

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2024-24

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.:

F28D 20/02

(2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



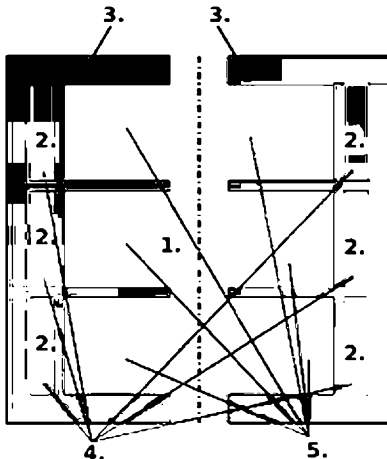
ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 25.01.2024  
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 05.03.2025  
(Věstník č. 10/2025)

- (71) Přihlašovatel:  
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,  
Dejvice, CZ
- (72) Původce:  
Ing. Jan Škarohlíd, Ph.D., Libčice nad Vltavou, CZ  
Ing. Tomáš Kořínek, Česká Lípa, CZ
- (74) Zástupce:  
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00  
Praha 5, Stodůlky

(54) Název přihlášky vynálezu:  
**Kombinovaný zásobník pro sensibilní a  
latentní ukládání energie do roztavených  
solí**

- (57) Anotace:  
Vynález se týká kombinovaného zásobníku pro  
sensibilní a latentní ukládání energie do  
roztavených solí obsahujícího nosnou konstrukci  
(3) s přívodem a odvodem solí, kde je konstrukce  
(3) je opatřena otevřenými kavitami (5) s přívodem  
a odvodem primárního média pro ukládání tepla v  
podobě tavené dusičnanové soli (1). Dále je  
konstrukce (3) opatřena uzavřenými kavitami (4)  
naplněnými sekundárním médiem v podobě  
materiálu (2) s fázovou změnou s vyšší teplotu tání  
než má primární médium. Ve spodní části  
konstrukce (3) je vstup (6) horké soli a výstup (9)  
horké soli a v horní části konstrukce (3) je výstup  
(7) studené soli a vstup (8) studené soli.



## Kombinovaný zásobník pro sensibilní a latentní ukládání energie do roztavených solí

### Oblast techniky

Vynález se týká inovativního kombinovaného zásobníku pro sensibilní a latentní ukládání energie do roztavených solí s využitím specifického proudění s přirozenou cirkulací pro zvýšení přestupu tepla.

### Dosavadní stav techniky

Ukládání energie do roztavených solí je v současné době spojeno se získáváním energií v koncentračních solárních elektrárnách (CSP), viz např. H.L. Zhang, J. Baeyens, J. Degrevem, G. Caceres, Concentrated solar power plants: review and design methodology. Renewable and Sustainable Energy Reviews 22, 2013, pp. 466-481. Kromě CSP se dusičnanové soli využívají v vysokoteplotních uložistích energie – T. Bauer, Ch. Odenthal, A. Bonk, Molten Salt Storage for Power Generation. Chemie Ingenieur Technik 93, 2021, pp. 534-546. Dosažení vysokých teplot bez nutnosti zařízení tlakovat, obvykle až 600 °C pro dusičnanové sole, umožňuje použít roztavené sole pro zpětné získávání energie, jak je popsáno např.: S.H. Gagem D. Kesseli, J. Dupree, Ch. Kimbal, J. Rigby, J. Yates, B. Morrison, G. Bigham, C.S. Turchi, Technical and economic feasibility of molten chloride salt thermal energy storage systems. Solar Energy Materials and Solar cells 226, 2021, nebo A. Boretti, S. Castelletto, High-temperature molten-salt thermal energy storage and advanced-Ultra-supercritical power cycles. Journal of Energy Storage 42, 2021.

V současné době se systémy pro ukládání energie do roztavených solí dají rozdělit do dvou kategorií. V první kategorii jsou uložistě využívající dvě zásobní nádrže, tzv. studenou a horkou nádrž, např.: W.D. Steinmann, C. Prieto, 24 – Thermal storage for concentrating solar power plants. Editor(s): L. F. Cabeza, In Woodhead Publishing Series in Energy, Advances in Thermal Energy Storage Systems (Second Edition), Woodhead Publishing, 2021, pp. 673-697.

V druhé kategorii jsou systémy s jedním zásobníkem tzv. Thermocline – K.E. Elfeky, X. Li, N. Ahmed, L. Lu, Q. Wang. Optimization of thermal performance in thermocline tank thermal energy storage system with multilayered PCM(s) for CSP tower plants. Applied Energy 243, 2019, pp. 175-190. Systém thermocline má oproti dvou zásobníkovému systému větší kapacitu na jednotku objemu, ale proměnlivou účinnost nabíjení/vybíjení. Další variantou je zásobník s plovoucí membránou který kombinuje dvou zásobníkový systém do jedné nádrže.

