4-trimethylpent-1-en, jehož koncentrace do 400 °C v testovací sekci AK postupně narůstala. Tvorbu tohoto produktu z ethanolu reakcí s 2-methylpropenem popisuje Ballantin⁶ ve své práci již v roce 1985. Vznik 2-methylpropenu za vyšších teplot lze vysvětlit hned dvěma způsoby. Jednou z možností je dehydrogenace 2-methylpropanu, který vzniká po tepelném rozkladu ethanolu na různých katalyzátorech. Katalyzovaným tepelným



Obr. 3. Celkový obsah organických látek (OL) v $\mu\text{g m}^{-3}$ zjištěný během jednotlivých experimentů provedených v první etapě zkušebního provozu HTHL

Tabulka II
Organické látky detegované během testů 2–10 v plynném médiu HTHL

Chemická látka	Maximální koncentrace [$\mu\text{g m}^{-3}$]	Teplota AK při dosažení max. koncentrace [$^{\circ}\text{C}$]	Test, při kterém byla dosažena max. koncentrace č.
1,2,4-trimethylcyklopentan	170	300	3
1,2,5-trimethylcyklopentan	84	200	2
1,3-butadien	118	500	10
1-butanol	175	400	4
1-buten	93	500	10
1-dodekanol	3	25	6
1-hexen	366	500	5
1-penten	532	500	5
1-tetradekanol	3	25	6
2,3-dihydrofuran	103	400	4
2,4,4-trimethylpent-1-en	6396	300	3
2,4,4-trimethylpent-2-en	1944	400	3
2,5-dimethylhexan-2-ol	90	200	2
2-butanol	570	500	5
2-but-benzanon	318	400	4
2-buten	265	400	4
2-ethyl-1-hexen+3-ethyl-2-hexen cca 1:1	3041	500	5
2-ethylhexan-1-ol	212	300	3
2-ethylhexanal	120	500	5
2-methyl-1-propen	233	400	4
2-methylfuran	1238	500	5
2-methylpropan-1-ol	66	200	2
3-methylhept-2-en	38	200	2
5-hydroxymethyl-2-furfural	29	200	2
aceton	5818	200	2
acetonitril	204	500	5
benzen	2881	500	5
cyklododekan	143	500	5
cyklopentanon	92	400	4
ethanol	3660	200	2
ethylbenzen	575	500	5
isobutan	5363	500	5
isopren	1493	500	5
isopropanol	98	200	2
methyl-6-methyl-8,9,10-trinorborn-5-en-2-endo-yl keton	140	500	5
methylstyren	49	500	10
<i>n</i> -dekan	165	400	4
<i>n</i> -nonan	77	200	2
<i>n</i> -oktan	130	500	5

Tabulka II
Pokračování

Chemická látka	Maximální koncentrace [$\mu\text{g m}^{-3}$]	Teplota AK při dosažení max. koncentrace [$^{\circ}\text{C}$]	Test, při kterém byla dosažena max. koncentrace č.
<i>n</i> -undekan	98	300	3
oktamethylcyklotetrasiloxan	183	200	2
okten a oktan	1724	300	3
<i>o</i> -xylen	726	500	5
propan	111	300	3
rozvětvený nonen	200	400	4
styren	582	500	5
toluen	3772	500	5
trimethylpenten	75	300	3
xylen a isononan	82	200	2
xyleny + styren	429	300	3
α -methylstyren	377	400	4

rozkladem ethanolu vznikají alkyly a alkeny vedle dalších produktů. Těto problematice, za použití různých katalyzátorů s cílem získat přednostně některý konkrétní ze vznikajících alkenů, se věnuje řada patentů z petrolejářského průmyslu^{7–10}. Druhou možností vzniku 2-methylpropenu ukazují čeští vědci^{11,12}. Aldolizací acetonu za kyselé nebo alkalické katalýzy vzniká diacetonalkohol (4-hydroxy-4-methylpentan-2-on) a jeho krakováním vzniká 2-methylpropen a kyselina octová, která se dále rozkládá na methan a oxid uhličitý. Z těchto možností nelze preferovat ani jednu, protože reakce za vysokých teplot jsou velmi složité a často se složení produktů hodně mění s již malou změnou reakčních podmínek. Celý mechanismus může být komplikován i faktem, že je popsána i přeměna ethanolu na aceton¹³ při 450 $^{\circ}\text{C}$ za katalýzy oxidem zinečnatým.

