



მყარი მასების გამოყენებით სითბური ენერჯის დაგროვების საკითხები მომავალში თბოაკუმულატორების შექმნის მიზნით

ნიკოლოზ ხაჩიძე, თენგიზ ხაჩიძე

სსიპ ინსტიტუტი „ოპტიკა“

ანოტაცია

ნაშრომში მოყვანილია კვლევები, რომლებიც ეხება ენერჯის დაგროვებასთან და მის შენახვასთან დაკავშირებულ პრობლემებს. კერძოდ, შესწავლილი იქნა საკითხები, რომლებიც დაკავშირებულია მწვანე ენერჯეტიკასთან და გულისხმობს მომავალში ეკოლოგიურად სუფთა და ეფექტური სითბური აკუმულატორების შექმნას. კვლევები ძირითადად ჩატარდა სხვადასხვა სილიკატური მასალებიდან სითბოს დასაგროვებლად ოპტიმალურის შერჩევისა და სითბური აკუმულატორის ეფექტური კონსტრუქციის დასამუშავებლად. გამოიკვეთა, რომ კარგი შედეგები მიიღება თუ სითბოს დასაგროვებლად გამოყენებული იქნება ქვიშისა და ღორღის ნარევი. სითბური აკუმულატორის კონსტრუქციის შემუშავებისას კი მნიშვნელოვანია მისი კარგი თბოიზოლაცია. რაც თავის მხრივ ამცირებს დანაკარგებს, როგორც გაცხელებისას ასევე სითბური ენერჯის შენახვისას და ზრდის სითბური აკუმულატორის ეფექტურობას.

საკვანძო სიტყვები: სითბური აკუმულატორი, ენერჯია, ქვიშა.

ამ ბოლო დროს, სულ უფრო ფართო გამოყენებას ჰპოვებს მწვანე ენერჯეტიკა (ქარი, მზე და ა.შ.), თუმცა, ამ სახის ენერჯეტიკას სერიოზული ნაკლოვანებებიც აქვს. გარდა სიძვირისა, ეს არის გამომუშავებული ენერჯის არასტაბილურობა. გამომუშავებული ენერჯია დამოკიდებულია წელიწადის დროზე, ამინდზე და ა.შ. ზოგჯერ გამომუშავება ჭარბია, ზოგჯერ არასაკმარისი. იმისათვის, რომ გადაიჭრას ეს პრობლემა, ხდება ენერჯის აკუმულირება ჭარბი ენერჯის გამომუშავების დროს და მისი გახარჯვა, ენერჯის ნაკლებობისას.

როდესაც ენერჯის აკუმულირება - შენახვაზეა საუბარი, პირველ რიგში, გვახსენდება ელექტრული ენერჯია, რომლის დაგროვებაც დღეს ძალიან ადვილია ელექტრო აკუმულატორების საშუალებით. თუმცა, ამ მეთოდს რამდენიმე სერიოზული ნაკლი აქვს: 1) აკუმულატორების სიძვირე, 2) აკუმულატორების მწყობრიდან მალე გამოსვლა 3)

აკუმულატორების უტილიზაცია და ეკოლოგიასთან დაკავშირებული პრობლემები. გარდა ამისა, ხშირ შემთხვევაში, ენერჯის ერთი სახეობა (მექნიკური, სითბური და ა.შ.) სპეციალურად გადაგვყავს ელექტრულში, ენერჯის დასაგროვებლად. შემდგომში კი, შენახული ელექტრული ენერჯიდან კვლავ ვიღებთ უკვე სხვა ტიპის ენერჯის. აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ სრულდება ორმაგი პროცედურა, რაც ართულებს საქმეს და ზრდის ენერგეტიკულ დანაკარგებს. აქედან გამომდინარე, მიზანშეწონილია, ენერჯია დავაგროვოთ იმ ფორმით, რა ფორმითაც ის მოვიპოვეთ და შემდგომ გამოვიყენოთ საჭიროებისამებრ.

