



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
27.06.2018 Bulletin 2018/26

(51) Int Cl.:
F24C 7/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17205288.8**

(22) Date de dépôt: **04.12.2017**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **HEMMER, Cédric**
75018 PARIS (FR)
• **MORARD, Jean-Louis**
75018 PARIS (FR)
• **LEBLANC, Alexandre**
75018 PARIS (FR)

(30) Priorité: **02.12.2016 FR 1661853**

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **MULLER ET CIE**
75018 Paris (FR)

(54) **PROCÉDÉ DE CONCEPTION D'UN APPAREIL DE CHAUFFAGE RAYONNANT ET APPAREIL DE CHAUFFAGE ASSOCIÉ**

(57) L'invention se rapporte à un procédé de conception d'un appareil de chauffage (10) comprenant un élément électrique (12) chauffant par rayonnement, ledit élément électrique chauffant comprenant : une façade (14) formée d'un matériau émissif (M) ; et une résistance électrique (22) en contact thermique avec une face arrière (26) de la façade ; l'appareil de chauffage comprenant en outre une alimentation électrique (20) de forme périodique pour la résistance électrique.

Selon le procédé de conception, une pulsation (ω) de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée ; et

- une épaisseur (E) entre la face avant (24) et la face arrière (26) de la façade est choisie supérieure ou égale à une valeur (E_{min}) définie par la formule (1) :

$$(1) \quad E_{min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}} \quad (1)$$

B étant une constante, et C_p , λ et ρ étant respectivement la capacité thermique, la conduction thermique et la masse volumique du matériau émissif de la façade.

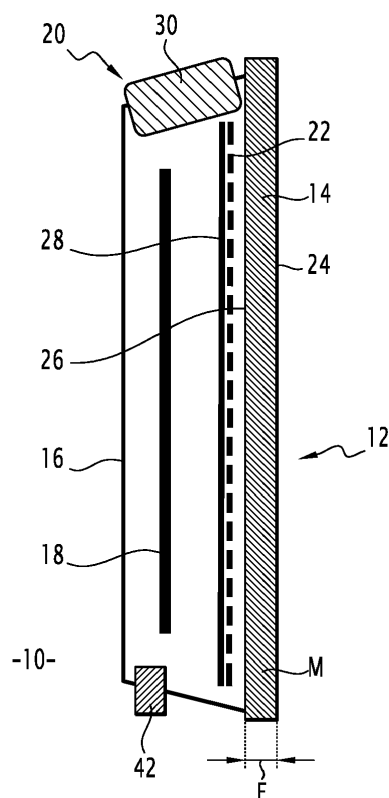


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne un procédé de conception d'un appareil de chauffage comprenant un élément électrique chauffant par rayonnement, ledit élément électrique chauffant comprenant : une façade formée d'un matériau émissif, ledit matériau émissif étant caractérisé par une capacité thermique C_p , une conduction thermique λ et une masse volumique ρ , ladite façade comprenant une face avant apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température dudit matériau émissif ; et une résistance électrique en contact thermique avec une face arrière de la façade ; l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif d'alimentation électrique de la résistance électrique, ladite alimentation électrique de la résistance électrique ayant une forme périodique.

[0002] L'invention concerne particulièrement les appareils de chauffage domestique, ou radiateurs.

[0003] Les appareils électriques de chauffage rayonnants, ou radiants, sont connus de l'état de la technique des appareils de chauffage domestique, notamment des documents FR2701545 et FR2992052.

[0004] De manière classique, la résistance électrique de la façade est alimentée en tension selon un mode tout ou rien, présentant un profil temporel crnelé. La face arrière de la façade subit donc des variations importantes de température en cours de fonctionnement.

[0005] Pour des raisons de confort thermique, il est par ailleurs souhaitable que la face avant de l'appareil présente une température stable dans le temps.

[0006] Afin d'éviter des variations importantes de température sur la face avant, il est possible de diminuer la période du signal électrique, donc d'augmenter sa pulsation. Cependant, une diminution trop importante de la période peut conduire à une détérioration de composants du dispositif d'alimentation électrique.

[0007] Une autre solution consiste à augmenter l'inertie thermique de la façade. Cette méthode conduit toutefois à des façades plus encombrantes, plus chères et présentant une durée plus importante de montée en température.

