

Автореферат
133

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ

ЛЕБЕДЕВ БОРИС ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК. 536.24:621.791.55

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЕКЗОТЕРМІЧНИХ СТЕРЖНІВ ПРИ РЕМОНТІ Й УТИЛІЗАЦІЇ
СУДЕН**

Спеціальність

05.14.06 – технічна теплофізика і промислова теплоенергетика

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Одеса – 2007

Дисертація є рукописом.
Робота виконана в Одеській державній академії холоду
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки України, **Чумак Ігор Григорович**, Одеська державна Академія холоду

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор, **Нікульшин В. Р.** завідувач кафедрою Теоретичної, загальної і нетрадиційної енергетики Одеського національного політехнічного університету.

доктор технічних наук, професор, **Шевченко М. П.** професор кафедри Криогенної техніки Одеської державної академії холоду.

Провідна установа Інститут проблем Машинобудування ім. А. М. Подгорного НАН України .

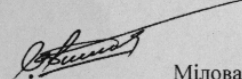
Захист відбудеться "5" березня 2007 р. у 11 годин 30 хвилин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д41.087.01 Одеської державної академії холоду за адресою 65000, Одеса, вул. Дворянська 1/3.

З дисертацією можна ознайомитись в Одеській державній академії холоду за адресою 65000, Одеса, вул. Дворянська 1/3.

Автореферат розісланий "1" лютого 2007 р.

(127)
секретар

Одеської вченої ради Д 41.087.01


Мілованов В.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Суднопіднімальні роботи з метою очищення акваторій і фарватерів ведуться в даний час досить часто. Найчастіше зрізуються частини судна, що виступають з під води, розрізається на ґрунті основний корпус судна і піднімається вроздріб для наступної утилізації як металобрухт. Основним засобом розрізування є електрокисневе різання, тобто сумісне використання електрозварювання і кисню. Використання електрозварювання на багатьох суднопіднімальних судах невеликої водотоннажності пов'язано з певними труднощами, оскільки зварювальне устаткування важке і громіздке.

Для того щоб відмовитися від важкого зварювального устаткування робляться спроби використовувати для різання термохімічні стержні в сполученні з киснем.

Ремонт устаткування, також як і судноподъем це широко розповсюджений технологічний процес. Ремонт може полягати в заміні деталей, що вийшли з ладу, новими чи, коли це чи неможливо чи економічно недоцільно, у ремонті і відновленні деталей. При здійсненні ремонту необхідно виконувати роботи, пов'язані з розрізуванням деталей (особливо при ремонті різних трубопроводів). Як і у випадку суднопод'єма, проведення цих робіт вимагає також складного і дорогого устаткування, на якому повинен працювати висококваліфікований персонал. На практиці ж досить часто виникають ситуації, коли необхідно зробити ремонт оперативно, у період рейсу судна поза стаціонарним підприємством, не маючи висококваліфікованого персоналу. Використання термохімічних зварювальних і ріжучих стержней, забезпечує значні переваги в порівнянні з іншими зварювальними технологіями.

Термохімічні зварювальні і ріжучі стержні, котрі як би є «квазіелектродами», не вимагають для свого використання ніякого зварювального устаткування і ніяких зовнішніх джерел енергії. Ці стержні можуть працювати у важкодоступних місцях, на суші і під водою. Використання цих стержнів не вимагає високої кваліфікації і спеціальної підготовки персоналу. Вимоги, пропоновані охороною праці до захисного одягу й інших засобів захисту значно нижчі, ніж при звичайному зварюванні.

Грунтуючись на вищевикладеному можна затверджувати, що розробка й удосконалення науково обґрунтованої методики розрахунку характеристик зварювальних термохімічних стержнів, створення високопрацевдатних термохімічних засобів для надводного і підводного різання металів, і розробка технології їхнього застосування для оперативного ремонту деталей судномашин і суднопідйому є актуальною і багатоплановою задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами – цільова спрямованість дисертаційної роботи пов'язана з виконанням держбюджетної роботи з теми: "Удосконалювання технічної експлуатації судових енергетичних установок транспортних суден" №0102U007164, що виконувалася в Одеській національній морській академії.

Мета і задачі дослідження. Досліджувати закономірності теплообміну при горінні термохімічних ріжучих стержнів, під водою і на суші, на основі чого створити науково обгрунтовану методику розрахунку енергетичних характеристик термохімічних ріжучих стержнів, створити високоефективні термохімічні ріжучі засоби і розробити технологію їхнього застосування.

