

UTICAJ TOPLOTNE IZOLACIJE NA SMANJENJE GUBITAKA ENERGIJE U INDUSTRIJSKIM I ENERGETSKIM POSTROJENJIMA

EFFECT OF THERMAL INSULATION ON REDUCING ENERGY LOSSES IN INDUSTRIAL AND POWER PLANTS

**Stojan SIMIĆ, Goran ORAŠANIN, Dušan GOLUBOVIĆ,
Jovana BLAGOJEVIĆ, Davor MILIĆ**
Mašinski fakultet Istočno Sarajevo,
Istočno Sarajevo, BiH

Smanjenje potrošnje toplotne energije postiže se primenom odgovarajućih tehničkih rešenja. U cilju smanjenja gubitaka toplote u industriji i energetici primenjuje se toplotna izolacija opreme i instalacija. Pri projektovanju od posebnog značaja je izbor adekvatnog izolacionog materijala i debljine izolacije. Pored osnovnog zadatka koji se odnosi na smanjenje gubitaka toplote izolacijom se postižu i drugi efekti, kao što su: zvučna izolacija, protivpožarna zaštita materijala i zaštita pogonskih radnika od opekotina.

U radu su prezentovane osnovne tehničke karakteristike i značaj toplotne izolacije. Na konkretnom primeru je izvršeno praćenje uticaja toplotne izolacije na smanjenje gubitaka toplote.

Ključne reči: toplota, gubici, izolacija, energetska efikasnost.

Reduction of thermal energy consumption can be achieved by using the appropriate technical solutions. In order to reduce heat losses in the industry and power sector thermal insulation of equipment and installations should be applied. Selection of adequate insulation material and insulation thicknesses has particularly importance in designing process. In addition to the primary function of reducing the heat loss, by using the insulation can be achieved also other effects, such as sound insulation, fire protection of material and the protection of workers from burns in the plants.

This paper presents the basic technical characteristics and the importance of thermal insulation. In the particular case has been made monitoring the impact of thermal insulation on reduction of heat loss.

Key words: heat, losses, insulation, energy efficiency.

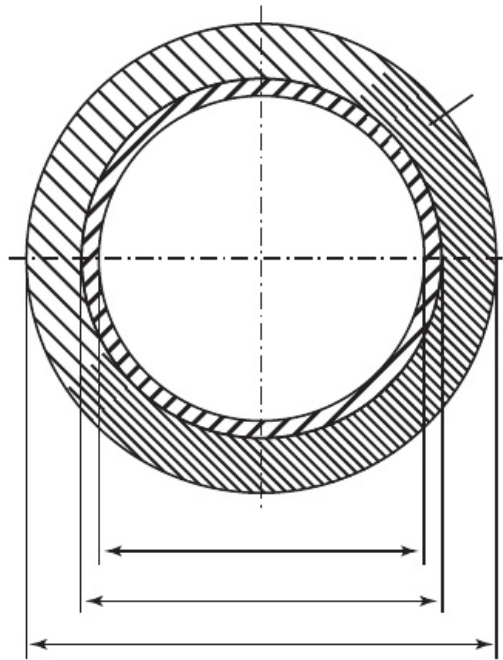
1 UVOD

Ograničene količine i sve skuplja energije doveli su do tog da toplotna izolacija postaje sve značajniji faktor kako u industriji i energetici tako i pri izgradnji stambenih i poslovnih objekata. Osnovni zadatak toplotne izolacije u industrijskim i energetske postrojenjima je smanjenje gubitaka toplote, kao i da spreči izazivanje opekotina kod radnika koji rukuju ovim postrojenjima. Toplotna izolacija je sastavni deo svih energetske i industrijske postrojenja. Predstavlja jedan od najekonomičnijih načina povećanja energetske efikasnosti u industriji i energetici. U poslednje vreme razvijeni su izolacioni materijali čijom se primenom obezbeđuje gotovo idealna toplotna izolacija, kod koje su toplotni gubici gotovo svedeni na nulu.

U radu se razmatra uticaj toplotne izolacije na smanjenje gubitaka energije u industrijskim i energetske postrojenjima.

