

N° d'ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Témouchent

Institut de Technologie

Laboratoire des Structures Intelligentes



THESE

Présentée pour l'obtention du **diplôme de DOCTORAT 3^{eme} Cycle**

Domaine : Science et technologie

Filière : Genié mécanique

Spécialité : énergétique

Par : Elmeriah Abderrahmane

Sujet

Etude thermo hydraulique d'un écoulement à moyenne température

Soutenue publiquement, le / / , devant le jury composé de :

Nom & Prénom(s)	Grade	Qualité	Etablissement de rattachement
M. ZIADI Abdelkader	Pr	Président	C.U.A.T Belhadj Bouchaib
M. ADJLOUT Lhouari	Pr	Examineur	U.S.T.O Mohamed Boudiaf
M. IMINE Bachir	Pr	Examineur	U.S.T.O Mohamed Boudiaf
Mme. BENZAAD Bourassia	Dr	Examineur	C.U.A.T Belhadj Bouchaib
M. NEHARI Driss	Pr	Directeur de thèse	C.U.A.T Belhadj Bouchaib
M. HAMMADI Larbi	Dr	Co-Directeur	U.S.T.O Mohamed Boudiaf

NB : les membres du jury doivent être classés conformément au P.V d'autorisation de soutenance

Abstract

This work has focused on the thermal energy storage utilization using latent heat transfer mode, different thermo physical characteristics of phase change materials (PCMs) have been discussed by their applications. A heat transfer evaluation of a shell and tube thermal energy storage (TES) unit has been carried out numerically. This devise is filled by organic material (paraffin wax) which is considered as a phase change material (PCM), beside that distilled water plays a role of heat transfer fluid (HTF) that flows inside the tube by constant inlet temperatures at melting and solidification moment of PCM, all the system storage is thermally isolated with the external environment. The enthalpy formulation is used to analyze the heat transfer inside 2D planar physical model during phase change process. As a result, a good agreement is found compared to the experimental results of the literature. First, the effect of geometrical parameters (tube length and shell diameter) and Reynolds number on the charging and discharging time in terms of HTF outlet temperature are investigated. The obtained results reveal that the tube length and the shell diameter are among the most influential geometrical parameters on the melting and solidification time, similarly the Reynolds number has too much effect to speed up the charging cycle. Moreover, an improved thermal storage unit is proposed which contains two phase change materials (PCMs), separated longitudinally inward the shell space and have a close melting point and different thermal characteristics. This configuration is more stable and speeds up the charging and discharging processes compared to the first unit. In addition to that, several unit positions were examined to interpret physically the thermal demeanor of the fusion process in terms of; heat transfer modes estimation, PCM melting rate, axial and radial temperatures distribution. The obtained results clarify that the TES unit inclination according to the range angles $[0-90^\circ]$ makes an imbalance of the natural convection in the PCM liquid fraction which contributes to create an instability and diminution of the heat transfer during the melting process. Moreover, the vertical unit state was the favorite position to the heat transfer recirculation inward the PCM.