Celkově správnost těchto úvah potvrzuje složení nečistot při 300 $^{\circ}\text{C}$ v TS-AK, kde byly identifikovány v menším množství výchozí aceton a ethanol, ale hlavně již zmíněný 2,4,4-trimethylpent-1-en, jeho stabilnější isomer 2,4,4-trimethylpent-2-en a meziproduct jejich vzniku isobuten (2-methylpropen). Další identifikované látky vznikající v menším množství lze rozdělit na vyšší alkoholy (butan-1-ol, 2-ethylhexan-1-ol, atd.) a skupinu zahrnující alkyly, alkeny, cykloalkany, cykloalkeny a areny. Tvorbě butan-1-olu z ethanolu se věnuje řada patentů a vědeckých publikací^{14–18}, nicméně je nutno podotknout, že autoři potvrzují vznik směsi a žádaná látka je vždy produktem řady následných reakcí. 2-Ethylhexan-1-ol je pak produktem vzájemné reakce ethanolu a butanolu^{19,20}. Vyšší alkeny pak mohou vznikat dehydratací vyšších alkoholů nebo vzájemnými reakcemi nižších alkenů mezi sebou. Tak např. vzniku isoprenu z ethenu a acetonu se věnuje americký patent²¹ již z roku 1942. V literatuře lze nalézt celou řadu publikací, v nichž autoři dokládají vznik směsi alka-

nů, alkenů, cykloalkenů a aromátů jak z ethanolu^{22–26} tak z acetonu^{11,12}. Se stoupající teplotou pak stoupá poměrné zastoupení aromatických uhlovodíků (toluen, benzen,...), které vznikají aromatizací cykloalkanů. Nesmíme opomenout ani skutečnost, že některé nečistoty nemusely vzniknout přeměnou z acetonu nebo ethanolu, mohly být např. součástí zbytků olejů, kterými mohla být HTHL rovněž kontaminována.

Simulační smyčka HTHL je relativně velké zařízení, které se skládá z poměrně složitěho systému potrubí, armatur, nádob, ventilů, atd. Díky tomu patrně nedošlo k úplnému odstranění organických látek ze zařízení ani po několikanásobném výplachu čistým plynem, i když došlo k podstatnému snížení jejich koncentrace. Část organických látek tak zůstala vždy adsorbována nebo „ukryta“ na vnitřních površích zařízení. Při dalších testech po výplachu bez ohřevu mezi detegovanými organickými látkami převládaly ethanol a aceton, při vyšších teplotách došlo patrně k uvolnění složitějších látek a navíc ke vzniku látek nových. Po dlouhodobějším zahřívání je pak detegována složitější směs produktů, ve které převažuje směs oktenů o mol. hm. 112, vzniklá sledem reakcí a dehydratací 2-ethylhexan-1-olu.

Je zcela zřejmé, že po druhém promytí se znovu množství nečistot snížilo a snížilo se i množství acetonu a ethanolu a hlavní nečistotou byl stanoven již několikrát zmíněný 2-ethylhexan-1-ol. Po zahřátí na 500 $^{\circ}\text{C}$ pak bylo detegováno větší množství nečistot, ze kterých převládaly aromatické sloučeniny vzniklé aromatizací cykloalkanů.

Kromě toho, že je výše popsána záležitost zajímavá z chemického hlediska, nelze opomenout hlavní fakt, že nové experimentální zařízení bylo znečištěno organickými látkami, nejednalo se o experiment provedený záměrně. Kdyby nebyly organické látky ze zařízení eliminovány,

mohly by mít zásadní vliv na výsledky korozních testů, protože mohou způsobovat nauhličení kovových materiálů při vysokých teplotách²⁷, navíc nelze vyloučit ani dlouhodobý negativní vliv na další součásti zařízení, např. senzory hygrometru. Odstranění stopových koncentrací organických látek ze složitých zařízení není úplně snadné. Pro výrobu dalších podobných experimentálních zařízení, která je plánována²⁸, lze doporučit věnovat pozornost organickému znečištění zařízení již při jeho výrobě. To znamená navrhnout a dodržovat takové výrobní postupy, aby možnost kontaminace vnitřních částí zařízení byla omezena na nejnižší možnou míru.

Závěr

Během 1. etapy zkušebního provozu nového experimentálního zařízení – vysokoteplotní heliové smyčky – byly v pracovním médiu detegovány organické látky. Při nižších teplotách mezi nimi převažoval ethanol a aceton, při dosažení vyšších teplot pak bylo detegováno větší množství složitějších organických látek. Zdrojem organických látek v zařízení byly patrně zbytky chemikálií používaných k odmašťování, případně zbytky olejů apod. Několikanásobným výplachem smyčky plynem se podařilo koncentraci organických látek v pracovním médiu výrazně snížit. Organické látky v pracovním médiu mohou mít negativní vliv na provoz zařízení. Na základě těchto zjištění lze doporučit změnu výrobních postupů pro výrobu dalších podobných zařízení, aby bylo možné eliminovat organické látky z vnitřní části zařízení.