[0008] La présente invention a pour but de proposer un procédé de conception permettant un dimensionnement optimal d'appareils de chauffage rayonnants.

[0009] A cet effet, la présente invention se rapporte à un procédé de conception du type précité, dans lequel : une pulsation ω de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée ; et une épaisseur E entre la face avant et la face arrière de la façade est choisie supérieure ou égale à une valeur E_{min} définie par la formule (1) :

$$(1) \quad E_{min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}}$$

B étant une constante.

[0010] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la constante B est définie par la formule :

$$B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$$

- le procédé comprend en outre les étapes suivantes : une puissance maximale P_{max} , apte à être fournie à la résistance électrique par le dispositif d'alimentation électrique, est déterminée ; une surface S de la face avant de la façade est déterminée ; un écart de température ΔT de la face avant de la façade est déterminé ; une durée maximale t de montée en température de la façade, selon ledit écart de température ΔT , est déterminée ; et l'épaisseur E de la façade est choisie inférieure ou égale à une valeur E_{max} définie par la formule (2) :

$$(2) \quad E_{max} = \frac{P_{max} \cdot t}{S \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

[0011] Préférentiellement, t est comprise entre 45 mn et 75 mn et plus préférentiellement égale à 1 heure ; et ΔT est compris entre 50 °C et 80 °C et plus préférentiellement égal à 70 °C.

[0012] L'invention se rapporte en outre à un procédé de conception d'un appareil de chauffage comprenant un élément électrique chauffant par rayonnement, ledit élément électrique chauffant comprenant : une façade formée d'un matériau émissif, ladite façade comprenant une face avant apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmen-

tation de température dudit matériau émissif ; et une résistance électrique en contact thermique avec une face arrière de la façade ; l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif d'alimentation électrique de la résistance électrique, ladite alimentation électrique de la résistance électrique ayant une forme périodique. Selon ledit procédé, une pluralité de matériaux émissifs M_i est présélectionnée ; et une capacité thermique C_p , une conduction thermique λ et une masse volumique ρ sont déterminées pour chacun desdits matériaux émissifs ; une pulsation ω de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée ; une puissance maximale P_{max} , apte à être fournie à la résistance électrique par le dispositif d'alimentation électrique, est déterminée ; une surface maximale S_{max} de la face avant de la façade est déterminée ; un écart de température ΔT de la face avant de la façade est déterminé ; une durée maximale t de montée en température de la façade, selon ledit écart de température ΔT , est déterminée ; et le matériau émissif de la façade est choisi parmi les matériaux émissifs présélectionnés M_i correspondant à l'inéquation (3) :

$$(3) \quad B \sqrt{\frac{\lambda}{\omega}} \leq \frac{P_{max} \cdot t}{S_{max} \cdot \Delta T \cdot \sqrt{\rho \cdot C_p}}$$

B étant une constante préférentiellement telle que : $B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$

[0013] Préférentiellement, t est comprise entre 45 mn et 75 mn et plus préférentiellement égale à 1 heure ; et ΔT est compris entre 50 °C et 80 °C et plus préférentiellement égal à 70 °C.

[0014] L'invention se rapporte en outre à un appareil de chauffage comprenant un premier élément électrique chauffant par rayonnement, ledit premier élément électrique chauffant comprenant : une façade formée d'un matériau émissif, ledit matériau émissif étant caractérisé par une capacité thermique C_p , une conduction thermique λ et une masse volumique p , ladite façade comprenant une face avant apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température dudit matériau émissif, ladite façade étant caractérisée par une épaisseur entre la face avant et une face arrière ; et une résistance électrique en contact thermique avec la face arrière de la façade ; l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif d'alimentation électrique de la résistance électrique. Dans ledit appareil de chauffage, l'alimentation électrique de la résistance électrique a une forme périodique de pulsation ω ; et l'épaisseur de la façade est supérieure ou égale à une valeur E_{min} définie par la formule (1) :

$$(1) \quad E_{min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}}$$

telle que : $B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$

[0015] Un tel appareil de chauffage est susceptible d'être issu d'un procédé de conception tel que décrit ci-dessus.

