

ANALIZA FUNCționalĂ A SCHIMBĂTORULUI DE CĂLDURĂ CU MANTA SI SERPENTINĂ

Cristi GRINIUC, Diador DOGOTARI, Maria BOȚA

Departamentul Inginerie Mecanică, gr.IM – 191, Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, republica Moldova

*Autorul corespondent: Marin Guțu, e-mail: marin.gutu@pmai.utm.md

Rezumat. În această lucrare sunt prezentate rezultatele efectuării analizei și simulării unor regimuri de funcționare ale aparatului de schimb de căldură cu manta și serpentina. A fost efectuat un set de experimente a schimbului de căldură la regimuri diferite. A fost încălzit un volum de lichid cu transfer de căldură prin manta apoi prin serpentina imersată direct în rezervorul aparatului. Parametru de interes urmărit este timpul de atingere a regimului staționar. În baza rezultatelor obținute a fost formulă o concluzie.

Cuvinte cheie: Schimbător de căldură cu manta, serpentina, agitator, regim staționar.

Introducere

Un schimbător de căldură este un echipament de transfer termic, care transmite căldura de la un mediu la altul. Transmiterea căldurii între cele două medii se poate face printr-un perete solid, care le separă, sau se poate face prin amestecarea mediilor. În multe procese de inginerie, mai multe operațiuni de bază sunt combinate. De exemplu, într-un rezervor are loc o reacție chimică în timpul căreia trebuie furnizată sau îndepărtată căldură. Astfel de rezervoare sunt echipate cu manta sau tub spiralat. În funcție de proces, mediul din manta sau din tubul spiralat este utilizat pentru încălzirea sau răcirea conținutului rezervorului. Pentru o mai bună amestecare a conținutului rezervorului și o distribuție uniformă a temperaturii se folosesc mașini de agitare. Temperatura produsului la o distribuție uniformă a temperaturii este reglabilă cu precizie [1].

Aspecte constructive și funcționale ale aparatelor de schimb de căldură

Schimbătoarele de căldură imersate (Fig.1,(a)) reprezintă serpentina 2 plasată în vasul 1 cu purtătorul de căldură lichid I [2]. Un alt purtător de căldură II se deplasează în interiorul serpentinei. Viteza de mișcare a lichidului de răcire I în vasul aparatului este scăzută datorită ariei mari a secțiunii transversale a aparatului, ceea ce determină valori scăzute ale coeficientului de transfer de căldură între suprafața exterioară a serpentinei și purtător de căldură I. Uneori, pentru a crește coeficientul de transfer de căldură, viteza de circulație a lichidului de răcire în aparat este crescută prin instalarea unei cupe de ghidare 3, care fluidizează lichidul de răcire de mișcare, forțându-l să curgă în jurul serpentinei într-o direcție. În acest caz, lichidul se mișcă fie datorită convecției naturale, fie forțat sub acțiunea unui agitator 4.

Aparat de schimb de căldură cu rezervor cu serpentina exterioară:

Aparatele cu serpentina exterioară sunt destul de utilizate în tehnologia chimică (Fig. 1,(b)). Bobinele sunt sudate pe pereții aparatelor din exterior, sunt confecționați din semicilindri sau oțel unghiular. Dacă este necesar să se asigure o presiune mare a lichidului de răcire în bobină (de exemplu, apă supraîncălzită la 25 MPa), atunci serpentina este făcută din țevi, sudându-le pe corpul aparatului cu o cusătură multistrat.

Avantaj: Ușurință de fabricație și cost redus; accesibilitatea suprafețelor pentru curățare; posibilitatea de a utiliza lichid de răcire de înaltă presiune în interiorul serpentinei ; Coeficient ridicat de transfer de căldură în interiorul serpentinei datorită vitezei mari a agentului din conducta serpentinei .

Dezavantaje: Ușurință de fabricație și cost redus; accesibilitatea suprafețelor pentru curățare; posibilitatea de a utiliza lichid de răcire de înaltă presiune în interiorul serpentinei; coeficient ridicat de transfer de căldură în interiorul serpentinei datorită vitezei mari a agentului din conducta serpentinei.

Aparat de schimb de căldură cu rezervor cu manta:

Schimbătoarele de căldură cu manta sunt folosite în industria chimică pentru implementarea hardware a reacțiilor chimice care necesită un anumit regim de temperatură. De obicei, acestea lucrează la presiune mare și se numesc autoclave, nitratoare, polimerizatoare etc. Figura 1,(c) prezintă un aparat cu o manta de încălzire. Agentul de încălzire este aburul. Aburul este introdus în partea de sus a cămășii. Mantaua poate fi detașabilă, fixată pe flanșe cu o garnitură sau fixă, sudată. În acest din urmă caz, prevenirea și repararea unui astfel de aparat este dificilă.

