

Анализ на параметрите на различни флуиди, приложими като топлоносители в термосифони

Димитър Киров, Таер Мунис

An analysis of the parameters of various fluids used as heat transfer mediums in thermosiphons: An examination of the behavior of various fluids in two-phase physical state of matter used as a heat transfer medium in low temperature thermosiphons has been performed. Their main computational parameters in tabular sheet and graphical form have been attached.

Keywords: Thermosiphon, Heat transfer medium.

ВЪВЕДЕНИЕ

След Третата международна конференция за топлинни тръби в Palo Alto, California през 1978 год., окончателно се утвърди понятието **термосифон** като „гравитационна топлинна тръба”. След 2000 год. в целия свят се работи върху изследването и приложението на термосифоните във всички области, видове, параметри и разновидности Термосифоните в нискотемпературната зона са особено чувствителни към вида на вътрешния топлоносител.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изборът на подходящ работен флуид зависи от зададения работен температурен интервал на парната фаза. Анализът на различните работни флуиди разгледани в таблица 1. показва, че в приблизителен температурен интервал могат да попаднат няколко работни флуида. Изборът на най-подходящия от тях, за поставената задача, се постига след задълбочен анализ на техните свойства.

Важни изисквания към работния флуид:

- Съвместимост с материалите на корпуса;
- Добра термоустойчивост;
- Възможност да омекря достатъчно материалите на корпуса;
- Да има достатъчна топлина на фазово превръщане;
- Висок коефициент на топлопроводност;
- Ниска стойност на вискозитета на течната и парна фаза.

Използването на работния флуид зависи и от термодинамичните свойства свързани с различните ограничения на топлинния поток в тръбата, който се появява в следствие на вискозни сили, капилярни сили, устойчивост на междофазовата граница и критичен топлинен поток при мехуресто кипене.

Работната температура на органичните течности е необходимо да бъде под определената критична стойност на разпад, за да може да функционира термосифона. Затова е необходима добра термоустойчивост на работните флуиди в предпологаемия работен температурен интервал.

Ефективността на термосифона зависи също така и от налягането на парите в работния температурен диапазон. От една страна налягането трябва да бъде достатъчно голямо, за да се избегне висока скорост на парния поток, което би довело до по-висок температурен градиент и би влошило циркулацията в тръбата. От друга страна при много високо налягане на парата би се наложило удебеляване на стената на корпуса, което утежнява конструкцията.

Изискването към работния флуид е да има голяма топлина на фазово превръщане, за да може да се пренася по-голямо количество топлина с по-малък поток флуид. Така се подобрява ефективността на тръбата. За намаляване на радиалния температурен градиент е необходимо топлопроводността на работния флуид да е по-висока. Ниската стойност на вискозитета на флуида за течната и парната фаза би свело до минимум хидравличното съпротивление на потоците.

Таблица 1. Работни флуиди за термосифони

Флуид	Температура на топене, (°C)	Температура на кипене при атмосферно налягане, (°C)	Работен диапазон, (°C)
Хелий	-272	-269	-271/-269
Азот	-210	-196	-203/160
Амоняк	-78	-33	-60/100
Фреон 11	-111	24	-40/120
Пентан	-130	28	-20/120
Фреон 113	-35	48	-10/100
Ацетон	-95	57	0/120
Метанол	-98	64	10/130
Флутек PP2	-50	76	10/160
Етанол	-112	78	0/130
Хептан	-90	98	0/150
Вода	0	100	30/200
Тулол	-95	110	50/200
Флутек PP9	-70	160	0/225
Термекс	12	257	150/395
Живак	-39	361	250/650
Цезий	29	670	450/900
Калий	62	774	500/1000
Натрий	98	892	600/1200
Литий	179	1340	1000/1800
Сребро	960	2212	1800/2300

Критерият за качество, подходящ за избор и сравнение на работните флуиди се дефинира като:

$$F = Gl \cdot Ql \cdot pl / \mu l, \quad (1)$$

където:

Gl - повърхностно напрежение на избрания флуид;

Ql - топлина на изпарение;

pl - плътност на течността;

μl - вискозитет на течността.

Максималната стойност на F определя най-добрия флуид-топлоносител за термосифона.

Други важни критерии за избор на флуид са:

- Цена;
- Достъпност;
- Съвместимост с другите използвани материали.

След обстойно направени индивидуални анализи се взема най-подходящото решение за ефективността на топлинната тръба, което решение е съобразено с конкретните параметри. За осъществяването на поставената задача по-подходящо може да се окаже използването на термосифон с по-ниски характеристики, но по-евтин за реализация.