Seznam použitých zkratk

AK	aktivní kanál experimentální smyčky
DHP	systém kontroly čistoty a dávkování helia
GFR	rychlý jaderný reaktor chlazený plynem
HThL	vysokoteplotní heliová experimentální smyčka
HTR, VHTR	vysokoteplotní jaderný reaktor chlazený plynem
TS-AK	testovací sekce aktivního kanálu

LITERATURA

1. A *technology roadmap for Generation IV Nuclear Energy System*, U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum, 2002, dostupné z <http://gif.inel.gov/roadmap/> staženo 16.2.2010.
2. *Experimental Facilities for Gas-cooled Reactor Safety Studies*, OECD-NEA No 6864, 2009 dostupný z <http://www.nea.fr/nsd/reports/2009/nea6864-TAREF.pdf>, staženo 10.5.2010.
3. Wright R. N.: *Kinetics of Gas Reactions and Environmental Degradation in NGNP Helium*, INL 2006, report, dostupný z http://nuclear.inl.gov/deliverables/docs/inl_ext_06_11494_kinetics_of_gas_reactions_62706.pdf, staženo 22.6.2012.
4. Matěcha J., Černý M., Viden I., Sus F., Hájek P.: Nucl. Eng. Des. (2011), doi:10.1016/j.nucengdes.2011.10.045.
5. Berka J., Černý M., Matěcha J.: Paliva 2, 6 (2010).
6. Ballantine J. A., Jones W., Purnell J. H., Tennakoon D. T. B., Thomas J. M.: Chem. Lett. 1985, 763.
7. China Petroleum and Chemical Corporation, Research Institute of Petroleum Processing, SINOPEC, Patent: EP2042477 A1, 2009, Location in patent: Page/Page column 5-8.
8. Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota Tsusho Corporation, Patent: WO2007/83241 A2, 2007, Location in patent: Page/Page column 17; fig.7/8.
9. Iwamoto M.; Yamamoto T.; Haishi, Teruki.: Patent: US2010/168491 A1, 2010; Location in patent: Page/Page column 8.
10. China Petroleum and Chemical Corporation; Research Institute of Petroleum Processing, Sinopec: Patent: EP2042476 A1, 2009; Location in patent: Page/Page column 5; 7-8.
11. Cejka J., Kubelkova L., Jiru P.: Collect. Czech. Chem. Commun. 54, 2054 (1989).
12. Cejka J., Jiru P.: Collect. Czech. Chem. Commun. 54, 2998 (1989).
13. Llorca J., Piscina P. R., Sales J., Homs N.: Chem. Commun. (Cambridge, U. K.), 2001, 641.
14. Mitsui Chemicals, Inc.: Patent: EP1953129 A1, 2008; Location in patent: Page/Page column 24.
15. Kabushiki Kaisha Sangi: Patent: EP2080749 A1, 2009, Location in patent: Page/Page column 15.
16. Ogo S., Onda A., Yanagisawa K.: Appl. Catal., A 402, 188 (2011).
17. Cosimo J. I., Apesteguia C. R., Gines M. J. L., Iglesia E.: J. Catal. 190, 261 (2000).
18. Farbenind I. G.: Patent: DE527078; Fortschr. Teerfarbenfabr. Verw. Industriezweige, vol. 16, p. 3012.
19. Weizmann G.: J. Chem. Soc. 117, 329 (1920).
20. Tsuchida T., Kubo J., Yoshioka T., Sakuma S., Takeguchi T., Ueda W.: J. Catal. 259, 183 (2008).
21. National Agrol Co.: Patent: US2415878, 1942.
22. Chang M. M. Y.: Patent: US2010/174127 A1, 2010, Location in patent: Page/Page column 1-2.
23. Inoue K., Inaba M., Takahara I., Murata K.: Catal. Lett. 136, 14 (2010).
24. Mikhail S., Saad L., Hassan H. A.: Bull. Soc. Chim. Fr. 1991, 5.
25. Akolekar D. B.: J. Chem. Soc., Faraday Trans. 90, 1041 (1994).
26. Inoue K., Inaba M., Takahara I., Murata K.: Catal. Lett. 136, 14 (2010).
27. Lai G. Y.: *High-Temperature Corrosion and Materials Applications*. ASM International, Ohio 2007.
28. <http://susen2020.cz/> staženo 25.6.2012.

J. Berka^{a,b}, I. Viden^b, and V. Kozmík^b (^a *Research Centre Řež, Prague*, ^b *Institute of Chemical Technology, Prague*): **Organic Compounds Detectable in He Loop of Experimental Research Device for Simulation of Nuclear Reactor Cooling at Opening Operation**

High-temperature He loop is a new experimental device for investigation of structural materials for high-temperature gas-cooled reactors. In the first period of the test operation of the device organic compounds were de-

tected in the loop. At low temperatures ethanol and acetone predominated, at higher temperatures more complex organic compounds were observed. The source of organic compounds is residual oil and degreasers from the production of the loop. After multiple flushing of the loop the concentration of organics were notably lower but not zero. On the basis of these findings a change in production of similar devices is recommended to prevent contamination of the device with organics.