[0016] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, l'appareil de chauffage comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le dispositif d'alimentation électrique est apte à fournir une puissance maximale P_{max} à la résistance électrique ; la face avant de la façade présente une surface S ; et l'épaisseur de la façade est inférieure ou égale à une valeur E_{max} définie par la formule (2) :

$$(2) \quad E_{max} = \frac{P_{max} \cdot t}{S \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

t étant une durée comprise entre 45 mn et 75 mn et préférentiellement égale à 1 heure ; et ΔT étant un écart de température compris entre 50 °C et 80 °C et préférentiellement égal à 70 °C ;

- la résistance électrique est choisie entre une résistance sérigraphiée sur un film plastique, ledit film plastique étant collé à la face arrière de la façade ; et un câble chauffant plaqué sur la face arrière de la façade ;
- l'appareil de chauffage comprend en outre un deuxième élément électrique chauffant par convection, ledit deuxième élément électrique chauffant étant situé derrière la résistance électrique.

[0017] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique, en coupe, d'un appareil de chauffage selon un mode de réalisation de l'invention ;
et
- la figure 2 est une vue schématique d'un dispositif de régulation de l'appareil de la figure 1.

[0018] La figure 1 représente schématiquement, en coupe, un appareil 10 de chauffage selon un mode de réalisation de l'invention. De préférence, l'appareil 10 est un appareil de chauffage domestique, ou radiateur.

[0019] L'appareil 10 comprend un élément électrique chauffant principal 12 et notamment une façade 14 de l'appareil 10. L'appareil 10 comprend en outre une carrosserie arrière 16, qui définit une enveloppe de l'appareil 10 avec la façade 14.

[0020] Dans le mode de réalisation de la figure 1, l'appareil 10 comprend en outre un élément électrique chauffant secondaire 18.

[0021] L'appareil 10 comprend également un dispositif électronique 20 de régulation de l'alimentation électrique des éléments chauffants 12, 18.

[0022] L'élément chauffant principal 12 comporte la façade 14 et une résistance électrique 22. La façade 14 est formée d'un bloc sensiblement homogène de matériau M. Ledit matériau M est émissif, c'est-à-dire apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température. De nombreux matériaux émissifs sont utilisés pour la fabrication d'appareils de chauffage, par exemple des matériaux de type verre, pierre ou métal.

[0023] Dans le mode de réalisation de la figure 1, la façade 14 a une forme sensiblement plane. Selon des variantes, la façade 14 a une forme recourbée ou à facettes.

[0024] La façade 14 comprend : une face avant 24, orientée vers l'extérieur de l'appareil 10 et apte à émettre le rayonnement infrarouge ; et une face arrière 26, orientée vers l'intérieur de l'appareil. Dans le mode de réalisation de la figure 1, les faces avant 24 et arrière 26 sont sensiblement planes. Une épaisseur E de la façade 14, soit une distance entre les faces avant 24 et arrière 26, est de préférence sensiblement homogène sur l'ensemble de la façade 14.

[0025] La résistance électrique 22 est en contact thermique avec la face arrière 26 de la façade 14, de sorte à permettre une montée en température de ladite façade. Dans le mode de réalisation de la figure 1, la résistance électrique 22 est sérigraphiée sur un film plastique 28, ledit film plastique étant collé sur la face arrière 26 de la façade. Selon une variante de réalisation non représentée, la résistance électrique est formée par un câble chauffant plaqué sur la face arrière 26 de la façade.

[0026] L'élément chauffant secondaire 18 est disposé à l'intérieur de l'appareil 10, soit entre la façade 14 et la carrosserie arrière 16. De préférence, l'élément chauffant secondaire 18 est un élément de chauffage par convection. L'élément chauffant secondaire 18 comporte par exemple une résistance électrique noyée dans un corps de chauffe en fonte, en céramique ou en aluminium. Des ouvertures (non représentées) dans la carrosserie arrière 16 permettent une circulation d'air sensiblement verticale autour dudit corps de chauffe.

[0027] Le dispositif électronique de régulation 20 est représenté schématiquement à la figure 2. Le dispositif électronique de régulation 20 comporte notamment un boîtier de commande 30, situé en partie supérieure de l'appareil 10. Le boîtier de commande 30 comporte par exemple un microprocesseur 32, une mémoire de programme 34 et au moins un bus de communication 36. Le boîtier de commande 30 comporte également un thermostat 38 permettant de régler une température de consigne de l'appareil 10.

