

5 laboratorinis darbas

LIEPSNOS PLITIMO SKYSČIŲ PAVIRŠIUMI GREIČIO NUSTATYMAS

Darbo tikslas

Ištirti liepsnos plitimo greitį skysčių paviršiumi.

Teorinė dalis

Paveikus skystį uždegimo šaltiniu, skystis pradės kaisti, didės jo garavimo greitis ir pasiekus paviršiaus užsiliepsnojimo temperatūrą, užsidegs jo garų ir oro mišinys. Atsiras liepsna, kuri tam tikru greičiu plis skysčio paviršiumi.

Liepsna plinta skysčio paviršiumi dėl šilumos, kuri išsiskiria liepsnos zonoje. Šiluma į skysčio paviršių perduodama esant išspinduliavimui, konvekcijai ir šilumos laidumui.

Pagrindinį vaidmenį šiame procese turi šilumos išspinduliavimas nuo liepsnos. Žinoma, kad liepsna, kurios temperatūra didesnė už 1000 °C, sugeba išspinduliuoti šiluminę energiją. Išspinduliuojamo šilumos srauto intensyvumas nustatomas pagal Stefano ir Bolcmano formulę:

$$q_s = \varepsilon_0 \cdot \delta \cdot (T_d^4 - T_0^4), \quad (5.1)$$

čia q_s – išspinduliuojamo šilumos srauto intensyvumas, kW/m²;

ε_0 – kūno (liepsnos) juodumo laipsnis ($\varepsilon_0 = 0,75 \dots 1,0$);

δ – Stefano ir Bolcmano konstanta – $5,7 \cdot 10^{-11}$; kJ/m³s·K⁴;

T_d – liepsnos temperatūra, K;

T_0 – terpės temperatūra, K.

Dalis šilumos, kuri yra išspinduliuojama į visas puses, patenka į nedegantį skystį ir jį įšildo. Padidėja skysčio garavimas ir susidaro garų ir oro mišinys ir kai garų koncentracija viršija apatinę koncentracinę užsiliepsnojimo ribą (AKUR), garų ir oro mišinys užsidega nuo ugnies.

Eksperimentais nustatyta, kad skysčių liepsnos temperatūra ir ε_0 mažai keičiasi, todėl liepsnos plitimo greitis priklausys ne nuo šių dydžių, o nuo degiojo skysčio prigimties ir dujų dinaminių sąlygų, nes būtent jos nulemia degiojo garų ir oro mišinio susidarymą.

Liepsnos plitimo greitis (u_l) – tai kelias (l), kurį nueina liepsna skysčio paviršiumi per laiko vienetą (τ):

$$u_l = \frac{l}{\tau}. \quad (5.2)$$

čia u_l – liepsnos plitimo greitis;

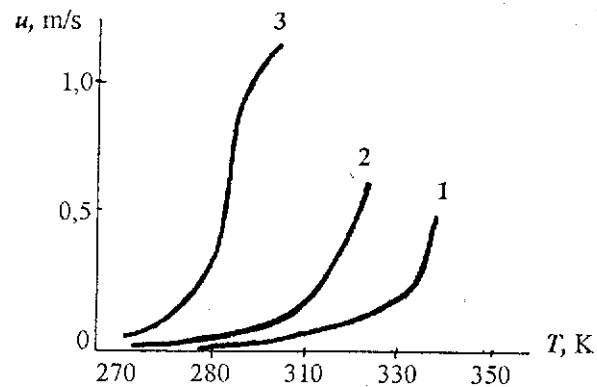
l – kelias, kurį liepsna nueina skysčio paviršiumi;

τ – liepsnos plitimo laikas.

Jis priklauso nuo įvairių veiksnių:

1. Skysčių prigimties. Kadangi degant skysčiams liepsnos temperatūros ir juodumo koeficiento reikšmės mažai keičiasi, tai degimo procesui didelę įtaką turi skysčio garavimo šiluma ir pliūpsnio temperatūra. Kuo didesnės jų reikšmės, tuo ilgiau reikia kaitinti skystį, kad susidarytų degusis garų ir oro mišinys. Taip pat mažesnis yra ir liepsnos plitimo greitis. Didėjant medžiagos molekulinei masei (tos pačios homologinės eilės), sumažėja garų slėgis, padidėja garavimo šiluma ir pliūpsnio temperatūra. Sumažėja ir liepsnos plitimo greitis.