Виходячи з поставленої мети, у роботі розв'язуються такі задачі:

- досліджені закономірності різання металів екзотермічними стержнями на повітрі, під водою, відмінні від закономірностей звичайного підводного різання, як електричного, так і газового,
- на основі вивчення закономірностей різання розроблені і науково обгрунтовані методики розрахунку ККД екзотермічного ріжучого стержня, і необхідної теплової потужності його для різання металу,
- вивчені закономірності горіння і розроблені високоенергетичні екзотермічні склади, що забезпечують необхідну теплову потужність для здійснення різання металів.

Об'єкт дослідження – особливості теплообміну при горінні екзотермічних стержнів, що ріжуть під водою і на повітрі.

Предмет дослідження - закономірності киснево-термічного різання і зварювання металів.

Методи дослідження:

Методи сучасної прикладної теплотехніки, що використовувалися для дослідження процесів теплообміну в зварювальній зоні з метою досягнення необхідних енергетичних показників.

Математичне моделювання й обчислювальний експеримент в області процесів зварювання .

Експериментальні дослідження процесів теплообміну в зварювальній зоні.

В дисертації захищаються **наукові положення:**

1. При нагріванні металу екзотермічним стержнем створюється особливе середовище нагрівання, і варто враховувати особливий характер теплообміну і тепловтрат;
2. при підводному розрізуванні металу тепла потужність джерела повинна розраховуватися з урахуванням значного відводу теплової енергії у воду; що здійснюється комплексно: у результаті тепловіддачі при плівковому кипінні, тепловіддачі при бульковому кипінні, тепловіддачі при кипінні змішаного типу і тепловіддачі без зміни агрегатного стану в результаті конвективного теплообміну і в результаті променистої тепловіддачі, на яку значно впливають показники променезаломлення середовища, причому найбільш інтенсивне тепловідведення спостерігається в зоні булькового кипіння при переході до кипіння змішаного типу.

Наукова новизна визначається наступними результатами досліджень:

1. аналітично встановлені закономірності теплообміну при різанні термітними і киснево-термічними стержнями на повітрі і при підводному різанні;
2. розроблена методика розрахунку ККД і необхідної теплової потужності зварювального та ріжучого киснево-термічного стержня;
3. подальший розвиток отримано у вивченні процесу теплообміну при горінні зварювального і ріжучого киснево-термічного стержня на повітрі і під водою, що дають можливість розраховувати необхідну теплову потужність складів і жужільний склад;
4. отримано нові результати експериментальних досліджень закономірностей теплообміну при різанні термітними і киснево-термічними стержнями на повітрі і при підводному різанні;
5. отримано подальший розвиток у галузі технології зварювання, наплавлення і різання екзотермічними зварювальними стержнями.

Практичне значення отриманих результатів.

Автор дисертації розробив і науково обгрунтував новий напрямок у ремонті суднових темничних засобів (СТЗ), що дає можливість оперативного ремонту без виводу судна з експлуатації з використанням нескладних засобів і персоналом невисокої кваліфікації.

Автор дисертації розробив і науково обгрунтував новий напрямок у створенні екзотермічних засобів підводного і надводного різання, що дає можливість широко використовувати ці засоби в різних галузях народного господарства й у побуті для проведення різних ремонтно-відбудовчих робіт.

Особистий внесок здобувача:

Автор уперше:

- визначив закономірності теплообміну при зварюванні - різанні екзотермічними стержнями, дав нову методику розрахунку ККД і необхідної теплової потужності зварювально – ріжучого стержня;
- експериментально досліджував закономірності теплообміну при різанні екзотермічними і киснево-термічними стержнями на повітрі і під водою;
- одержав нові наукові результати по горінню термітних сумішей, що дають можливість розраховувати необхідну теплову потужність складів і жужільний склад для запобігання перемішування термітного металу зі шлаком у період кристалізації;
- розробив методику розрахунку теплових характеристик екзотермічних стержнів, у залежності від властивостей пластини, що розрізається.

Апробація результатів роботи: Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на наступних науково технічних конференціях і семінарах:

Українська науково-технічна конференція “Сучасні технології й устаткування в газотермічних процесах відновлення й утилізації деталей машин.” Київ, 1999

Науково-технічна конференція “Енергозбереження в системах опалення, вентиляції і кондиціонування” Одеська державна академія будівництва й архітектури. (Одеса 2003).

Український семінар “Сучасний стан ремонтно – відбудовної бази підприємств морегосподарчого комплексу України і шляху її подальшого розвитку. Прогресивні технології зварювання і з'єднання матеріалів у судноремонті” (Одеса 2003).

Український семінар “Зварювання і родинні технології в сучасному машинобудуванні” (Одеса 2003).

Український семінар “Зварювання і родинні технології в сучасному машинобудуванні” (Одеса 2004).