2 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE I ZNAČAJ TOPLOTNE IZOLACIJE

Temperatura zida cevi ili posude se neznatno razlikuje od temperature medijuma koji se nalazi u posudi ili struji kroz cevovod. Usled toga mogu se javiti značajni gubici toplote u okolinu zbog neizolovanih cevi i posuda. U cilju smanjenja gubitaka toplote u industriji i energetici vrši se izolacija kotlova, rezervoara, posuda, cevovoda i cevne armature. Kao izolacioni materijali, u ovoj oblasti, najširu primenu imaju kamena i staklena vuna i poliuretanska pena. Nosiva konstrukcija toplotne izolacije se najčešće izrađuje od metalnih profila kružnog poprečnog preseka. Izolacioni materijali se postavljaju u oplatu od aluminijumskog lima, pocinkovanog lima, pocinkovanog obojenog lima ili lima koji predstavlja kombinaciju više legirajućih elemenata. Spajanje oplata od limena se vrši vijcima ili zakovicama. Na slici 1. prikazana je primer toplotne izolacije cevovoda.



Slika 1. Toplotna izolacija cevovoda

Pri izboru toplotne izolacije u industriji i energetici potrebno je obratiti pažnju na sledeća svojstva toplotno izolacionih materijala:

- toplotnu provodljivost materijala,
- koeficijent prolaska toplote kroz materijal,
- toplotni otpor materijala,
- gustinu materijala,
- stišljivost materijala,
- trajnost materijala,
- osetljivost na vodu i vlagu materijala,
- protivpožarnu otpornost materijala, i
- da je dobar zvučni izolator.

Osnovno svojstvo na osnovu koga se vrši izbor materijala za toplotnu izolaciju je toplotna provodljivost materijala. Što je manja toplotna provodljivost (mala vrednost koeficijenta toplotne provodljivosti λ) to je materijal bolji toplotni izolator. Takvi materijali se nazivaju toplotni izolatori, a oni s velikom vrednošću koeficijenta toplotne provodljivosti (λ) nazivaju se provodnici toplote. Kod jednog istog materijala vrednost toplotne provodljivosti je promenjiva. Ona zavisi od gustine, odnosno poroznosti, hemijskog sastava materijala, sadržaja vlage u materijalu i od temperature.

Svojstvo izolacionog materijala od koga zavise gubici toplote industrijskih i energetskih sistema je koeficijent prolaska toplote. Vrednost koeficijent prolaska toplote mora biti što manja da bi materijal bio dobar toplotni izolator.

Toplotni otpor je važno svojstvo izolacionih materijala i predstavlja otpor materijala prolasku toplote. To je suprotna veličina u odnosu na koeficijent prolaska toplote. Što je veća vrednost koeficijenta prolaska toplote, to je izolacioni materijal lošiji toplotni izolator. Što je veća vrednost toplotnog otpora, to je izolacioni materijal bolji toplotni izolator.

Osjetljivost na vodu i vlagu je sposobnost izolacionog materijala da ne menja svoja svojstva i oblik prilikom delovanja vode i vlage.

Trajnost izolacionog materijala se definiše kao sposobnost materijala da se suprotstavi promenama svojstava.

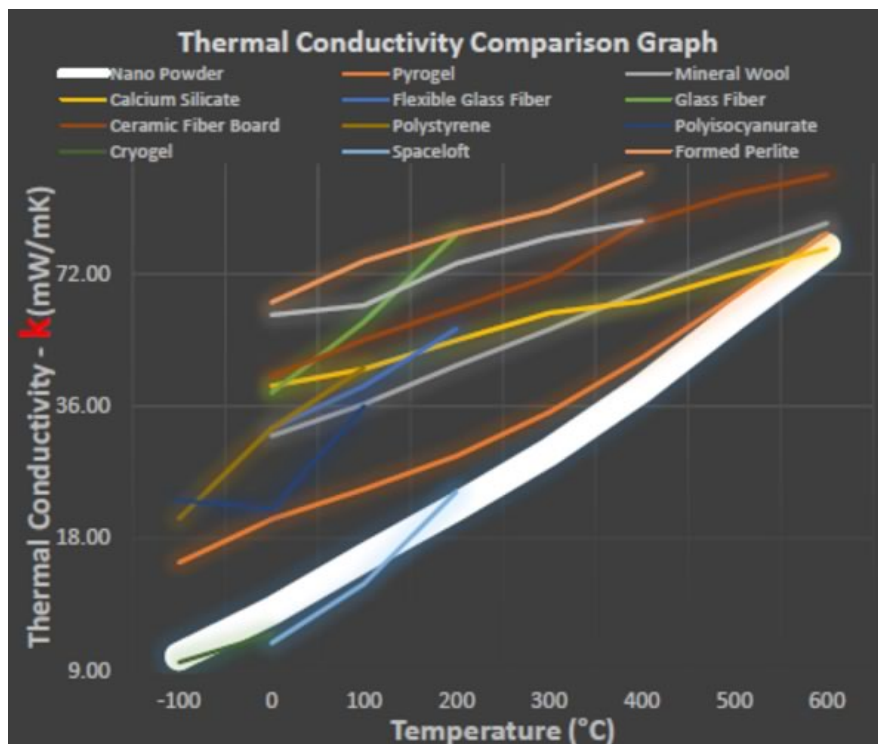
Gustina izolacionog materijala je značajno svojstvo na koje se mora obratiti pažnja prilikom projektovanja toplotne izolacije. Ovo svojstvo zavisi od vrste izolacionog materijala dok oblik i veličina materijala ne zavise.