2. Pradinės skysčio temperatūros. Padidinus skysčio temperatūrą padidėja liepsnos plitimo greitis, nes sutrumpėja laikas, kuris reikalingas pašildyti skysčiui iki pliūpsnio temperatūros. Kai skysčio pradinė temperatūra pasiekia pliūpsnio temperatūrą, liepsnos plitimo greitis staigiai padidėja (5.1 pav.).



5.1 pav. Liepsnos plitimo greičio priklausomybė nuo pradinės skysčio temperatūros:
 1 – izoamilo alkoholis $T_{pl}=316$ K; 2 – butilo alkoholis $T_{pl}=307$ K;
 3 – etilo alkoholis $T_{pl}=286$ K

Pradedant pliūpsnio temperatūra, liepsnos plitimo greitis pagal fizikinę prasmę bus toks, kuris atitiks liepsnos plitimo greitį, artimą apatinei koncentracinei užsiliepsnojimo ribai (AKUR), t. y. 4-5 cm/s.

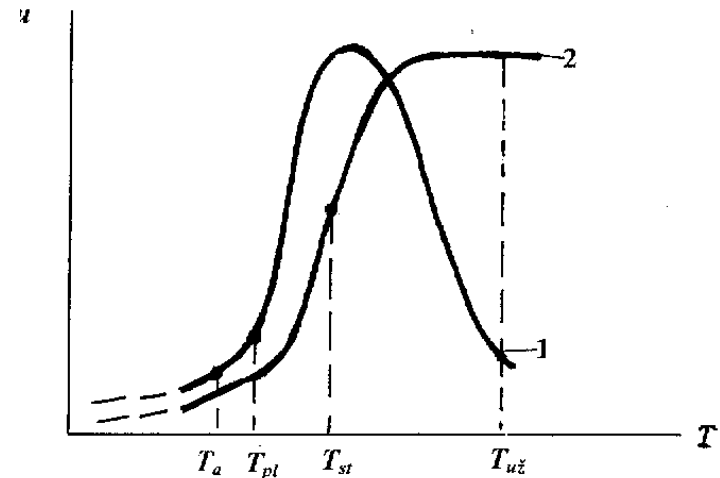
Didinant pradinę temperatūrą iki didesnės už pliūpsnio temperatūrą, liepsnos plitimo greitis keisis priklausomai nuo degiojo mišinio sudėties. Iš tikrųjų, kai temperatūra didesnė už T_{pl} , garų koncentracija didės nuo AKUR iki 100%, nes bus pasiekta skysčio virimo temperatūra. Didinant temperatūrą nuo T_{pl} iki temperatūros, kuriai esant susidarys stochiometrinės sudėties garų ir oro mišinys, liepsnos plitimo greitis bus didžiausias. Toliau didinant temperatūrą, liepsnos plitimo greitis liks pastovus.

Liepsnos plitimo greičio priklausomybė nuo degiojo skysčio temperatūros yra aprašoma empirine lygtimi:

$$v = 0,324 \cdot \exp(66,3 \cdot T_0 - 72,3 \cdot T_a) \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

čia T_0 – pradinė skysčio temperatūra, K;
 T_a – apatinė temperatūrinė skysčio užsiliepsnojimo riba.

3. Nuo to, ar **atviraime ar uždaraime rezervuare** vyksta liepsnos plitimas (5.2 pav.).



5.2 pav. Liepsnos plitimo greičio priklausomybė nuo skysčio pradinės temperatūros
 1 – skysčio degimas uždaraime inde; 2 – skysčio degimas atviraime inde

Keičiant pradinę skysčio temperatūrą atviraime inde iki virimo temperatūros, liepsnos plitimo greitis keisis nuo keleto mm/s iki 3–4 m/s. Liepsna plis didžiausiu greičiu degiajame mišinyje, kurio sudėtis yra artima stochiometrinei sudėčiai. Didinant skysčio temperatūrą iki didesnės kaip T_{st} , didės tik aukštis virš skysčio, kuriame bus stochiometrinė mišinio koncentracija, o liepsnos plitimo greitis liks pastovus. Šią skysčių degimo savybę visada reikia turėti omenyje gėsinant gaisrus, organizuojant