Українська науково-технічна конференція “Нові процеси і їхні моделі в ресурсо- і енергозберігаючих технологіях” ОНПУ (Одеса 2003).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 12 наукових статей і отримано 15 патентів України.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, шістьох розділів, списку використаної літератури і додатків. Загальний обсяг складає 175 с., у тому числі 165 с. машинописного тексту, 45 малюнків, 4 таблиці, 2 додатки. Список використаної літератури складає 102 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи. Сформульовано мету і задачі дослідження, відбиті наукова новизна і практична цінність роботи, наведені відомості про апробацію, публікації, відомості про використання результатів досліджень.

Розділ 1. Огляд проблем, зв'язаних з відновленням і ремонтом деталей машин суднових технічних засобів при яких може бути використане екзотермічне різання.

Сучасні морські і річкові судна оснащені великою кількістю суднових технічних засобів, причому деталі цих засобів виготовляються з різних сплавів, тому задача підтримки працездатності СТЗ вимагає наявності досить значного ремонтного арсеналу. Матеріали, з яких виготовляються ці деталі можна умовно розбити на три групи. Це чавуни, сталі і кольорові сплави. За даними кафедри ТМС Одеської національної морської академії характерні дефекти чавунних деталей що потребують ремонту і відновлення є: утворення тріщин, знос поверхні, нарості, натирь, раковини; сталевих деталей - утворення тріщин, знос поверхні, корозія, ризи й ін., деталей з кольорових сплавів: утворення тріщин, знос поверхні, наклеп, ризи, забоїни.

У багатьох випадках мається необхідність зробити ремонт, у період рейса, без виводу судна з експлуатації, якість якого була б достатня на термін, поки не буде можливість скористатися стаціонарною ремонтною базою.

Крім того, у морських і річкових акваторіях України мається величезна кількість затонулих суден, що навіть у випадку вдалого підйому, що саме по собі є

дуже дорогою операцією, не придатні до подальшого ремонту й експлуатації. Найчастіше, вигідніше судно розрізати на ґрунті і підняти вроздріб для його наступної утилізації як металобрухт.

Як у першому, так і в другому випадках необхідно застосовувати могутнє, дороге устаткування і використовувати персонал високої кваліфікації.

Як видно з вищевикладеного, раціонально мати засоби для оперативного ремонту й утилізації суден досить малогабаритні, не зв'язані з зовнішніми джерелами енергії і не потребуючі для своєї експлуатації висококваліфікованого персоналу, - засоби як для надводних, так і для підводних робіт. Такими засобами можуть бути пристрої у вигляді екзотермічних стержнів, що використовують енергію окисних чи окислювально-відновних реакцій, (зокрема термічних) чи засоби горіння висококалорійних металів у кисні, що в принципі дозволяє одержати згадані вище характеристики.

Основна задача, що існує при створенні таких стержнів, це визначення їхніх енергетичних параметрів, що неможливо зробити без ретельного вивчення закономірностей теплообміну при горінні таких стержнів на повітрі і під водою.

Показано, що при різанні і зварюванні екзотермічними стержнями умови нагрівання металу значно відрізняються від умов нагрівання електричною дугою, тому наявні результати можуть бути використані з великою обережністю як приблизні. В даний час немає методик, що дозволяють розрахувати теплову потужність екзотермічного стержня, необхідну для зварювання і для різання, ні методики розрахунку тепловтрат при горінні екзотермічних стержнів, як на повітрі, так і під водою.

Розділ 2. В другому розділі виконані теоретичні дослідження потрібної теплової потужності екзотермічних стержнів, що виділяють термічний метал, до складу яких входить твердий окислювач і які є найбільш малогабаритними і найбільш оперативними в застосуванні, а також дослідження для більш загального випадку, коли склад стержнів більш складний і багатокомпонентний і нагрівальним середовищем при горінні таких стержнів є стоплений метал, стоплені оксиди і газовий струмінь.

Для першого випадку потрібна теплова потужність стержнів визначається виразом:

$$q = \frac{3T \cdot \varepsilon \cdot D^{1.05} \cdot v^{0.5}}{\eta \cdot \exp\left(\frac{-z^2 \cdot v}{4\alpha \cdot D}\right)}, \quad (1)$$

де

$$\eta = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T + \varepsilon_M} \quad (2)$$

і T - температура K^0 , ε - коефіцієнт теплової активності - $\text{Дж}/\text{м}^2 \text{K}^{0.5}$; D - діаметр стержня - м; v - швидкість переміщення стержня уздовж шва - м/с; Z - товщина металу - м; α - коефіцієнт температуропровідності $\text{м}^2/\text{с}$; η - ККД стержня. Закономірності зміни необхідної теплової потужності стержнів, у залежності від товщини пластини, що розрізається чи зварюється, показані на рис.1.