Protipožarna otpornost toplotne izolacije je sposobnost da zaštiti druge materijale koji se nalaze iza nje od zapaljenja, karbonizacije i drugih štetnih uticaja u nekome vremenskom periodu. Prema

propisima, najviša dozvoljena temperatura površine izolacije sme iznositi 60°C, ako postoji mogućnost nenamernog slučajnog dodira od strane osoblja.

Izbor materijala povezan je s predviđenim mestom i načinom ugradnje. Osim navedenih svojstava često je bitan faktor pri odlučivanju i cena materijala. Ponuda toplotno izolacionih materijala na tržištu poslednjih je godina bogata. Osim uobičajenih i proverenih klasičnih toplotno izolacionih materijala na tržište dolaze i novi, tj. alternativni toplotno izolacioni materijali koje proizvođači često predstavljaju kao ekološke materijale.

Na slici 2. prikaza je promena koeficijenta toplotne provodljivosti za različite materijale u zavisnosti od temperature.



Slika 2. Promena koeficijenta toplotne provodljivosti za različite materijale u zavisnosti od temperature

3 IZBOR DEBLJINE TOPLLOTNE IZOLACIJE

Toplotna izolacija opreme ima zadatak da smanji gubitke toplote prilikom transporta zagrejanih fluida, kao i da zadovolji uslov da temperatura na spoljašnjoj površini izolacije ne prelazi dopuštene vrednosti. Da bi se odredila optimalna debljina toplotne izolacije opreme, potrebno je razmotriti uticaj spoljašnjeg prečnika opreme bez i sa izolacijom na toplotni otpor, odnosno na gubitke toplote.

Na slici 3. prikazana je promena temperature pri prenosu toplote kroz stenu cevi sa toplotnom izolacijom.

Suma otpora kroz stenu cevi sa toplotnom izolacijom izračunava se pomoću izraza:

$$\Sigma R = \frac{1}{\alpha_1 \cdot d_u} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_c} \cdot \ln \frac{d_s}{d_u} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \frac{d_{iz}}{d_s} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{iz}} \quad (1)$$

gde su:

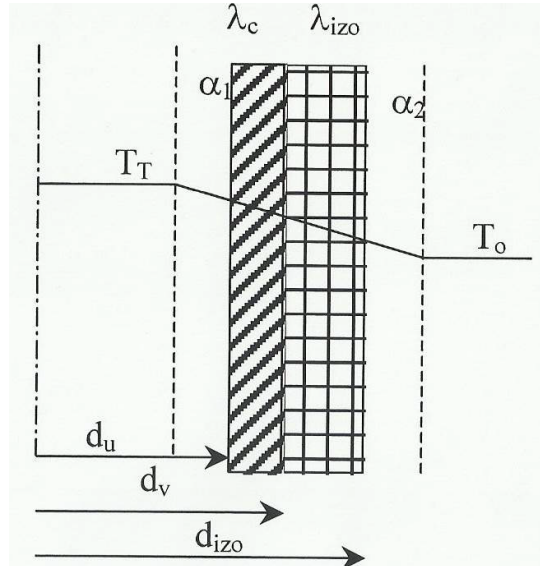
α_1 , $\frac{W \cdot m^2}{K}$, - koeficijent prelaza toplote sa radnog fluida na stenu cevi,

d_u ,mm, - unutrašnji prečnik cevi

λ_c , $\frac{W \cdot m}{K}$, - koeficijent toplotne provodljivosti cevi,

d_s ,mm, - spoljašnji prečni prečnik cevi,

- λ_{iz} , $\frac{W \cdot m}{K}$, - koeficijent toplotne provodljivosti izolacije,
 d_{iz} , mm, - prečnik izolacije,
 α_2 , $\frac{W \cdot m^2}{K}$, - koeficijent prelaza toplote sa površine izolacije na okolinu.