Avantaje: Acces facil la camera interioară a mașinii pentru curățare; simplitate la asamblare.

Dezavantaje: Suprafață de schimb de căldură relativ mică - până la 15 m²; gama relativ scăzută de presiuni de operare în jachetă - până la 1 MPa, deoarece este dificil să-i asigure rezistența la presiuni mari; coeficient scăzut de transfer termic pe interiorul carcasi.

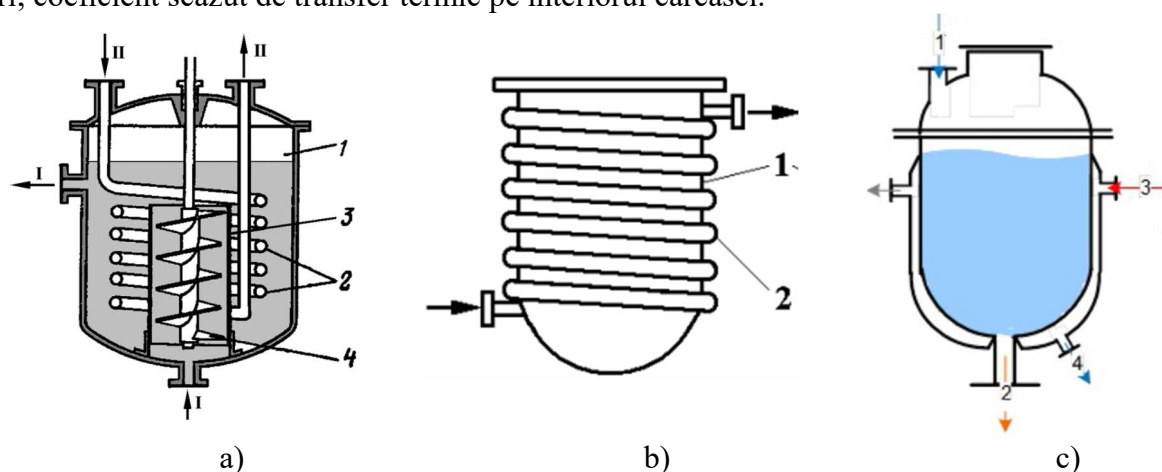


Figura 1. Aparate de schimb de căldură cu rezervor:

- a) cu serpentina de imersie: 1-vas al aparatului; 2 - serpentina; 3 - sticla; 4 - mixer; I, II - purtători de căldură;
 b) cu agitator cu serpentina exterioră: 1- carcasa; 2- serpentina;
 c) cu schimbător de căldură cu manta: 1- lichid rece; 2- lichid fierbinte; 3- aburi; 4- condensat; 5- aer.

Principiul de funcționare al aparatului de laborator

Rezervorul agitat cu manta este prevăzut cu un tub spiralat. În „modul de încălzire cu manta” apa caldă curge prin manta și transferă o parte din energia termică în apa rece din rezervor. În „modul de încălzire cu tub spiralat” apa caldă curge prin baterie și încălzește apa rece din rezervor. O mașină de agitare poate fi utilizată în toate modurile. În timpul experimentelor, funcțiile de timp sunt reprezentate grafic [3].

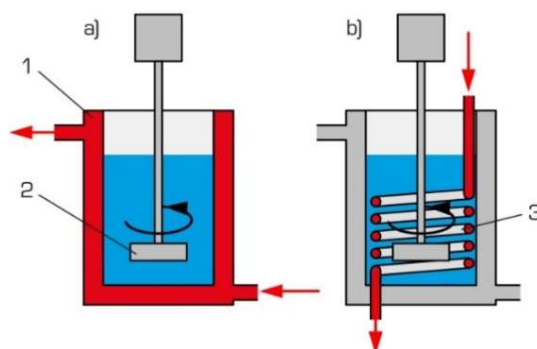


Figura 2. Funcționarea rezervorului cu manta și serpentina:

- a) încălzire cu manta: 1 manta, 2 agitator;
 b) încălzire cu tub spiralat: 3 tub spiralat; roșu: apă caldă, albastru: apă rece.

Elaborări experimentale

În multe aplicații de inginerie de procese, mai multe operații de bază sunt combinate, de exemplu, un fluid este încălzit de un alt fluid în timp ce este agitat, având o reacție chimică în același timp. Astfel de procese au loc frecvent în rezervoare.