[0028] Par une interface 40, le boîtier de commande 30 est relié à la résistance électrique 22 de l'élément chauffant principal 12, ainsi qu'à la résistance électrique de l'élément chauffant secondaire 18.

[0029] Le dispositif électronique de régulation 20 comporte également une sonde de température 42, située en partie inférieure de l'appareil 10 et reliée au boîtier de commande 30. La sonde 42 permet de mesurer une température ambiante.

[0030] Le dispositif électronique de régulation 20 est apte à alimenter électriquement les résistances électriques des éléments chauffants 12, 18. Plus précisément, la mémoire de programme renferme un programme 44 de régulation de l'alimentation électrique desdites résistances, en fonction de la température ambiante mesurée par la sonde 42 et de la température de consigne réglée au niveau du thermostat 36.

[0031] De préférence, au niveau du programme 44, l'élément chauffant principal 12 est prioritaire. En d'autres termes, tant que la puissance d'alimentation de la résistance 22 est inférieure à une puissance maximale P_{max} , la résistance de l'élément chauffant secondaire 18 n'est pas alimentée en électricité.

[0032] De préférence, la puissance maximale P_{max} d'alimentation de la résistance 22 est comprise entre 20% et 80% d'une puissance totale de l'appareil 10.

[0033] L'alimentation électrique de la résistance 22 est préférentiellement de type chrono-proportionnelle. En d'autres termes, l'alimentation électrique est effectuée selon une succession de cycles temporels, dont une durée θ est définie dans le programme 44. Chaque cycle comporte une première période de durée θ_1 , durant laquelle la résistance est alimentée en tension, et une seconde période de durée θ_2 , durant laquelle la résistance 22 n'est pas alimentée. La

durée θ_1 , θ_2 de chaque période dépend de la différence entre la température ambiante et la température de consigne.

[0034] La tension d'alimentation de la résistance 22 présente donc un profil temporel crénelé, en tout ou rien. A cet effet, le dispositif électronique de régulation 20 comporte un ou plusieurs thyristors 46 reliés à ladite résistance 22. Les thyristors 46 fonctionnent comme des interrupteurs rapides, dont les cycles d'ouverture et de fermeture commandent l'alimentation électrique de la résistance 22.

[0035] En conséquence, la face arrière 26 de la façade 14 subit des variations temporelles de température. En particulier, au cours d'un cycle de durée θ , une température de ladite face arrière 26 oscille entre une valeur maximale et une valeur minimale, selon une amplitude A_1 .

[0036] Par ailleurs, la chaleur cédée à la face arrière 26 se propage à travers la façade 14 jusqu'à la face avant 24, selon un profil temporel ondulatoire. Au cours du cycle de durée θ précédemment évoqué, une température de ladite face avant 24 oscille entre une valeur maximale et une valeur minimale, selon une amplitude A_2 .

[0037] Pour des raisons de confort thermique, il est souhaitable que la température de la face avant 24 soit relativement stable, donc que l'amplitude A_2 soit maintenue à une faible valeur.

[0038] La chaleur qui traverse la façade 14 entre les faces arrière 26 et avant 24 peut être assimilée à une onde thermique. Un amortissement de ladite onde thermique au niveau de la face avant 24 dépend notamment de l'inertie thermique du matériau M formant la façade 14.

[0039] Un procédé de dimensionnement de la façade 14 de l'appareil de chauffage 10, selon un mode de réalisation de l'invention, va maintenant être décrit.

[0040] Tout d'abord, une capacité thermique C_p , une conduction thermique λ et une masse volumique ρ du matériau M de la façade 14 sont déterminées, notamment par des méthodes classiques de mesures de propriétés thermophysiques des matériaux.

[0041] Par ailleurs, une pulsation ω de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée. Dans l'exemple évoqué ci-dessus, $\omega = 2\pi/\theta$

[0042] Ensuite, une valeur minimale E_{min} de l'épaisseur E, entre la face avant 24 et la face arrière 26 de la façade, est déterminée. La valeur E_{min} dépend de l'amortissement minimal souhaité pour l'onde thermique traversant la façade. En d'autres termes, la valeur E_{min} dépend de la valeur maximale admissible pour le ratio A_2/A_1 .