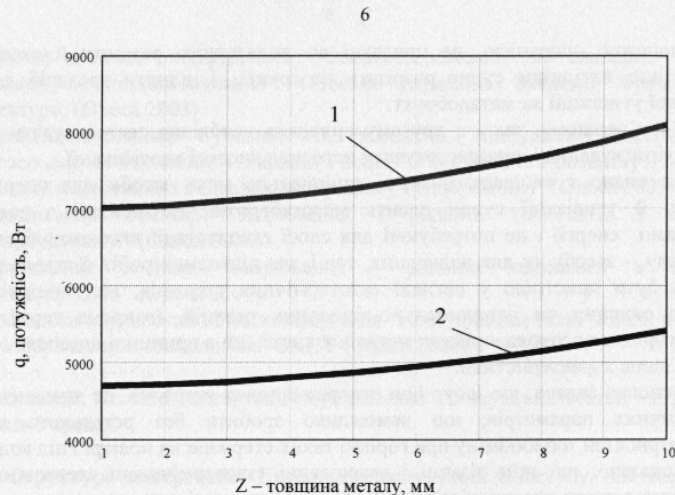


Рис. 1. Необхідна теплова потужність екзотермічних стрижнів, виділяючих мідь - 2 і сталь - 1, для зварювання-різання сталі.

Дослідження показують, що теплова потужність зварювального стержня для нагрівання до однакої температури сталевих зразків однакої товщини, для стержня, що виділяє залізо повинна бути в 1,4 рази більшою, ніж для такого ж стержня, що виділяє мідь.

При зварюванні і різанні екзотермічним стержнем значний вплив на процес робить не тільки його теплова потужність, але і час теплового насичення, оскільки розміри стержня і час його горіння обмежені.

У дійсній роботі час теплового насичення визначався шляхом моделювання процесу підвищення температури і може бути розраховано за виразом:

$$T_{M(z,\tau)} = \frac{(T_{OT} - T_{OM}) \varepsilon_T}{\varepsilon_T + \varepsilon_M} \left[1 - \exp\left(-\frac{v^2 \tau}{4\alpha}\right) \right] \cdot \left[1.26 \cdot \exp\left(-\frac{z}{2\sqrt{\alpha\tau}}\right) \right] \quad (3)$$

де T_{0m} , T_{0M} - початкові температури металу що зварюється чи ріжеться і термітного металів, ε_m і ε_M - коефіцієнти теплової активності металу що зварюється чи ріжеться і термітного металів, Z - товщина металу, що зварюється. (τ - час нагрівання).

Ріст температури до значення насичення показаний на рис.2

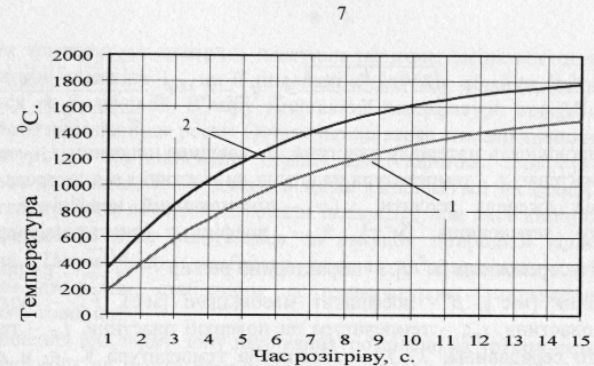


Рис. 2. Залежність температури сталі, зварюваної стрижнем, виділячим мідь, від часу нагрівання. На поверхні - 1 і на глибині 3 мм - 2

Дослідження теплової потужності стержнів, що мають більш складний компонентний склад і забезпечуючих різномірне середовище нагрівання проводилося з урахуванням того, що тепловіддача навколишньому середовищу здійснюється одночасно трьома способами: теплопередачею усередині тіла, конвективною тепловіддачею від тіла безпосередньо в навколишнє середовище і променистою тепловіддачею. При різних умовах теплообміну вплив кожної з цих складових різниї - при зварюванні - різанні товстостінних конструкцій невеликого розміру чи довгих циліндрів (прутків) встик, вирішальне значення має теплопередача усередині тіла, особливо для матеріалів з високим коефіцієнтом теплопровідності (наприклад, алюмінію), навпаки, при зварюванні - різанні тонких пластин, особливо при інтенсивному теплообміні з навколишньою середою, конвективна тепловіддача відіграє вирішальну роль. При зварюванні у вакуумі основний вид теплообміну - випромінювання.