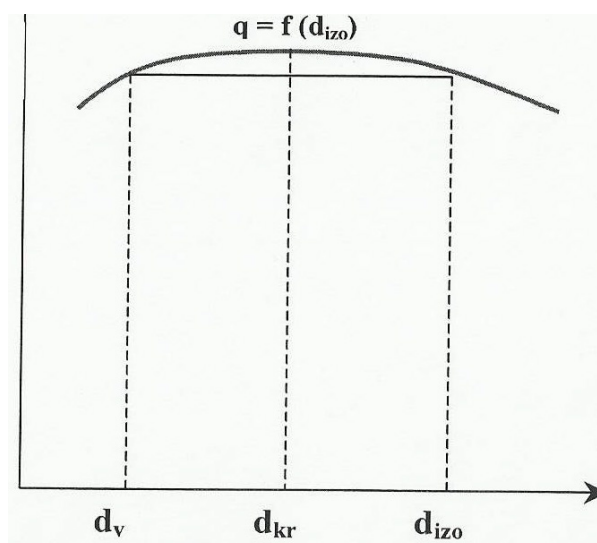


Slika 3. Promena temperature pri prenosu toplote kroz stenku cevi sa toplotnom izolacijom

Iz izraza (1) dobije se kritični prečnik toplotne izolacije cevi:

$$(d_{kr})_{iz} = \frac{2 \cdot \lambda_{iz}}{\alpha_2}, \text{ mm.}$$

Ukoliko je kritični prečnik toplotne izolacije $(d_{kr})_{iz}$ veći od spoljašnjeg prečnika cevi (d_s) nije isplativo postavljati izolaciju, jer će se povećavati toplotni gubici. Na slici 4. prikazano je kako se menjaju toplotni gubici u zavisnosti od debljine toplotne izolacije (d_{iz}).



Slika 4. Uticaj debljine izolacije na gubitke toplote

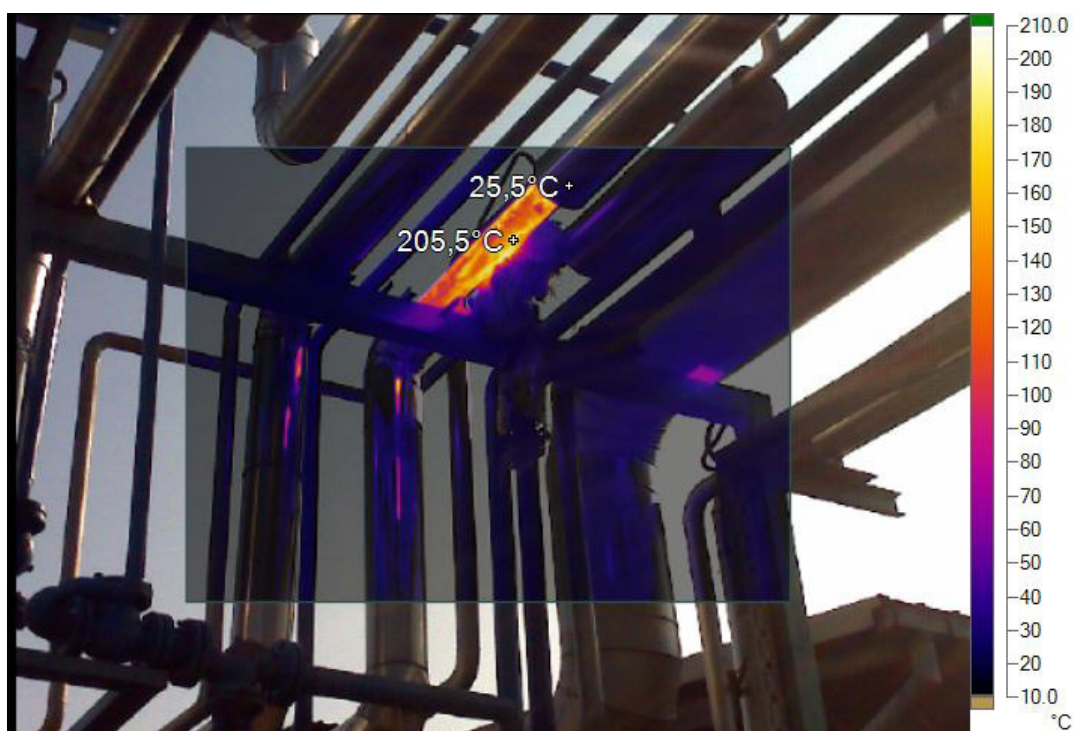
Kao što je prikazano na slici 4. gubici toplote (q) prvo rastu s povećanjem debljine izolacije odnosno spoljašnjeg prečnika cevi s izolacijom i postiže se maksimum kada je prečnik izolacije (d_{iz})

jednak kritičnom prečniku (d_{kr}). Daljim povećanjem debljine izolacije opadaju gubici toplote i pri prečniku izolacije (d_{iz}) su jednaki kao i za cev koja nije toplotno izolovana.