ენერჯის მიღება ძირითადად სითბური სახით ხდება (მზის ენერჯია, საწვავის ენერჯია და ა.შ.), რასაც პირველ რიგში ამ ტიპის ენერჯის დაგროვების და შენახვის საკითხების გადაწყვეტასთან მივყავართ. ე.ი. სითბური ენერჯის დასაგროვებელი მოწყობილობის (თბოაკუმულატორის) შექმნისას მნიშვნელოვანია მივიღოთ მაღალი თბოტევადობა და შევძლოთ სითბოს ხანგრძლივი დროით შენარჩუნება. ამ დებულების გათვალისწინებით თბოაკუმულატორებში საჭიროა მაღალი სითბოტევადობის მქონე მასალების გამოყენება. ამავე დროს მიზანშეწონილია ეს მასალა უძლებდეს მაღალ ტემპერატურასაც, რაც კიდევ უფრო მეტი სითბური ენერჯის დაგროვების შესაძლებლობას მოგვცემს. ასევე მნიშვნელოვანია მასალის თბოგამტარობაც. ერთის მხრივ მასალის მაღალი თბოგამტარობა უზრუნველყოფს მთლიანი მასის სწრაფ და თანაბარ გათბობას, მეორე მხრივ ცუდი თბოიზოლაციის პირობებში გამოიწვევს დაგროვებული სითბურ ენერჯის სწრაფ კარგვას.

სითბოს დასაგროვებლად ერთერთ ეფექტურ საშუალებად დღეს შემოთავაზებულია ქვიშის გამოყენება. არჩევანი განპირობებულია მისი შემდეგი ეკონომიკური და ტექნიკური პარამეტრებიდან [1].

- ფასი: 11 დან 58 დოლარამდე ტონაზე
- კუთრისითბოტევადობა: 700-დან 1000 ჯ/კგ°C-მდე
- თბოგამტარობა დამოკიდებულია ფორიანობაზე, მარცვლის ზომაზე, ტენიანობასა და მინერალოგიაზე.
 1. ნაკლებად ფორიანი - უფრო მაღალი თბოგამტარობა
 2. მცირე ნაწილაკები - დაბალი თბოგამტარობა
 3. წყლით გაჯერებული - უფრო მაღალი თბოგამტარობა
 4. კვარცის თბოგამტარობა: 7,7 ვტ/მK
 5. ქვიშის შემადგენელი სხვა კომპონენტების თბოგამტარობა: 2,5-დან 3,6 ვტ/მK-მდე
- არატოქსიკური, არაკოროზიული და არა აალებადი
- ტემპერატურული მდგრადობა 1000°C არემატება.

სხვადასხვა ტიპის მასალების ეფექტურობა თბოაკუმულატორებში გამოყენებისას მოცემულია ცხრილში-1[2].

ცხრილი-1.

მასალები (1,5 მ ³)	T მინ (°C)	T მაქს (°C)	დამუხტვა(კვტ.	განმუხტვა	ეფექტურობ
თერმული ზეთი	180	410	192	84	44%
გამდნარი	200	500	372	118	32%
ქვიშა	180	950	424	360	85%

ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ ქვიშა გაცილებით ეფექტურია სითბოს აკუმულირებისთვის ვიდრე თერმული ზეთი და გამდნარი მარილი. თუმცა ჩვენი მოსაზრებით ეფექტურობის გაზრდა შესაძლებელია თუ სწორად შევარჩევთ ქვიშის ტიპს და სათანადოდ გადავწყვეტთ აკუმულატორის თბოიზოლაციის საკითხებს. აღნიშნული საკითხის გადასაწყვეტად ჩვენს მიერ შემუშავდა და გამოკვლეული იქნა თბოაკუმულატორის რამდენიმე მაკეტი.