المُلخَص

هذا العمل ركز على استخدام تخزين الطاقة الحرارية باستخدام أسلوب نقل الحرارة الكامن ، وقد تمت مناقشة الخصائص الفيزيائية الحرارية المختلفة لمواد متغيرة الطور (PCMs) من خلال تطبيقاتها. تم إجراء تقييم نقل الحرارة لوحدة تخزين الطاقة الحرارية (TES) للغلاف والأنبوب عددًا. يتم ملء هذا المستحضر بواسطة المواد العضوية (شمع البارافين) الذي يعتبر مادة متغيرة الطور (PCM) ، بجانب أن الماء المقطر يلعب دورًا لسائل نقل الحرارة (HTF) الذي يتدفق داخل الأنبوب عن طريق مختلف درجات حرارة الدخول الثابتة عند عملية الذوبان والتصلب PCM، يتم عزل نظام التخزين حراريا مع البيئة الخارجية. تستخدم صيغة المحتوى الحراري لتحليل انتقال الحرارة داخل النموذج المادي المستوي ثنائي الأبعاد أثناء عملية تغيير الطور. ونتيجة لذلك ، تم العثور على اتفاق جيد مقارنة مع النتائج التجريبية للأدب. أولاً ، تم دراسة تأثير المعلمات الهندسية (طول الأنبوب وقطر الغلاف) ورقم رينولدز على زمن الشحن والتفريغ بدلالة حيث درجة حرارة مخرج HTF. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن طول الأنبوب وقطر الغلاف هما من بين أكثر المعلمات الهندسية تأثيرًا على زمن الذوبان والتصلب ، وبالمثل فإن رقم رينولدز له تأثير كبير جدًا على تسريع دورة الشحن. علاوة على ذلك ، تم اقتراح وحدة تخزين حرارية محسنة تحتوي على مادتين متغيرتا الطور (PCMs) ، مفصولان طولياً عن منطقة الصدفة ولها نقطة انصهار قريبة وخصائص حرارية مختلفة. هذا التكوين أكثر استقرارًا ويسرع عمليات الشحن والتفريغ مقارنةً بالوحدة الأولى. بالإضافة إلى ذلك ، تم فحص العديد من مواقع الوحدات لتفسير السلوك الحراري لعملية الاندماج من حيث: تقدير معدلات نقل الحرارة ، معدل انصهار PCM ، توزيع درجات الحرارة المحورية والشعاعية. توضح النتائج التي تم الحصول عليها أن ميل وحدة TES وفقاً لزوايا النطاق [0-90°] يؤدي إلى اختلال التوازن في الحمل الحراري الطبيعي في جزء السائل PCM الذي يساهم في خلق عدم استقرار ونقص في نقل الحرارة أثناء عملية الذوبان. علاوة على ذلك ، كانت حالة الوحدة الرأسية هي المكانة المفضلة لإعادة تدوير الحرارة بداخل (PCM)

Resumé

Ce travail a porté sur l'utilisation du stockage de l'énergie thermique en utilisant le mode de transfert par chaleur latente, différentes caractéristiques thermo-physiques des matériaux à changement de phase (PCM) ont été discutées par leurs applications. Une évaluation du transfert

de chaleur d'une unité de stockage d'énergie thermique (TES) à tube et calandre a été réalisée numériquement. Ce dispositif est rempli par une matière organique (paraffine) qui est considérée comme un matériau à changement de phase (PCM), ou l'eau distillée joue un rôle de fluide caloporteur (HTF) qui circule dans le tube par des températures d'admission constantes au moment de fusion et solidification de PCM, tout le stockage du système est isolé thermiquement avec l'environnement externe. La formulation d'enthalpie est utilisée pour analyser le transfert de chaleur à l'intérieur d'un modèle physique planaire 2D pendant le processus de changement de phase. En conséquence, un bon accord est trouvé par rapport aux résultats expérimentaux de la littérature. Tout d'abord, l'effet des paramètres géométriques (longueur du tube et diamètre de la coque) et le nombre de Reynolds sur le temps de charge et de décharge en termes de température de sortie HTF sont étudiés. Les résultats obtenus révèlent que la longueur du tube et le diamètre de la coque sont parmi les paramètres géométriques les plus influents au moment de la fusion et de la solidification, de même que le nombre de Reynolds a trop d'effet pour accélérer le cycle de charge. De plus, il est proposé une unité de stockage thermique améliorée qui contient deux matériaux à changement de phase (PCM), séparés longitudinalement vers l'intérieur de l'espace de la coquille et ayant un point de fusion proche et des caractéristiques thermiques différentes. Cette configuration est plus stable et accélère les processus de charge et de décharge par rapport à la première unité. En plus de cela, plusieurs positions unitaires ont été examinées pour interpréter physiquement le comportement thermique du processus de fusion en termes de; estimation des modes de transfert de chaleur, taux de fusion du PCM, distribution des températures axiale et radiale. Les résultats obtenus clarifient que l'inclinaison de l'unité TES selon les angles de plage [0-90°] crée un déséquilibre de la convection naturelle dans la fraction liquide PCM qui contribue à créer une instabilité et une diminution du transfert de chaleur pendant le processus de fusion. De plus, l'état de l'unité verticale était la position favorite pour la recirculation du transfert de chaleur vers l'intérieur du PCM.