Na primer, za neizolovani cevovod nazivnog prečnika 100 mm kroz koji struji pregerejana vodena para pritiska 10 bara gubici toplote iznose 1052 W/m. Ukoliko se ovaj cevovod toplotno izoluje sa CaSiO_4 debljine 65 mm gubici toplote se smanjuju i iznose 73 W/m. Kod toplotno neizolovane cevne armature (ventili, zasuni i dr.) gubici toplote su ekvivalentni gubicima toplote neizolovanog cevovoda dužine 1,1 do 1,3 m. Kada su u pitanju neizolovane prirubnice kod cevovoda gubici toplote su ekvivalentni gubicima toplote neizolovanog cevovoda dužine 0,3 do 0,4 m.

4 UTICAJ TOPLOTNE IZOLACIJE NA SMANJENJE GUBITAKA TOPLOTE

Na primeru cevovoda izvršeno je praćenja uticaja toplotne izolacije na smanjenje gubitaka toplote. Merenje temperature je vršeno na površini cevi čiji je materijal ugljenični čelik, kao i na površini aluminijumskog lima u čijem se oklopu nalazi toplotna izolacija od mineralne vune debljine 70 mm. Spoljašnji prečnik cevovoda je 88,3 mm. Kroz cevovod struji pregrejana vodena para pritiska 3,6 bara. Cevovod je toplotno izolovanu toku 2009. godine. Rezultati izvršenih merenja termovizijskom kamerom pokazuju da je temperatura na površini toplotne izolacije niža od temperature na površini cevi za oko 180°C (slika 5.).



Slika 5. Prikaz merenja temperature izvršenih termovizijskom kamerom cevovoda sa i bez izolacije (spoljašnji prečnik cevovoda 88,3 mm)

Na slici 6. prikazani su rezultati izvršenih merenja temperature na površini cevovoda čiji je spoljašnji prečnik 60,3 mm i debljina izolacije 50 mm. Kroz cevovod struji pregrejana vodena para pritiska 3,6 bara.

Cevovod je toplotno izolovanu toku 2009. godine. Rezultati izvršenih merenja termovizijskom kamerom pokazuju da je temperatura na površini toplotne izolacije niža od temperature na površini cevi za oko 139°C .

Na efikasnost toplotne izolacije utiču sljedeći činioci: kompaktnost (zbijenost) izolacionog materijala koja se postiže prilikom montaže, prodor vode u termoizolaciju, spoljašnja temperature, atmosferski uticaji i dr.



Slika 6. Prikaz merenja temperature izvršenih termovizijskom kamerom cevovoda sa i bez izolacije (spoljašnji prečnik cevovoda 60,3 mm)

5 ZAKLJUČAK

Smanjenje gubitaka toplote kod opreme industrijskih i energetskih postrojenja postiže se izborom adekvatne debljine i vrste materijala toplotne izolacije. Osnovna dva zadatka toplotne izolacije su:

- kada je radni medijum zagrejan neophodno je svesti gubitke toplote u okolinu na najmanju moguću meru, i
- kada se radni medijum nalazi na temperaturi okoline cilj je da se spreči pad temperature odnosno njegovo smrzavanje.

Pored zadatka koji se odnosi na energetska efikasnost toplotna izolacija ima značajnu ulogu sa aspekta zaštite na radu.

6 LITERATURA

- [1] Todorović, M., Bogner, M., Denić, N.: O izolaciji, Eta, Beograd, 2012.
- [2] Simić, S., Džudželija, Ž., Ganilović, D.: Iskorišćenje otpadne toplote pomoću toplotne pumpe u Rafineriji ulja Modriča, "Procesna tehnika", SMEITS Beograd, 28. Međunarodni kongres o procesnoj industriji, Procesing 2015., Indija, 04-05.06.2015., str. 84-89.
- [3] Đukić, V.: Uloga cementne industrije BiH u sistemu upravljanja otpadom, Zaštita materijala, Broj 3, Sarajevo, 2008., str. 40-44.