



**VYSOKÁ ŠKOLA  
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
V PRAZE**

ÚSTAV CHEMICKÉHO INŽENÝRSTVÍ  
LABORATOŘ POLYMERACNÍHO INŽENÝSTVÍ

---

**FUNKČNÍ VZOREK**

***LABORATORNÍ ZAŘÍZENÍ PRO PŘÍPRAVU POLYMERNÍCH PĚN  
TEPELNĚ INDUKOVANOU FÁZOVOU SEPARACÍ***

---

**Autoři:** Ing. Andra Nistor  
Ing. Adam Rygl  
Bc. Mária Minichová  
Bc. Patrik Bouřa  
prof. Dr. Ing. Juraj Kosek

**Číslo projektu:** GAČR 14-18938S, specifický výzkum č. 20-SVV/2014-2017  
a 21-SVV/2018

**Číslo výsledku:** PRE-2018-02

**Odpovědný pracovník:** Ing. Andra Nistor

**Vedoucí laboratoře:** prof. Dr. Ing. Juraj Kosek

**Vedoucí ústavu:** prof. Ing. Michal Příbyl, Ph.D.

---

Praha, SRPEN 2018

**Jazyk výsledku:** CZE

**Hlavní obor:** CI

**Uplatněn:** ANO

**Poznámka:**

**Název výsledku česky:**

*Laboratorní zařízení pro přípravu polymerních pěn tepelně indukovanou fázovou separací*

**Název výsledku anglicky:**

*Laboratory device for preparation of polymer foams via thermally induced phase separation*

**Abstrakt k výsledku česky:**

Prezentovaný funkční vzorek je laboratorní zařízení pro přípravu polymerních pěn metodou tepelně indukované fázové separace. Princip přípravy pěn touto metodou spočívá v tom, že při prudkém ochlazení roztoku (polymer-rozpouštědlo) dojde k fázové separaci a tím k vytvoření porézní struktury. Zmrzlé rozpouštědlo je následně odstraněno lyofilizací. Struktura pěn se reguluje např. volbou koncentrace polymerního roztoku, počátečních teplot, teplot chlazení a množství roztoku v cele.

**Abstrakt k výsledku anglicky:**

The presented functional specimen is a laboratory device used for the preparation of polymer foams via thermally induced phase separation. The principle of the foam preparation by this method is based on the phase separation that occurs during a quick temperature quench of a polymer-solvent solution causing the formation of a porous structure. The frozen solvent is then removed by lyophilization. The foam structure can be controlled, e.g., by the polymer concentration in solution, initial temperature, quenching temperature and amount of used solution.

**Klíčová slova česky:**

Tepelně indukovaná fázová separace; spinodální dekompozice; vypěňování; polymerní pěny; porézní materiály

**Klíčová slova anglicky:**

Thermally induced phase separation; spinodal decomposition; foaming; polymer foams; porous materials

**Vlastník výsledku:** Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

**IČ vlastníka výsledku:** 60461373

**Stát:** Česká republika

**Lokalizace:** Vysoká škola chemicko-technologická v Praze,  
Ústav chemického inženýrství,  
Laboratoř polymeračního inženýrství

**Licence:** ne

**Licenční poplatek:** ne

**Ekonomické parametry:** Laboratorní jednotka je využita pro přípravu mikrocelulárních pěn o různých strukturách a odstraňování rozpouštědla lyofilizací.

**Technické parametry:** Cela s tlakovým a teplotními čidly, zobrazovače, magnetická míchačka a vakuová vývěva.

**Kategorie nákladů:** Výše nákladů  $\leq$  5 mil. Kč

## Popis funkčního vzorku

Polymerní pěny jsou hojně využívaným materiálem díky jejich skvělým vlastnostem vztaženým na jednotku hmotnosti, přičemž současný výzkum je soustředěn na výrobu mikro- a nanocelulárních polymerních pěn pro specifické použití v závislosti na charakteru a velikosti pórů. Jeden z možných způsobů přípravy těchto pěn je pomocí tepelně indukované fázové separace, která umožňuje přípravu polymerních pěn s otevřenými nebo zavřenými póry, či dokonce jejich kombinací. Níže prezentovaný funkční vzorek slouží k přípravě zejména mikrocelulárních pěn pomocí tepelně indukované fázové separace a k následnému odstranění rozpouštědla lyofilizací.

Funkční vzorek (**Obr. 1A**) se skládá z ocelové nádoby (cela), ve které probíhá vypěňování tepelně indukovanou fázovou separací, tlakového čidla, teplotních čidel, zobrazovače tlaku a teplot, magnetické míchačky k promíchávání chladicího média či média k ohřevu cely, nádoby na chladicí/ohřívací médium a rotační olejové vývěvy. Zobrazovače tlaku a teplot slouží k indikaci a kontrole procesních podmínek, k určení počátku sublimace a ukončení experimentu. Všechny funkční prvky jsou připojeny na stabilní konstrukci z hliníkových profilů.