Употребата на работен флуид зависи и от температурния интервал, в режима на който ще работи тръбата. При нискотемпературните сифони за предпочитане са

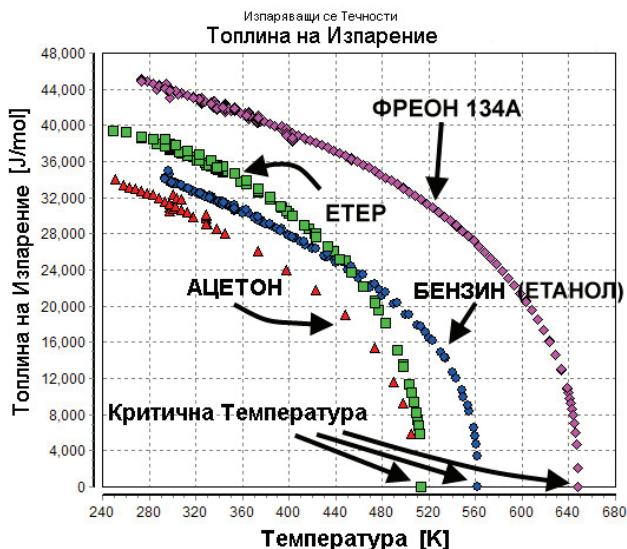
амоняк, ацетон и алкохолите, но те имат и по-ниско налягане на парите. При средни температури 500K ± 650K могат да се използват високотемпературни органични топлоносители – *термек, деутерм, силиконови течности*. Макар те да имат ниски стойности на повърхностно налягане и топлина на изпарение, предимството им е, че се характеризират с точка, а не с област на кипене. При високи температури се използват течни метали като *живакът* например, който има подходящи термодинамични свойства. Неудобството при него е токсичността и проблеми при омекването на стената на корпуса. В зоната на по-високите температури подходящи работни флуиди са *цезий, калий и натрий*, но за температури над 1400 K, най-предпочитани са *лития и среброто*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За конкретния случай на достъпни термосифони, използвани за отопление (лъчисто, подово, радиаторно и др.) изискванията за топлоносител в тръбата могат да се обобщат до следното:

- * работният флуид трябва да има приемлива стойност на повърхностно налягане и висок коефициент на топлопроводност;
- * топлината (температурата) на фазово превръщане да отговаря на технологичното предназначение на процеса - в случая подово (или радиаторно) отопление;
- * работният флуид трябва да бъде екологичен, достъпен и с ниска цена.

При тези ограничителни условия влизаме в таблица 1. и виждаме, че е целесъобразно да изберем следните *алтернативни работни флуиди* – виж графиката на фиг. 1.



Фиг.1 Алтернативни работни флуиди за нискотемпературни термосифони

- А. Етанол 95% - температура на изпарение 78°C. Диапазон на функциониране 0°C ± 130°C.
- Б. Ацетон - температура на изпарение 57°C. Диапазон на функциониране 0°C ± 120°C.

- В. Диетилов етер - температура на изпарение 34°C. Диапазон на функциониране 0°C ÷ 120°C.
- Г. Фреон 134А - температура на изпарение 20°C. Диапазон на функциониране 0°C ÷ 130°C.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дан П. Д., Д. А. Рей. Топлинни тръби. Изд. „Техника“, София, 1987.
- [2] Пиоро П. С., И. П. Пиоро. Двухфазные термосифоны и их применение в промышленности. Изд. „Наукова думка“, Киев, 1988.
- [3] Илиев И. Методи и средства за ефективно оползотворяване на отпадъчна топлина от нископотенциални парогазови потоци. ИК при Русенски Университет, 2013.
- [4] Киров Д., Т. Мунис. Конструирание и изработване на експериментален стенд за изследване на топлинни тръби. XIX НК на ЕМФ – ТУ – София, 2014.
- [5] Fagri Amir. Heat Pipes. Review, opportunities and challenges”, Department of Mechanical Engineering, University of Connecticut, Storrs, CT 06269, U.S.A, 2014, published in Frontiers in Heat Pipes (FHP), 5, 1 (2014).

За контакти:

Проф. д-р инж. Димитър Георгиев Киров, Технически Университет – София;
тел.: 02/955 99 58; e-mail: kirov@ecotop.bg

Инж. Таер Абдулахед Мунис, Технически Университет – София; тел.: 0898 358 667; e-mail: thaer692004@yahoo.com

Докладът е рецензиран.