Ukládání energie do fázové změny, tzv. latentní teplo, je jeden ze způsobů zvýšení kapacity zásobníku při zachování jeho rozměrů. Materiál který je použit pro ukládání tepla do fázové změny (Phase Change Material – PCM) má vyšší teplotu tání než má materiál použitý jako primární médium. Díky odlišné teplotě tání lze v zásobníku kombinovat PCM materiály a dosáhnout tak nejen požadované kapacity, ale také požadovaného průběhu nabíjení a vybíjení zásobníku, viz C. Suresh, R.P. Saini, Experimental study on combined sensible-latent heat storage system for different volume fractions of PCM. Solar Energy 212, 2020, pp. 282-296. Proto se PCM využívají u thermocline zásobníků.

Jednou z nevýhod ukládání energie do thermocline zásobníku s roztavenými solemi je nižší účinnost nabíjení a vybíjení zásobníku.

### Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody jsou do značné míry odstraněny kombinovaným zásobníkem pro sensiblní a latentní ukládání energie do roztavených solí obsahujícím nosnou konstrukci s přívodem a odvodem solí, podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že konstrukce zásobníku je opatřena otevřenými kavitami s přívodem a odvodem primárního média pro ukládání tepla v podobě tavené dusičnanové soli a dále je konstrukce opatřena uzavřenými kavitami naplněnými sekundárním médiem v podobě materiálu s fázovou změnou s vyšší teplotu tání než má primární médium. Ve spodní části konstrukce je vstup horké soli a výstup horké soli a v horní části konstrukce je výstup studené soli a vstup studené soli.

Velikosti průřezů vstupu horké soli, výstupu horké soli, výstupu studené soli a vstupu studené soli jsou ve výhodném řešení nastavitelné.

Kombinovaný zásobník je s výhodou v podobě válcové nádoby s podélnou osou ve vertikálním směru jejíž vnitřní průměr je 1,5 až 3 m, tloušťka uzavřených kavit je 0,10 až 0,20 m a výška 0,40 až 0,50 m a minimální výška nádoby je 3 m. Kombinovaný zásobník může být tvořen několika segmenty spojenými dohromady.

Inovativní kombinované ukládání tepelné energie využívá tavenou dusičnanovou sůl jako primární médium pro ukládání tepla, tj. smyšlenkové ukládání tepla, a pro přenos tepla, zatímco sekundárním médiem je materiál s fázovou změnou (PCM). Materiál s fázovou změnou má vyšší teplotu tání než primární ukládací médium pro správný chod kombinovaného ukládání. Inovativním prvkem tohoto ukládání je zvýšený přenos tepla do materiálu s fázovou změnou díky kombinaci vztakových a konvektivních sil. Princip zvýšeného přenosu tepla spočívá v rozdílných teplotách přicházející soli a PCM. Solné úložiště je složeno z uzavřených a otevřených dutin nebo-li kavit. Uzavřené dutiny jsou naplněny PCM a otevřené dutiny jsou naplněny tavenou solí. Díky použití otevřených dutí je dosaženo vyšší rychlosti proudění v zásobníku než které by bylo v případě zásobníku bez dutin. Díky vyšší rychlosti proudění se zvýší koeficient přestupu tepla.

Během nabíjecího procesu má sůl vyšší teplotu a PCM nižší teplotu, což vytváří vztakové síly, které pohánají proud v dutině a zvyšují přenos tepla do PCM. Kromě vztakových sil je proud v kavitě řízen také od hlavního proudu soli ze vstupní části zásobníku.

Proces vybíjení využívá stejný princip jako v případě nabíjení zásobníku. Díky tomu že přicházející sůl má nižší teplotu než PCM, tak se vytvoří proud hnaný vztakovými silami. Tentokrát má proud opačný směr oproti procesu nabíjení.

Využitím systému otevřených kavit je možné zvýšit přestup tepla do PCM materiálu více než desetkrát. V principu závisí na poměru vstupní části zásobníku a průřezu otevřených kavit.

### Objasnění výkresů

Kombinovaný zásobník pro sensiblní a latentní ukládání energie do roztavených solí podle tohoto vynálezu bude podrobněji popsán na konkrétním příkladu provedení s pomocí přiložených výkresů, ve kterých na:

obr. 1 je v nárysu v řezu pohled na hlavní části kombinovaného zásobníku;

obr. 2 je znázorněn proces nabíjení zásobníku; a

obr. 3 je znázorněn proces vybíjení zásobníku.