[0043] En modélisant la façade 14 selon un cas connu de mur semi-infini en régime sinusoïdal, la valeur E_{min} est obtenue selon la formule (1) suivante :

$$(1) \quad E_{min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}}$$

[0044] B étant une constante dépendant de la valeur maximale admissible pour le ratio A_2/A_1 , donc de l'amortissement minimal souhaité pour l'onde thermique traversant la façade.

[0045] Par exemple, ladite valeur maximale de A_2/A_1 est 2% (soit 1/50), ce qui correspond à un amortissement minimal de 98%. Dans ce cas, on obtient :

$$B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$$

[0046] Afin d'obtenir une fluctuation de température suffisamment faible au niveau de la face avant 24 de l'appareil 10, l'épaisseur E de la façade 14 doit être choisie supérieure à la valeur E_{min} ainsi obtenue.

[0047] Cependant, une façade plus épaisse présente une durée plus importante de montée en température.

[0048] Avantageusement, le procédé de dimensionnement présente également une étape de détermination d'une valeur maximale E_{max} de l'épaisseur de la façade 14, afin de limiter la durée de montée en température. Ladite étape de détermination de la valeur E_{max} va maintenant être décrite.

[0049] Tout d'abord, on détermine la puissance électrique maximale P_{max} , apte à être fournie à la résistance électrique 22.

[0050] On détermine également une surface S de la face avant 24 de la façade 14. Il s'agit de la surface apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température du matériau M.

[0051] On détermine également un écart de température ΔT , correspondant à la montée en température maximale souhaitée pour la façade 14. Préférentiellement, ΔT est compris entre 50 °C et 80 °C et plus préférentiellement égal à 70 °C.

[0052] On détermine également une durée maximale t de montée en température de ladite façade, selon ledit écart de température ΔT . Préférentiellement, t est comprise entre 45 mn et 75 mn et plus préférentiellement égale à 1 heure.

[0053] Ensuite, la valeur E_{max} est calculée selon la formule (2) ci-dessous :

$$(2) \quad E_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot t}{S \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

[0054] Pour limiter la durée de montée en température de la façade 14 en-deçà du niveau souhaité, l'épaisseur E de la façade 14 doit être choisie inférieure à la valeur E_{max} ainsi obtenue.

[0055] De manière évidente, pour pouvoir dimensionner la façade 14 selon le procédé décrit ci-dessus, il faut que la valeur E_{min} calculée soit inférieure ou égale à la valeur E_{max} calculée. Le respect ou non de cette inégalité dépend d'une part des paramètres C_p, λ et ρ du matériau M, d'autre part de la surface S de la façade 14.

[0056] Un procédé de conception de l'appareil de chauffage 10, relatif au choix du matériau M de la façade 14, va maintenant être décrit. Ce procédé relatif au choix du matériau M est par exemple mis en oeuvre à titre d'étape préliminaire du procédé de dimensionnement précédemment décrit.

[0057] Tout d'abord, une pluralité de matériaux émissifs M_i est présélectionnée. Pour chacun desdits matériaux émissifs M_i, la capacité thermique C_p, la conduction thermique λ et la masse volumique ρ sont déterminées comme décrit précédemment.

[0058] Par ailleurs, les paramètres ω, P_{max}, ΔT et t décrits précédemment sont déterminés.

[0059] Par ailleurs, une valeur maximale souhaitée S_{max} de la surface S de la façade 14 est déterminée, notamment selon l'usage et le design souhaités pour l'appareil 10.

[0060] Ensuite, il est vérifié si chacun des matériaux émissifs présélectionnés M_i correspond à l'inéquation (3) :

$$(3) \quad B \sqrt{\frac{\lambda}{\omega}} \leq \frac{P_{\max} \cdot t}{S_{\max} \cdot \Delta T \cdot \sqrt{(\rho \cdot C_p)}}$$

B étant une constante dépendant de la valeur maximale admissible pour le ratio A₂/A₁ précédemment décrit.

[0061] Par exemple, comme précédemment, pour un ratio A₂/A₁ inférieur ou égal à 2%, on a :

$$B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$$

[0062] Le matériau M de la façade 14 peut alors être choisi parmi les matériaux M_i qui correspondent à l'inéquation (3) ci-dessus.