У такий спосіб:

$$Q_{cv} = Q_k + Q_r, \quad (4)$$

де: Q_{cv} - потрібна теплова потужність джерела тепла; Q_k - конвективна тепловіддача; Q_r - тепловіддача випромінюванням.

Особливе значення точний розрахунок теплової потужності здобуває у випадку, якщо така потужність конструктивно чи технологічно обмежена, наприклад, при зварюванні термітним зварювальним стержнем чи іншим зовнішнім точковим джерелом тепла.

Технологічні обмеження, що накладаються на таке джерело, полягають у наступному:

- теплота передається тілу на малій по площі ділянці, температура на цій ділянці не може перевищувати температуру кипіння основного металу.
- теплова потужність джерела, що працює в сталому режимі повинна відповідати рівнянню 4.

Загальний вираз для розрахунку теплової потужності точкового джерела тепла, використовуваного при зварюванні-різанні з урахуванням тепловтрат на розплавлення крайок складе:

$$Q_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \delta \cdot (t_n - t_r)}{\ln r} + 0,51 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \beta \cdot \lambda \cdot (t_{нов} - t_{сп})}{a \cdot \nu \cdot l}} \cdot F_{пл} \cdot (t_{нов} - t_{сп}) + F_{пл} \cdot \frac{\left(\frac{T_n}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_r}{100}\right)^4}{\frac{1}{C_0 \cdot \varepsilon_1} + \frac{1}{C_0 \cdot \varepsilon_2} - \frac{1}{C_0}}, \quad (5)$$

де: λ - теплопровідність матеріалу пластини, δ - товщина пластини, t_n - температура джерела, що нагріває, t_r - температура пластини на відстані r від джерела теплоти, r - відстань від джерела теплоти, (μ - кінематичний коефіцієнт в'язкості навколишнього середовища [m^2/c], a - коефіцієнт температуропроводності навколишнього середовища [m^2/c], l - характерний розмір $l = \sqrt{F_{пл}}$, g - прискорення вільного падіння [m/c^2], β - коефіцієнт масовіддачі [m/c], $F_{пл}$ - повна площа тепловіддачі пластини, $t_{нов}$ - температура на поверхні пластини, $t_{сп}$ - температура навколишнього середовища, T_1, T_2 - абсолютна температура К, ε_1 і ε_2 - ступені чорності, σ_0 - стала Стефана-Больцмана.

Це вираження дозволяє досить точно розраховувати теплову потужність екзотермічного стержня, що працює в сталому режимі. Значення теплової потужності джерела показані на рис.3.



Рис. 3. Значення необхідної потужності теплового джерела, з урахуванням кількості тепла, що витрачається на розплавлення металу.

Розділ 3. У третьому розділі виконані теоретичні дослідження теплової потужності екзотермічних стержнів при підводному розрізуванні металу.

При розрізуванні металеві пластини під водою вона нагрівається в зоні безпосереднього контакту з джерелом тепла до температури топлення. Оскільки ця температура забезпечує дуже високий ступінь тепловіддачі, навколо джерела буде спостерігатися зона розвинутого плівкового кипіння.

Тому що температура пластини поступово знижується від точки дотику з джерелом у напрямку до периферії, то на деякій відстані R від джерела температура стане відповідати деякому значенню $t_{к2}$, при якій, уже не може існувати розвинутий режим плівкового кипіння, (температура відповідна другій кризі кипіння), однак,

оскільки температура поверхні пластини не може змінюватися стрибкоподібно при температурі пластини $t_{к2}$, на її поверхні з'являться ділянки, де плівковий режим зміниться на бульковий. В міру зменшення температури поверхні площа ділянок булькового кипіння буде рости. Остаточо плівкове кипіння припиниться тільки при температурі $t_{к1}$ яка відповідна першій кризі кипіння. Зона булькового кипіння почнеться на відстані R від джерела тепла і закінчиться на деякій відстані R_k , при якому температура поверхні пластини складе $t_{к3}$, при якій кипіння припиниться, і весь теплообмін буде відбуватися за рахунок природної конвекції води біля пластини. Таким чином необхідно визначити тепловіддачу в зоні нагрівання точковим джерелом, стабільним за температурою і положенню на пластині фіксованої товщини.

Для рішення цієї задачі зону нагрівання розділено на чотири характерних ділянки - центральний, на якому температура пластини вище $t_{к2}$, і три кільцевих: 1 - з температурою між $t_{к2}$ і $t_{к1}$, на якому спостерігається перехідний режим; 2 - з температурою між $t_{к1}$ і $t_{к3}$, ділянка розвинутого булькового кипіння; 3 - з температурою нижче $t_{к3}$, ділянка конвективного теплообміну без зміни агрегатного стану води.