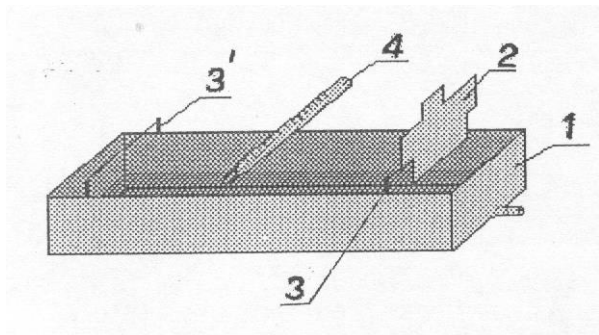
profilaktinius darbus. Pvz., kai atsiranda oro įsiurbimo į indą pavojus, gali įvykti indo išhermetizacija.

4. Priemaišų buvimo skystyje. Kai skystyje yra įvairių priemaišų, keičiasi garų kokybinė ir kiekybinė sudėtis, taip pat ir liepsnos plitimo greitis.

Reikia pažymėti, kad kai skysčio temperatūra žemesnė kaip T_{pl} , liepsnos plitimo greitis atviraime rezervuare neviršija 0,1–0,2 m/s, o didžiausias liepsnos plitimo greitis skysčio paviršiumi, kai nėra oro srauto greičio, yra artimas 1,5–2 m/s. Jei oro srautas, nukreiptas prieš liepsnos plitimo kryptį, pasiekia 4–6 m/s, tai liepsna sustoja plisti. Dar daugiau padidėjus oro srauto greičiui, liepsna nutrūksta.

Darbo eiga

1 užduotis. Nustatykite dėstytojo duoto skysčio liepsnos plitimo greitį, naudodami 5.3 pav. pateiktą įrangą.



5.3 pav. Liepsnos plitimo skysčių paviršiumi greičio nustatymo įranga:

- 1 – termostatinis metalinis indas; 2 – pertvara;
- 3, 3' – kabliukai siūlams užrišti; 4 – termometras

Darbo atlikimo tvarka

Į termostatinę metalinę indą (1) supilamas dėstytojo duotas skystis ir termometru (4) išmatuojama jo temperatūra. Prie kabliukų (3, 3') pririšami siūlai, išmatuojamas atstumas tarp starto (3') ir finišo (3) linijų. Nedidelis skysčio rezervuaras atskiriamas pertvara (2). Skystis iki pertvaros padegamas ir pertvara nuimama. Sekundometru matuojamas laikas, per kurį liepsna nueina nuo starto iki finišo linijos (laikas fiksuojamas, kai perdega siūlai). Liepsna gesinama, indą uždengiant metaliniu dangčiu.

Bandymas kartojamas esant skirtingoms dėstytojo nurodytoms degiojo skysčio koncentracijoms ir skirtingoms pradinio skysčio temperatūroms. Bandymai esant toms pačioms sąlygoms kartojami 2–3 kartus. Bandymų duomenys surašomi į 5.1 lentelę.

5.1 lentelė

| Eil. Nr. | Skysčio koncentracija C , % | Skysčio temperatūra T , K | Liepsnos plitimo laikas τ , s | Liepsnos plitimo greitis, u_l m/s | Vidutinis liepsnos plitimo greitis, u_{lvid} m/s |
|--------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| I bandymas | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| II bandymas | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| III bandymas | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| IV bandymas | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

2 užduotis. Apskaičiuokite liepsnos plitimo greitį gryno skysčio paviršiumi esant skirtingoms dėstytojo nurodytoms temperatūroms pagal (5.3) formulę ir palyginkite su bandymais gauta liepsnos greičio plitimo reikšme.

3 užduotis. Pagal 5.1 lentelės duomenis nubrėžkite liepsnos plitimo greičio priklausomybę duotoms skysčio koncentracijoms.

Savikontrolės klausimai

1. Kokioms sąlygoms esant skysčiai užsiliepsnoja?
2. Kokie veiksniai nulemia liepsnos plitimą skysčių paviršiumi?
3. Kokia turi būti skysčio paviršiaus temperatūra prieš liepsnos frontą, kad liepsna plistų skysčio paviršiumi?
4. Koku degimo režimu plinta liepsna?
5. Kaip liepsnos plitimo greitis priklauso nuo pradinės skysčio temperatūros?
6. Kokie veiksniai turi įtakos liepsnos plitimo greičiui?
7. Ar liepsnos plitimo greitis yra konstanta?