[0063] Pour une même série de matériaux émissifs présélectionnés M_i, plus la valeur S_{max} est élevée, plus le nombre de matériaux correspondant à l'inéquation (3) risque d'être faible.

Exemple :

[0064] Les matériaux indiqués dans le tableau 1 ci-dessous sont présélectionnés pour réaliser la façade 14 de l'appareil 10 :

Tableau 1

	Nature	C _p (J/Kg.K)	λ (W/m.K)	ρ (Kg/m ³)	E _{min} (mm)	E _{max} (mm)
M ₁	Stéatite reconstitué	850	2,5	2600	14,8	20,1
M ₂	Stéatite naturel	980	6,4	2980	20,7	15,2
M ₃	Pierre de lave	830	1,1	2200	10,8	24,3
M ₄	Brique réfractaire	820	1	2300	10,2	23,5
M ₅	Fonte	540	40	6900	45,7	11,9
M ₆	Alliage d'aluminium	860	165	2650	118,8	19,5
M ₇	Glace de verre	870	1,1	2700	9,6	18,9

[0065] Les valeurs E_{min} du tableau 1 sont calculées selon la formule (1), avec θ = 40 s et une constante B pour un

taux d'amortissement de l'onde thermique de 98%, soit : $B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$

[0066] Les valeurs $E_{\max}$ du tableau 1 sont calculées selon la formule (2), avec : $P_{\max} = 400\text{W}$; $S = 0,463\text{ m}^2$; $\Delta T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $t = 1\text{h}$ (soit 3600 s).

[0067] Pour réaliser un appareil 10 dimensionné selon le procédé décrit ci-dessus, les matériaux M_i utilisables sont tels que $E_{\min} \leq E_{\max}$, de manière équivalente à l'inéquation (3).

[0068] Pour une façade 14 de surface maximale $S_{\max} = 0,463\text{ m}^2$, les autres paramètres étant définis ci-dessus, seuls les matériaux M_1 , M_3 , M_4 et M_7 sont donc utilisables pour réaliser un tel appareil 10.

Revendications

1. Procédé de conception d'un appareil de chauffage (10) comprenant un élément électrique (12) chauffant par rayonnement, ledit élément électrique chauffant comprenant :

- une façade (14) formée d'un matériau émissif (M), ledit matériau émissif étant **caractérisé par** une capacité thermique (C_p), une conduction thermique (λ) et une masse volumique (ρ),

ladite façade comprenant une face avant (24) apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température dudit matériau émissif ; et

- une résistance électrique (22) en contact thermique avec une face arrière (26) de la façade ;

l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif (20) d'alimentation électrique de la résistance électrique, ladite alimentation électrique de la résistance électrique ayant une forme périodique ;

le procédé étant **caractérisé en ce que** :

- une pulsation (ω) de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée ; et

- une épaisseur (E) entre la face avant (24) et la face arrière (26) de la façade est choisie supérieure ou égale à une valeur ($E_{\min}$) définie par la formule (1) :

$$(1) \quad E_{\min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}}$$

B étant une constante.

2. Procédé de conception selon la revendication 1, dans lequel

$$B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$$

3. Procédé de conception selon la revendication 1 ou la revendication 2, comprenant en outre les étapes suivantes :

- une puissance maximale ($P_{\max}$), apte à être fournie à la résistance électrique (22) par le dispositif d'alimentation électrique (20), est déterminée ;

- une surface (S) de la face avant (24) de la façade est déterminée ;

- un écart de température (ΔT) de la face avant de la façade est déterminé ;

- une durée maximale (t) de montée en température de la façade, selon ledit écart de température (ΔT), est déterminée ; et

- l'épaisseur (E) de la façade est choisie inférieure ou égale à une valeur ($E_{\max}$) définie par la formule (2) :

$$(2) \quad E_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot t}{S \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

4. Procédé de conception selon la revendication 3, dans lequel :

- t est comprise entre 45 mn et 75 mn et préférentiellement égale à 1 heure ; et
- ΔT est compris entre 50 °C et 80 °C et préférentiellement égal à 70 °C.