პირველი სითბური აკუმულატორის მაკეტის კონსტრუქციის შემუშავებისას ძირითადი აქცენტი გავაკეთეთ სითბური ენერჯის მაქსიმალურად დიდი დროით შენარჩუნებაზე. ამ მხრივ დაპროექტდა ქვიშის რეზერვუარი, რომელსაც მაქსიმალურად უნდა უზრუნველყო ქვიშის თბოიზოლაცია. რეზერვუარი რამდენიმე კედლიანია, რომელთა შორისაც უნდა განთავსდეს თბოსაიზოლაციო, ტემპერატურა გამძლე მასალა ორმაგი იზოლაციის მისაღებად. რეზერვუარის შიგნით განთავსებული იქნება ელექტროგამაცხელებელი. თბოაკუმულატორის კონსტრუქციული დეტალები და გამახურებელიც გათვლილი იქნა არა ნაკლებ 500°C ტემპერატურაზე.

დაპროექტდა სამ კედლიანი ქვიშის რეზერვუარი ორმაგი საიზოლაციო მასალის განსათავსებლად.

პირველ საიზოლაციო მასალად (რეზერვუარის მაღალი ტემპერატურიდან გამომდინარე) შეირჩა თიხა-კერამიკული საიზოლაციო მასალა (მაგალითად: ცეცხლგამძლე აგური), უმჯობესია დაფხვნილ მდგომარობაში.

მეორე საიზოლაციო მასალად შეირჩა (სიიაფიდან და მოხერხებულობიდან გამომდინარე) ჩვეულებრივი საამშენებლო საიზოლაციო მასალა (მაგალითისთვის: ქვაბამბა ან მინაბამბა).

კვლევის აღნიშნულ ეტაპზე ქვიშის გასაცხელებლად გამოყენებული იქნება ელექტროენერგიაზე მომუშავე გამაცხელებელი. ხელმისაწვდომობის, სიიაფის და სიმძლავრის გათვალისწინებით გამახურებელ ელემენტად შერჩეული იქნა ლუმელებში გამოყენებული სტანდარტული გამახურებელი, ნიკელ-ქრომი შენადნობის სპირალი, დამცავი კვარცის მილით.

სითბოს თანაბარი განაწილების მიზნით მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ გამოყენებული იქნას სამი ცალი 600ვტ სიმძლავრის ზემოთ აღნიშნული გამახურებელი ელემენტი.

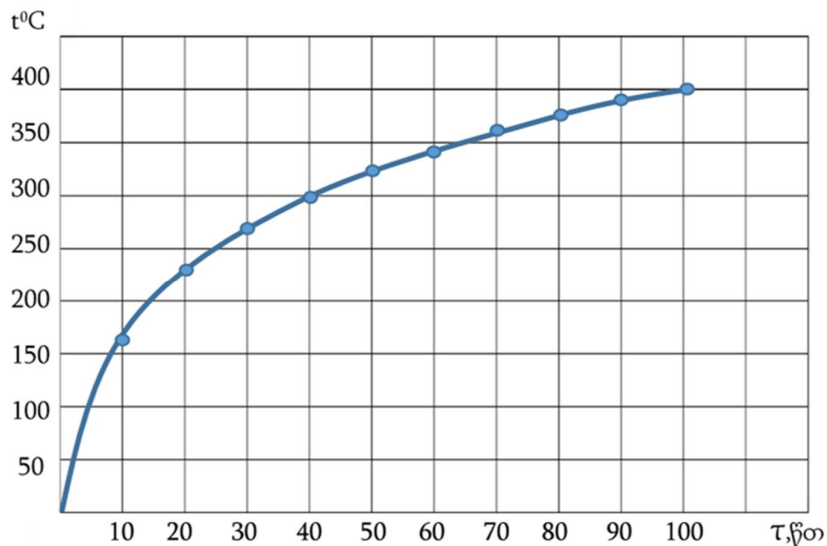
პირველ ეტაპზე დამზადდა მცირე ზომის მაკეტი პარამეტრებით 27X23X16სმ. მოცულობით 10დმ³. რომელშიც ჩაყრილი იქნა ყვითელი (საჩხერის) ქვიშა წონით 14კგ.