Теплообмін закінчиться на деякій відстані R від джерела, де температура пластини зрівняється з температурою води.

У розділі визначена температурна границя булькового кипіння, тобто температура поверхні пластини, при якій плівковий режим змінюється бульковим:

$$t_{сп} = \sqrt[3]{\frac{q_{сп}^4}{C^4 \cdot \left(\lambda_{пл}^3 \cdot \rho_{н_сп} \cdot (\rho_{ж} - \rho_{н_сп}) \cdot g \right)} + t_{ж}}, \quad (6)$$

де - $\rho_{ж}$ - щільність води; $\rho_{н}$ - щільність пари (при температурі нагрітої стінки); g - прискорення вільного падіння; μ - динамічний коефіцієнт в'язкості пари; h - товщина парової сорочки; λ - коефіцієнт теплопровідності пари; $t_{ж}$ - температура кипіння рідини.

Максимальний коефіцієнт тепловіддачі, при якому зберігається бульковий режим кипіння (перша критична щільність теплового потоку), так само як і друга криза, є величиною (для конкретної рідини), залежної тільки від тиску (для води при атмосферному тиску $q_{кр2} = 1,2 \cdot 10^6$ Вт/ m^2). Виходячи з цього, визначається температурна границя ділянки булькового кипіння:

$$t_{к} = 2,33 \sqrt[3]{\frac{q_{кр2}}{33,4 \cdot p^{0,5}} - t_{ж}}, \quad (7)$$

де - $t_{ж}$ - температура кипіння рідини, $q_{кр2}$ - щільність теплового потоку при другій кризі, p - тиск, при якому йде теплообмін (виражений в барах).

У результаті розрахунків отримані значення температур першої і другої кризи кипіння відповідно рівні: $t_{к1} = 121$ °C і $t_{к2} = 195$ °C.

При нагріванні пластини точковим джерелом не можна говорити про постійне (у просторі) теплове навантаження. У радіальному, від джерела, напрямку теплове навантаження буде знижуватися пропорційно відстані від джерела і величині λ - теплопровідності матеріалу. З цього випливає, що температура пластини не може змінитися стрибкоподібно (у просторі), тобто на пластині буде присутня

кільцеподібна зона, з радіусами близькими до фіксованих в якій будуть одночасно спостерігатися два процеси – бульковий і плівковий, причому площа, займана паровою плівкою в цій зоні буде зменшуватися пропорційно зменшенню температури. Таким чином, ця зона буде, навіть візуально, перехідною від плівкового режиму до булькового.

Розрахунок залежності щільності теплового потоку від градієнта температур у перехідній зоні робився з допущенням, що співвідношення площ ділянок плівкового і булькового кипіння обернено пропорційно зміні градієнта температур.

Тоді коефіцієнт тепловіддачі буде:

$$\alpha_{\text{комб}} = \frac{C \left[\sqrt{\frac{\lambda_n^3 \cdot \rho_n \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_n) \cdot g}{\mu_n \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{ж}}) \cdot h}} \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{к}}) + \left(\frac{3,4 \cdot p^{0,18}}{1 - 0,0045 \cdot p} \right)^3 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пар}}) \right]}{(t_{\text{к}} - t_{\text{к}})}, \quad (8)$$

і щільність теплового потоку складе:

$$q_{\text{комб}} = \frac{C \left[\sqrt{\frac{\lambda_n^3 \cdot \rho_n \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_n) \cdot g}{\mu_n \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{ж}}) \cdot h}} \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{к}}) + \left(\frac{3,4 \cdot p^{0,18}}{1 - 0,0045 \cdot p} \right)^3 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{пар}}) \right]}{(t_{\text{к}} - t_{\text{к}})} \cdot (t_{\text{пар}} - t_{\text{ж}}), \quad (9)$$

Позначення в даних виразах відповідають зазначеним раніше.

У виразі 9 величини Δt , $\rho_{\text{пара}}$, $\mu_{\text{пара}}$, $\lambda_{\text{пара}}$ – є функціями від температури пластини, тобто за інших рівних умов:

$$\alpha_{\text{комб}} = F_2(t_{\text{пласт}})$$

Тепловіддача без зміни агрегатного стану при вільній конвекції біля горизонтальної пластини визначається коефіцієнтом тепловіддачі рівним

$$\alpha_{\text{ковч}} = \frac{0,15 \cdot \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l_2^3}{\nu \cdot a} \right)^{0,33} \cdot \lambda_{\text{ж}}}{l_2} = 0,15 \cdot \left(\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta t}{\nu \cdot a} \right)^{0,33} \cdot \lambda_{\text{ж}} \quad (10)$$

З урахуванням усіх видів режимів охолодження отримана залежність коефіцієнта тепловіддачі по довжині пластини, що розрізається, у залежності від температури в даній точці пластини, що розрізається.