### Příklady uskutečnění vynálezu

5 Příkladný kombinovaný zásobník pro sensibilní a latentní ukládání energie do roztavených solí obsahuje nosnou konstrukci 3 s přívodem a odvodem roztavené dusičnanové soli. Svislá konstrukce 3 je podél své osy opatřena otevřenými kavitami 5 pro přívod a odvod primárního média pro ukládání tepla v podobě tavené dusičnanové soli 1. Dále je konstrukce 3 opatřena po svém obvodu uzavřenými kavitami 4 naplněnými sekundárním médiem v podobě PCM materiálu 2 s fázovou změnou s vyšší teplotu tání než má primární médium. Ve spodní části konstrukce 3 je vstup 6 horké soli a výstup 9 horké soli a v horní části konstrukce 3 je výstup 7 studené soli a vstup 8 studené soli. Velikosti průřezů vstupu 6 horké soli, výstupu 9 horké soli, výstupu 7 studené soli a vstupu 8 studené soli jsou nastavitelné pro umožnění velikosti a rychlosti průtoku primárního média.

15 Konkrétní příkladný kombinovaný zásobník je v podobě válcové nádoby s podélnou osou umístěnou ve vertikálním směru. Vnitřní průměr nádoby 2 m. Tloušťka uzavřených kavit 4 s PCM materiálem 2 je 0,15 m a výška 0,45 m. Výška nádoby je 3 m. Kombinovaný zásobník je tvořen třemi segmenty spojenými dohromady. Konstruktivním materiálem zásobníku je nerezová ocel.

20 Zásobník pro ukládání sensibilního a latentního tepla do roztavených solí využívá inovativního principu zvýšení účinnosti nabíjení a vybíjení zásobníku díky využití systému otevřených kavit 5 a uzavřených kavit 4.

25 Dále je podrobněji popsána funkce a činnost kombinovaného zásobníku pro sensibilní a latentní ukládání energie do roztavených dusičnanových solí. Při procesu nabíjení je primární médium v podobě horké soli 1 čerpáno do zásobníku skrze vstup 6 horké soli v dolní části konstrukce 3. Sůl postupně nahřívá konstrukci 3 zásobníku a také PCM materiál 2 v uzavřených kavitách 4. Díky rozdílné teplotě mezi čerpanou solí 1 a PCM materiálem 2, dojde k ustavení přirozené cirkulace. Ta zintenzivní přestup tepla a dojde tak k rychlejšímu roztavení PCM materiálu 2. Proces nabíjení je možné dále řídit díky změně průměru vstupu 6 horké soli a měnit tak konvektivní složku přestupu tepla.

35 Při procesu vybíjení studená sůl vstupuje přes vstup 8 studené soli do zásobníku v horní části zásobníku. Studená sůl 1 postupně ochlazuje konstrukci 3 zásobníku a PCM materiál 2. Opět díky rozdílné teplotě dojde k vytvoření přirozené cirkulace která zintenzivní přestup tepla mezi PCM materiálem 2 a solí 1. Na základě vyššího přestupu tepla dojde k ztuhnutí PCM materiálu 2 rychleji. Stejně jako během procesu nabíjení lze měnit rozměr vstupního průměru vstupu 8 studené soli a ovlivnit tak konvektivní složku přestupu tepla.

40 Unikátním přínosem navrhovaného řešení je zvýšení přestupu tepla do materiálu s fázovou změnou a s tím související vyšší rychlosti nabíjení/vybíjení zásobníku.

### 45 Průmyslová využitelnost

Navržené technické řešení zásobníku může být využito v systémech pro ukládání energie se zpětnou konverzí na elektrickou energii díky použití média s pracovní teplotou do 600 °C.