მაკეტი წარმოადგენს ორმაგკედლიან ყუთს, რომელშიც ჩამონტაჟებულია სპირალები. კედლებს შორის მანძილი შეივსო 5სმ სისქის მინაბამბით. ყუთს გარედანაც შემოეკრა 5სმ სისქის მინაბამა.

ექსპერიმენტის განმავლობაში მოხერხდა ქვიშის გაცხელება მხოლოდ 400°C-მდე (დაკვირვება მიმდინარეობდა ზონდის სახით ჩაშვებული თერმომეტრებით), შემდგომი ტემპერატურის მატება მიმდინარეობდა ძალიან ნელა (სავარაუდოდ არასაკმარისი თბოიზოლაციის გამო (ნახ.1)).

პირველმა ექსპერიმენტმა გამოავლინა რამდენიმე პრობლემა:

- 1) იზოლაციის ფენა არ აღმოჩნდა საკმარისი სითბოს კარგი აკუმულირებისთვის, რის გამოც ვერ მოხერხდა ქვიშის 400°C-ზე მეტ ტემპერატურაზე გაცხელება.
- 2) ჩვენი გაანგარიშებით 400°C-ზე გაცხელებულმა ქვიშამ მოახდინა $Q=cm(t_2-t_1)=800\cdot14\cdot(400-20)=4256კჯ$ ენერგიის დაგროვება. სინამდვილეში გაცხელებას დაჭირდა 1სთ და 40წთ (6000წმ). შესაბამისად დახარჯულმა ენერგიამ შეადგინა: $Q=1200\cdot6000=7200კჯ$
- 3) სითბური აკუმულატორი საკმაოდ ჩქარა კარგავდა ტემპერატურას, საშუალოდ 8-10°C საათში.
- 4) ვერ გაამართლა ყვითელი (საჩხერის) ქვიშის გამოყენებამაც ის გამყარდა და ჩამოყალიბდა როგორც ერთიანი მასა გამახურებელი ელემენტის ირგვლივ. ამ მიზეზით მწყობრიდან გამოვიდა გამახურებელი ელემენტიც. ექსპერიმენტის სიზუსტისათვის არასაკმარისად მივიჩნიეთ გამოყენებული ქვიშის რაოდენობაც.



ნახ.1

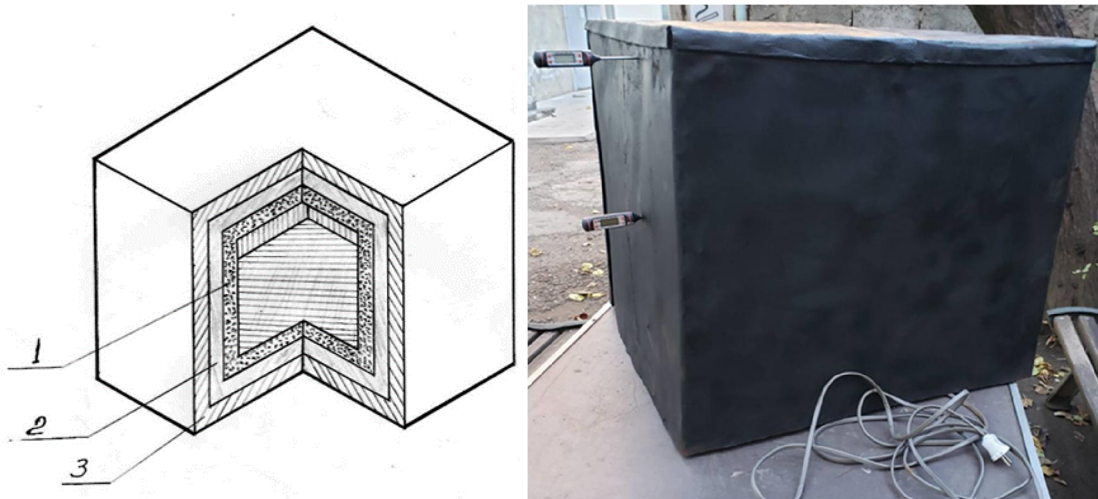
ამ შეცდომების გამოსასწორებლად დამზადდა მეორე უფრო დიდი ზომის მაკეტი შიდა მოცულობით 32სმX46სმX42სმ≈60დმ³ (ნახ.2, სურ.2). სითბოს დამგროვებლად გამოყენებული იქნა სხვადასხვა სილიკატური მასალა და მათი კომბინაცია (მდინარის ქვიშა, ლორღი, ნარევი ლორღი-ქვიშა და ა.შ.) მასით დაახლოებით 90კგ. მდინარის ქვიშისა და წმინდა ლორღის