În funcție de perspectiva specifică, rezervoarele corespunzătoare pot avea diverse denumiri, inclusiv vase de agitare, reactoare chimice sau rezervoare de reacție încălzite. Procesul poate fi în general efectuat în loturi sau continuu. În aparat schimbul de căldură poate avea loc prin peretele rezervorului. Pentru a permite acest lucru, rezervorul are o jachetă dublă, iar mantaua exterioară este izolată. Ca alternativă la peretele dublu, o bobină de încălzire internă poate fi utilizată pentru a transfera căldura. Agitatorul instalat îmbunătățește transferul de căldură.

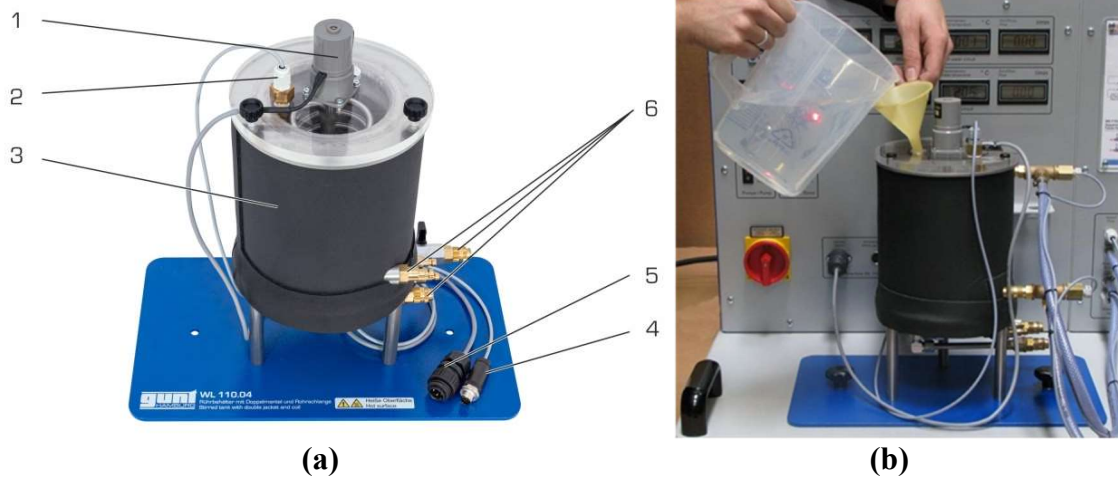


Figura 3. Construcția agitatorului (a) și umplerea rezervorului cu lichid (b)
 a) 1- mașină de agitare, 2- senzori de temperatură, 3- rezervor agitat, 4- conexiune senzor de temperatură, 5- conexiune mașină de agitare, 6- manta de conectare la apă, rezervor agitat, conexiune de apă cu tub spiralat.

Debitul apei calde V_h (culoare roșie figura 5) fluctuează în jurul valorii de 2,1 l/min. Înainte de a adăuga apa rece, temperaturile T1 (alimentare cu apă caldă, culoare verde) și T3 (revenirea apei calde, culoare azurie) sunt în jur de 51°C. La adăugarea apei reci, temperatura de revenire a apei calde T3 scade deoarece peretele cald al jachetei de încălzire dă rapid căldură apei reci. Temperatura T5 (culoare albastră) a apei din rezervor este ușor peste 18°C direct după adăugarea apei la 10:02. Inițial, conținutul rezervorului este încălzit rapid datorită diferenței mari de temperatură.