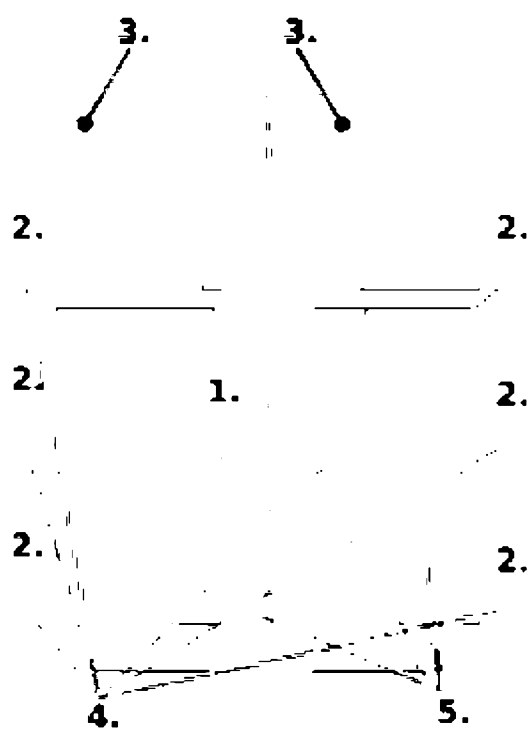
## PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Kombinovaný zásobník pro sensibilní a latentní ukládání energie do roztavených solí obsahující nosnou konstrukci (3) s přívodem a odvodem solí, **vyznačující se tím**, že konstrukce (3) je opatřena otevřenými kavitami (5) s přívodem a odvodem primárního média pro ukládání tepla v podobě tavené dusičnanové soli (1) a dále je konstrukce (3) opatřena uzavřenými kavitami (4) naplněnými sekundárním médiem v podobě materiálu (2) s fázovou změnou s vyšší teplotu tání než má primární médium, přičemž ve spodní části konstrukce (3) je vstup (6) horké soli a výstup (9) horké soli a v horní části konstrukce (3) je výstup (7) studené soli a vstup (8) studené soli.
- 10 2. Kombinovaný zásobník podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že velikosti průřezů vstupu (6) horké soli, výstupu (9) horké soli, výstupu (7) studené soli a vstupu (8) studené soli jsou nastavitelné.
3. Kombinovaný zásobník podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že je v podobě válcové nádoby s podélnou osou ve vertikálním směru jejíž vnitřní průměr je 1,5 až 3 m, tloušťka uzavřených kavit (4) je 0,10 až 0,20 m a výška 0,40 až 0,50 m a minimální výška nádoby je 3 m.
- 15 4. Kombinovaný zásobník podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že je tvořen alespoň ze dvou segmentů spojených dohromady.

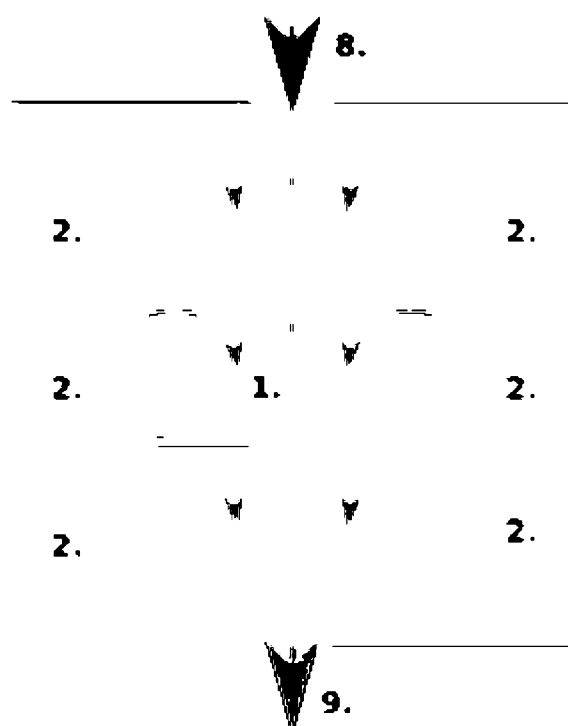
## 2 výkresy

## Seznam vztahových značek:

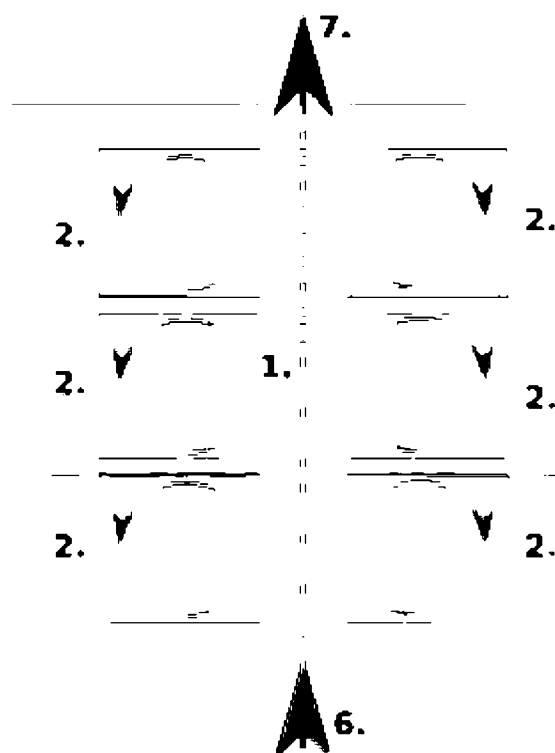
- 1 sůl
- 2 PCM
- 3 konstrukce zásobníku
- 4 uzavřená kavita
- 5 otevřená kavita
- 6 vstup horké soli
- 7 výstup studené soli
- 8 vstup studené soli
- 9 výstup horké soli



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3