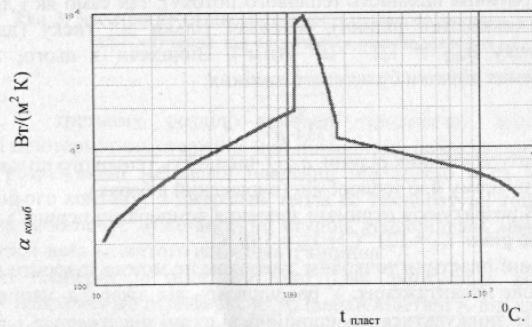


Рис. 4. Зміна коефіцієнта тепловіддачі $\alpha_{\text{комб}}$ у залежності від температури пластини $t_{\text{пласт}}$ при підводному різанні сталі.

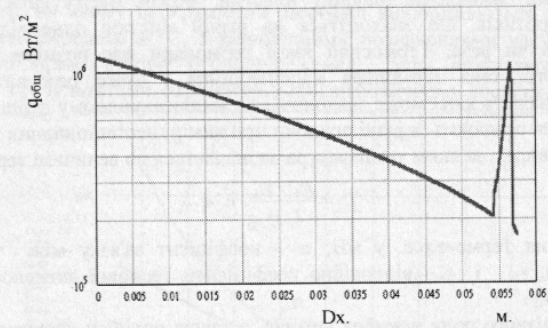


Рис. 5. Графік щільності теплового потоку, що відводиться, у залежності від відстані від точки нагрівання при підводному різанні сталі.

Аналітичні дослідження, виконані у цьому розділі, дають можливість одержати значення теплової потужності необхідної для розрізання сталі під водою в залежності від товщини пластини, що розрізається (рис. 6.)

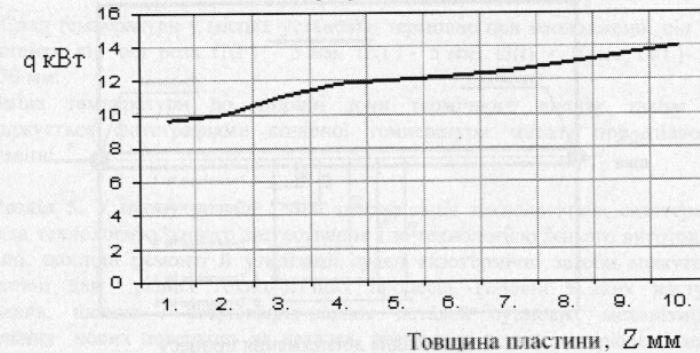


Рис.6. Залежність необхідної теплової потужності екзотермічного стержня від товщини сталеві пластини, що розрізається під водою.

Розділ 4. У даному розділі розроблена методика експериментального дослідження, оцінені погрішності виміру, проведений віртуальний експеримент по дослідженню закономірностей теплообміну при горінні екзотермічного стержня, на основі чого розроблена методологія проведення реальних експериментальних досліджень і оцінка їхніх результатів.

У роботі, що виконана для виміру нестационарних температур пластини, що розрізається термічним методом, застосовані малоінерційні так називані напівштучні термомпари, термоелектроди яких мають діаметр 20 – 100 мкм. Така термомпара власне кажучи являє собою хромелевий дротик (1-й термоелектрод), що через ізоляційний матеріал (найчастіше конденсаторний папір товщиною 10 мкм) заземляється будь-яким засобом між двома металевими пластинами (другий

термоелектрод). Змінюючи товщину пластин, можна одержувати набори таких затиснених дротиків, що знаходяться на різній відстані одне від одного і від середини шва чи реза. Термоспай такої терморпарі має розміри 5 – 8 мкм, у результаті чого, така терморпара малоінерційна і може реагувати на теплові імпульси, тривалість яких може знаходитися в мільсекундному діапазоні.

У розділі оцінюються різні похибки при вимірі нестационарних температур, і дається вираз, за яким температура визначається по величині термо-е.р.с.

$$T_n = \frac{\varepsilon_n - \varepsilon_m}{2 \cdot \varepsilon_n} \cdot E \cdot \alpha, \quad (11)$$

де E - величина термо-е.р.с. у мВ, α - коефіцієнт зв'язку між термо-е.р.с. і температурою, ε_n і ε_m відповідно коефіцієнти теплової активності пластини і термоелектроду.

Аналіз різного роду похибок вимірів, а також похибок електричних ланцюгів показав, що за найбільш несприятливих умов, похибка вимірів не перевищує 15 %.

Для проведення власне експерименту був створений спеціальний зразок, показаний на рис. 7.