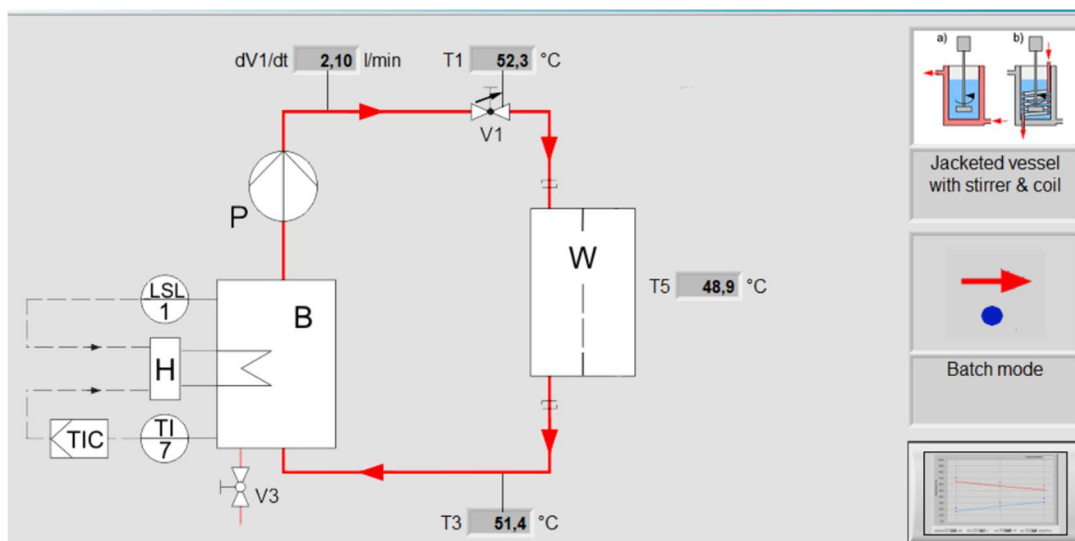


Figura 4. Schema principiului de funcționare cu manta al agitatorului

Pe măsură ce diferența de temperatură între apa caldă și conținutul rezervorului este redusă, temperatura T5 crește tot mai lent. În cele din urmă se apropie de temperatura apei calde asimptotic. Diferența de temperatură dintre alimentarea cu apă caldă și retur se reduce pe măsură ce transmisia de căldură scade. Încălzirea conținutului rezervorului de la 18°C la 48°C durează în jur de 15 min.

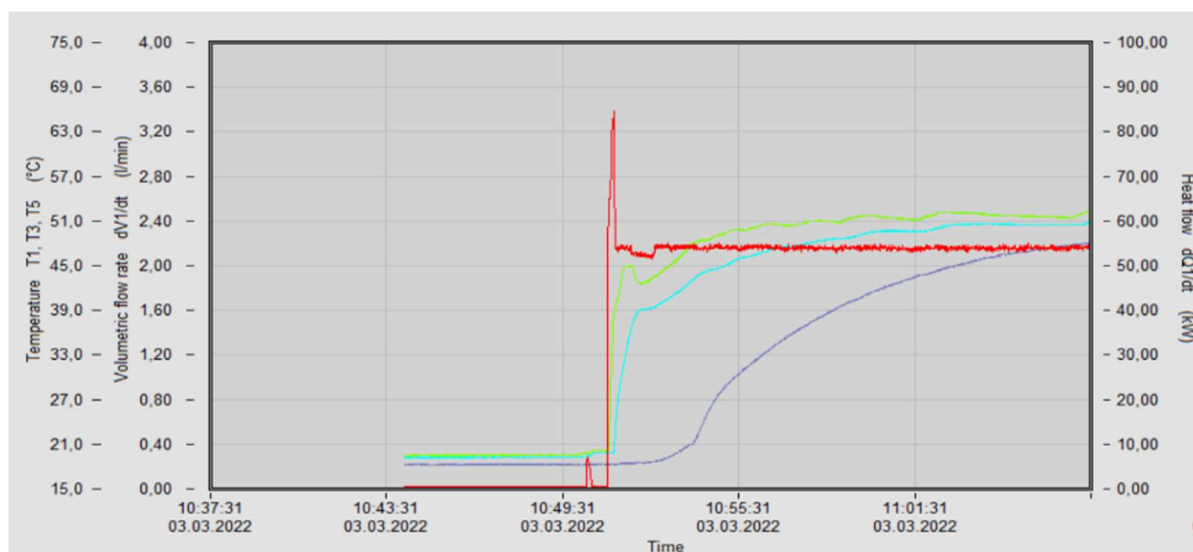


Figura 5. Diagrama fluxul termic și de stabilire a regimului staționar

Concluzie

Încălzirea conținutului rezervorului de la 18 °C la 48 °C durează în jur de 15 min pentru schimbul de căldura prin ambele circuite (manta și serpentină). Acest lucru se datorează funcționării agitatorului în ambele cazuri. Însă durata transferului de căldură fără operarea agitatorului este mai mare în ambele cazuri în special la circuitul prin manta de 1,5 ori.

Experimente similare pot fi utilizate pentru a simula procese reale la scară mică, pentru a obține informații despre proiectarea schimbătoarelor de căldură mari.

Referințe

1. Е. А. Дмитриев, Е. П. Моргунова, Р.Б. Комляшев, Теплообменные аппараты химических производств. Москва, 2013.
2. Поверхностные теплообменники. [online] [accesat 25.02.2022] <https://teploobmenniki.pro/teploobmenniki/>
3. WL 110.04 Stirred tank with double jacket and coil, [online] [accesat 27.02.2022] <https://www.gunt.de/en/products/2e-energy>.