(შებენი) ნარევი ერთერთი საუკეთესო შედეგი მოგვცა. რაც იმაში გამოიხატა, რომ მიღებული იქნა კარგი თბოგამტარობა და აქედან გამომდინარე მთელი მასის თანაბარი გათბობა. ამავე დროს ქვიშისა და წმინდა ღორღის ნარევის შემთხვევაში მინიმალურია მოცულობითი დანაკარგები.

სითბური აკუმულატორის მაკეტი დამზადდა სამმაგი იზოლაციით, ოთხმაგი კედლებით (ნახ.2) სადაც 1-5სმ სისქის იზოლაციაა დაფხვნილი თიხა-კერამიკული მასალით (დაფხვნილი აგური, კრამიტი და ა.შ.); 2-5სმ სისქის ქვაბამბა; 3-5სმ სისქის პოლიურეთანის ქაფი.

გამახურებელ ელემენტად შეირჩა ისევ სტანდარტულ გამახურებლებში გამოყენებული, კვარცის მილში მოთავსებული ოღონდ უფრო მძლავრი სპირალები 3X1კვტ. სპირალები მექანიკური დაზიანებისაგან დაცვის მიზნით განთავსდა წვრილად დახვრეტილ კვადრატულ მილში.

ექსპერიმენტის შედეგად შევძელით ქვიშის სასურველ 500°C-ზე გაცხელება. ჩვენი გაანგარიშებით ქვიშის მიერ მოხდა $Q=cm(t_2-t_1)=800\cdot90\cdot(500-20)=34560\text{კჯ}$ ენერჯის აკუმულირება. გასათვალისწინებელია ის ფაქტიც, რომ მოხდა ქვიშის კონტეინერის და პირველადი (კერამიკული) იზოლაციის გაცხელებაც. სადაც ჩვენი გათვლებით აკუმულირდა კიდევ დაახლოებით 18000კჯ ენერჯია. რამაც ჩვენი გაანგარიშებით საერთო ჯამში შეადგინა დაახლოებით 53000კჯ ენერჯია.