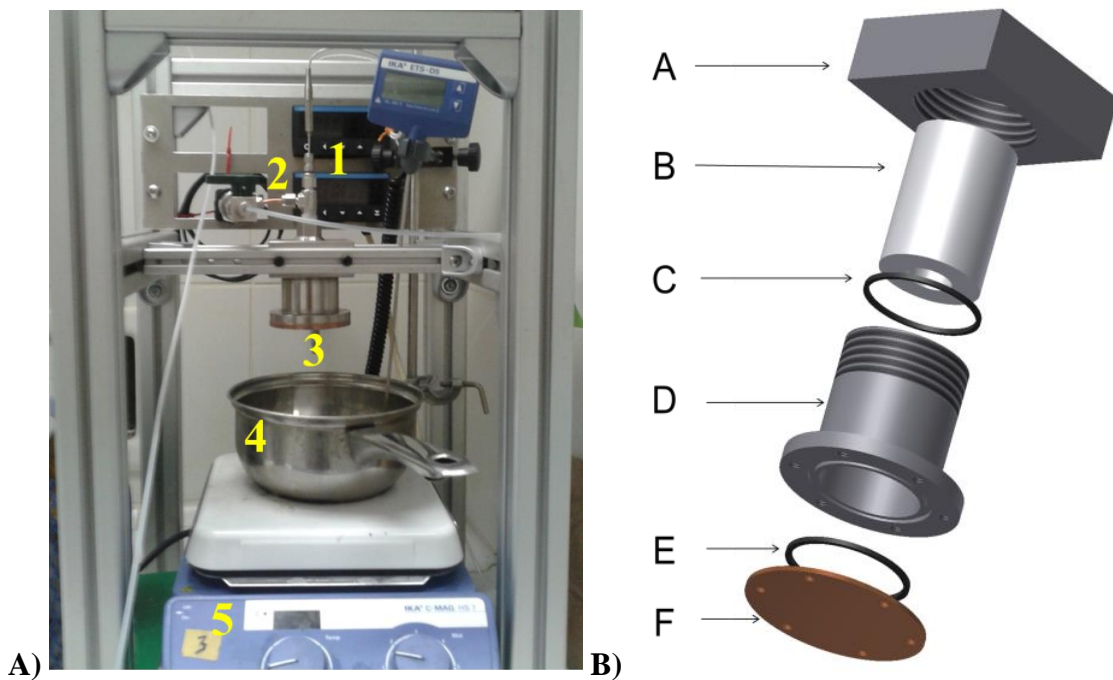
Ocelová nádoba (**Obr. 1B**) se skládá z hlavy připevněné ke konstrukci, dutého ocelového válce, dobře tepelně vodivé kovové podstavy, která slouží k usměrnění tepelného toku jedním směrem, a fakultativního vyjímatelného teflonového válce k dodatečnému usměrnění tepelného toku. Pro utěsnění nádoby byly použity vitonové o-kroužky. Ocelový válec má pět plně utěsnitelných otvorů pro vložení až pěti teplotních čidel (**Obr. 2**). Tato modifikace umožňuje studovat časový vývoj teplot na různých místech v polymerním roztoku během ochlazování a fázové separace, a tím nepřímo určit časový vývoj morfologie pěn v objemu v závislosti na teplotě.

Obecný postup přípravy pěn metodou tepelně indukované fázové separace je následující:

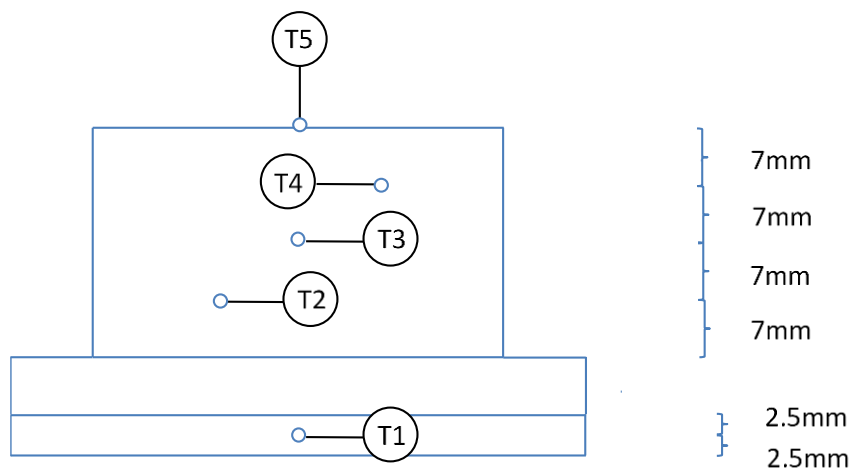
- 1) Připravíme si homogenní roztok polymer-rozpouštědlo.
- 2) Roztok přelejeme do ocelové nádoby (k předeřívání cely využijeme magnetickou míchačku a nádobu s vodou či olejem).
- 3) Po ustálení teplot celu prudce zchladíme pomocí chladicího média (např. ethanol se suchým ledem) na požadovanou teplotu.
- 4) Po snížení teploty pod bod tuhnutí a ztuhnutí roztoku zapneme vakuovou vývěvu a odstraníme rozpouštědlo lyofilizací.

5) Po ustálení tlaku vypneme vývěvu a vyjmeme pěnu.

Volba teplot se liší dle volby systému polymer-rozpouštědlo. Maximální teplota ohřevu je dána maximální teplotou magnetické míchačky. Minimální teplota chlazení je dána volbou chladicího média, kterým může být jak suchý led, tak kapalný dusík.



**Obr. 1:** A) Fotografie aparatury pro vypěňování polymerů metodou indukované fázové separace. Základní součásti jsou: 1 – zobrazovače teplot a tlaku, 2 – teplotní a tlakové čidlo, 3 – cela, 4 – nádoba na chladicí médium, 5 – magnetická míchačka. B) Detail aparatury pro vypěňování polymerů metodou tepelně indukované fázové separace. Základní součásti jsou: (A) ocelová hlava, (B) teflonový válec, (C) a (E) o-kroužek, (D) ocelová cela, (F) podstava z dobře tepelně vodivého kovu.



**Obr. 2:** Schéma ocelové cely se zobrazením rozmístění otvorů pro umístění až pěti teplotních čidel (T).