5. Procédé de conception d'un appareil de chauffage (10) comprenant un élément électrique (12) chauffant par rayonnement, ledit élément électrique chauffant comprenant :

- une façade (14) formée d'un matériau émissif (M), ladite façade comprenant une face avant (24) apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température dudit matériau émissif ; et
- une résistance électrique (22) en contact thermique avec une face arrière (26) de la façade ;

l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif (20) d'alimentation électrique de la résistance électrique, ladite alimentation électrique de la résistance électrique ayant une forme périodique ;

le procédé étant **caractérisé en ce que** :

- une pluralité de matériaux émissifs (M_i) est présélectionnée ; et une capacité thermique (C_p), une conduction thermique (λ) et une masse volumique (ρ) sont déterminées pour chacun desdits matériaux émissifs (M_i) ;
- une pulsation (ω) de l'alimentation électrique de la résistance électrique est déterminée ;
- une puissance maximale (P_{max}), apte à être fournie à la résistance électrique (22) par le dispositif d'alimentation électrique (20), est déterminée ;
- une surface maximale (S_{max}) de la face avant de la façade est déterminée ;
- un écart de température (ΔT) de la face avant de la façade est déterminé ;
- une durée maximale (t) de montée en température de la façade, selon ledit écart de température (ΔT), est déterminée ; et

le matériau émissif (M) de la façade est choisi parmi les matériaux émissifs présélectionnés (M_i) correspondant à l'inéquation (3) :

$$(3) \quad B \sqrt{\frac{\lambda}{\omega}} \leq \frac{P_{max} \cdot t}{S_{max} \cdot \Delta T \cdot \sqrt{(\rho \cdot C_p)}}$$

B étant une constante préférentiellement telle que : $B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$

6. Procédé de conception selon la revendication 5, dans lequel :

- t est comprise entre 45 mn et 75 mn et préférentiellement égale à 1 heure ; et
- ΔT est compris entre 50 °C et 80 °C et préférentiellement égal à 70 °C.

7. Appareil de chauffage (10) comprenant un premier élément électrique (12) chauffant par rayonnement, ledit premier élément électrique chauffant comprenant :

- une façade (14) formée d'un matériau émissif (M), ledit matériau émissif étant **caractérisé par** une capacité thermique (C_p), une conduction thermique (λ) et une masse volumique (ρ),

ladite façade comprenant une face avant (24) apte à émettre un rayonnement infrarouge sous l'effet d'une augmentation de température dudit matériau émissif, ladite façade étant **caractérisée par** une épaisseur (E) entre la face avant et une face arrière (26) ; et

- une résistance électrique (22) en contact thermique avec la face arrière (26) de la façade ;

l'appareil de chauffage comprenant en outre un dispositif (20) d'alimentation électrique de la résistance électrique ; ledit appareil de chauffage étant **caractérisé en ce que** :

EP 3 339 740 A2

- l'alimentation électrique de la résistance électrique a une forme périodique de pulsation (ω) ; et
- l'épaisseur (E) de la façade (14) est supérieure ou égale à une valeur ($E_{\min}$) définie par la formule (1) :

$$(1) \quad E_{\min} = B \sqrt{\frac{\lambda}{\rho \cdot C_p \cdot \omega}}$$

telle que : $B = \ln(50) \cdot \sqrt{2}$

8. Appareil de chauffage selon la revendication 7, dans lequel :

- le dispositif d'alimentation électrique (20) est apte à fournir une puissance maximale ($P_{\max}$) à la résistance électrique (22) ;
- la face avant (24) de la façade présente une surface (S) ; et
- l'épaisseur (E) de la façade est inférieure ou égale à une valeur ($E_{\max}$) définie par la formule (2) :

$$(2) \quad E_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot t}{S \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T}$$

t étant une durée comprise entre 45 mn et 75 mn et préférentiellement égale à 1 heure ; et
 ΔT étant un écart de température compris entre 50 °C et 80 °C et préférentiellement égal à 70 °C.

9. Appareil de chauffage selon la revendication 7 ou la revendication 8, dans lequel la résistance électrique (22) est choisie entre une résistance sérigraphiée sur un film plastique (28), ledit film plastique étant collé à la face arrière (26) de la façade ; et un câble chauffant plaqué sur la face arrière (26) de la façade.