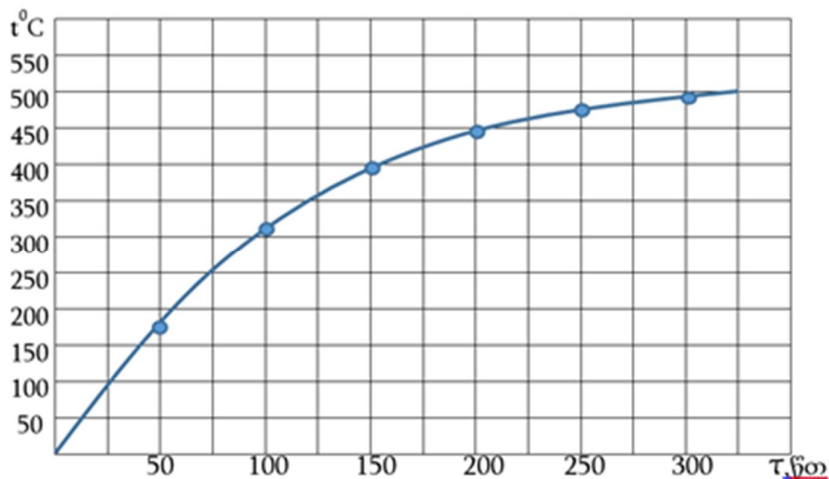


ნახ.2 სურ.2

1-დაფხვნილი თიხაკერამიკის საიზოლაცია ფენა; 2-ქვაბამბის საიზოლაცია ფენა; 3-პოლიეთილენის საიზოლაცია ფენა.

ქვიშის გაცხელებაზე დაიხარჯა 320წთ (19200წმ) დრო შესაბამისად გამახურებელი ელემენტის სიმძლავრის გათვალისწინებით დაიხარჯა $Q=3000\cdot19200=57600\text{კჯ}$ ენერჯია. დანაკარგმა შეადგინა 9%-ზე ნაკლები, რაც სავსებით მისაღებია. ქვიშის გაცხელების ტემპერატურის დამოკიდებულება დროზე მოცემულია ნახ.4-ზე.

სითბურმა აკუმულატორმა საკმაოდ კარგად შეინარჩუნა დაგროვილი ენერგია. ტემპერატურის ვარდნამ სათში მხოლოდ 2-2,5°C შეადგინა. შესაბამისად ენერგიის საშუალო დანაკარგი არ აღემატებოდა 0,5%-ს. კვების წყაროს გამორთვიდან 40 საათის შემდეგ აკუმულატორი ჯერ კიდევ ინარჩუნებდა 400°C ტემპერატურას ე.ი. დაახლოებით 40000კჯ ენერგიას.



ნახ.4

საბოლოოდ დავასკვნით, რომ მიუხედავად სითბური აკუმულატორის არც ისე დიდი ზომისა მოხდა საკმაოდ დიდი ოდენობის სითბოს დაგროვება და შენახვა. მიგვაჩნია, რომ მსგავსი აკუმულატორებით შეგვიძლია დავაგროვოთ დიდი რაოდენობის ენერგია (მაგალითად, 2ტონა ქვიშის შენთხვევაში 800000კჯ-დე) და განვახორციელოთ მისი ტრანსპორტირება და გამოყენება სხვადსხვა, მათ შორის სავსე პირობებშიც.

აგრეთვე შესაძლებლად მიგვაჩნია მზის ენერგიით ქვიშის გაცხელება ოპტიკური კონცენტრატორების (ლინზები, სარკეები, ფოკონები და ა.შ.) გამოყენებით.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Aya Al-Hmoud, Daniel Sebastia-Saez, Harvey Arellano-Garcia. Comparative CFD analysis of thermal energy storage materials in photovoltaic/thermal panels. Computer Aided Chemical Engineering, Volume 46, 2019, Pages 793-798, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818634-3.50133-8>.
2. Bashria A.A. Yousef, Ali Radwan, Salah Haridy, Noura Alajmi. Performance evaluation of a sand energy storage unit using response surface methodology. Energy, Volume 289, 15 February 2024, 129885, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129885>.

Issues of heat energy accumulation using solid masses in order to create heat accumulators in the future

Nikoloz Khachidze, Tengiz Khachidze

LEPL Institute "Optica"

Abstract

The researches related to the problems related to energy accumulation and its storage are presented in the paper. In particular, the issues related to green energy were studied and involve the creation of ecologically clean and efficient thermal accumulators in the future. Researches were mainly conducted to select the optimum for heat storage from various silicate materials and to develop an efficient construction of the heat accumulator. It was found that good results are obtained if a mixture of sand and gravel is used for heat accumulation. When developing the construction of the heat accumulator, its good thermal insulation is important. Which, in turn, reduces losses both during heating and when storing thermal energy and increases the efficiency of the thermal accumulator.

Keywords: Heat accumulator, energy, sand.