10. Appareil de chauffage selon l'une des revendications 7 à 9, comprenant en outre un deuxième élément électrique (18) chauffant par convection, ledit deuxième élément électrique chauffant étant situé derrière la résistance électrique (22).

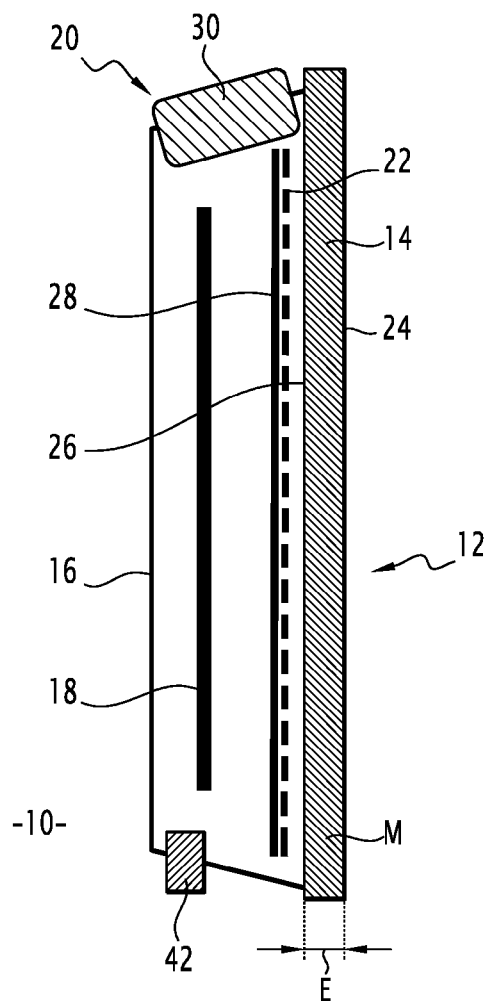


FIG.1

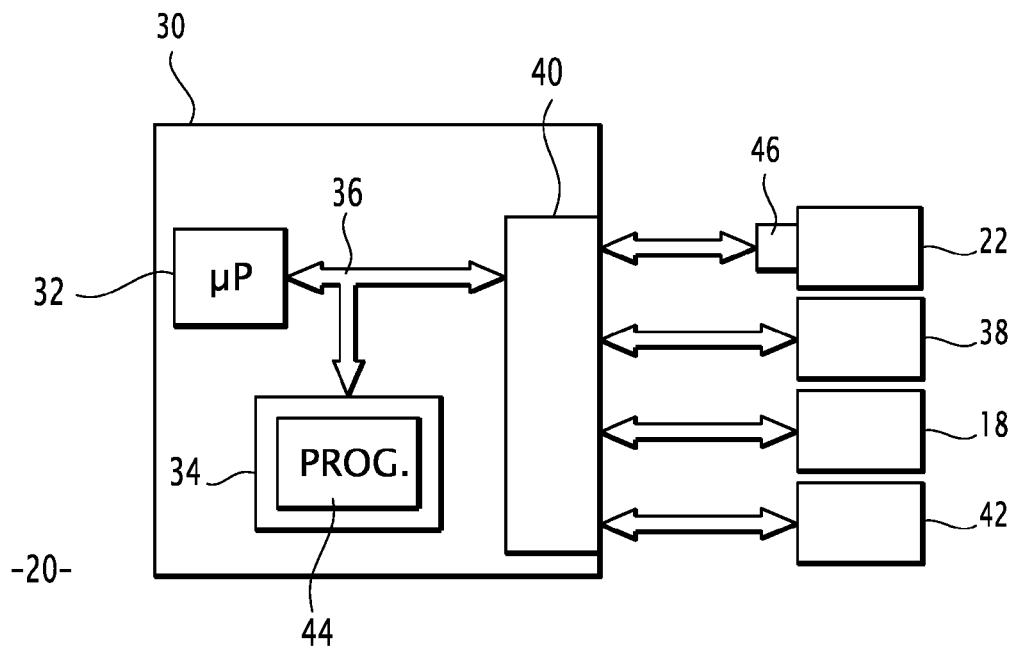


FIG.2

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2701545 [0003]
- FR 2992052 [0003]