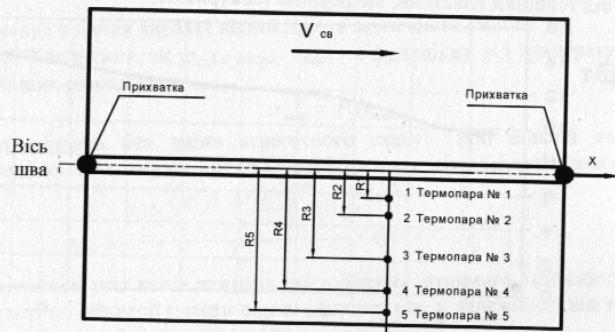


Рис. 7 Зразок для дослідження процесу підводного різання металу.

Зразок являє собою сталеву пластину, що складається з двох половинок товщиною 10 мм. Розмір кожної половинки 300 × 150 мм. Пластинки схоплені по краях зварюванням і утворюють собою цілу пластину. В одній з половинок зразка по ширині зони термічного впливу розташовані вище згадані терморпари.

Температура, що поширюється уздовж зразку під час екзотермічного різання, сприймається терморпарами і перетворюється на електричний сигнал термо-е.р.с. Цей сигнал далі сприймається аналоговим підсилювачем постійного-перемінного струму, зі смугою пропускання від 0 Гц до декількох кГц. Посилений сигнал надходить на аналого-цифровий перетворювач, де перетворюється в цифрову форму. Далі сигнал надходить на блок цифрових регістраторів, якими можуть бути звичайні цифрові вольтметри з регульованим коефіцієнтом підсилення, і паралельно

на комп'ютер, на якому програмними засобами відображаються сигнали від усіх терморпар безпосередньо в $^{\circ}\text{C}$, з відповідними позначеннями часу. Безпосередньо зареєстровані прямі виміри і спостереження дали результати досить добре співпадаючі з результатами, отриманими при аналітичному дослідженні рис. 8.

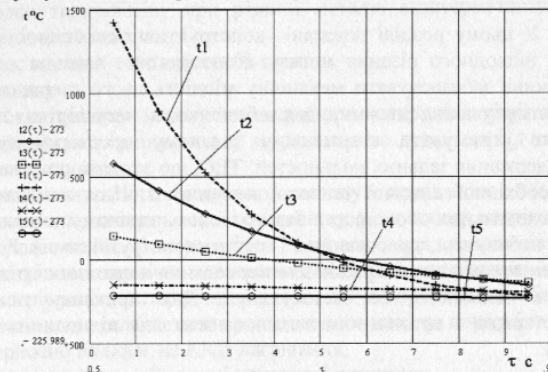


Рис.8. Спад температури у місцях установки терморпар при охолодженні під водою на відстанях від осі реза $t_1(t)$ - 3 мм, $t_2(t)$ - 5 мм, $t_3(t)$ - 10 мм, $t_4(t)$ - 20 мм, $t_5(t)$ - 30 мм.

Зміна температури по ширині зони термічного впливу також добре підтверджується фотографіями колірної температури металу при підводному розрізуванні.

Розділ 5. У цьому розділі дана класифікація технологічних екзотермічних засобів за технологією їхнього застосування і за технологією їхнього виготовлення. Показано, що при ремонті й утилізації суден екзотермічні засоби можуть бути використані для різних технологічних процесів, головні з яких наступні - зварювання, паяння і зварювання-паяння деталей суднових механізмів, і наплавлення нових поверхонь на деталях; розрізання різних матеріалів і деталей, підводне зварювання і різання різних конструкцій. Стержні можуть бути: насипні ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$), ушільнені ($\rho = 0,8 - 2 \text{ г/см}^3$), у спалювальних і неспалювальних оболонках, пастоподібні ($\rho = 2 - 2,5 \text{ г/см}^3$), що твердіють і не твердіють, пресовані ($\rho = 2,5 - 4 \text{ г/см}^3$) у виді таблеток, шашок, наборів шашок і таблеток, у оболонках і без оболонки.

У розділі розглядаються вимоги до екзотермічних сумішей, можливий компонентний склад яких забезпечує необхідну енергетику, викладаються принципи розрахунку теплоти горіння цих сумішей і модифікації сумішей. Показано, що модифікуючи екзотермічні склади можна одержати технологічні екзотермічні суміші (ТЕС) з високою питомою енергією. Потужні ТЕС можуть використовуватися у стержнях для розрізування металів. Механізм цього явища полягає в тому, що потужна ТЕС забезпечує швидке місцеве розтоплення металу, що потім здувається газовим струменем. З метою полегшення процесу розрізання і

створення стержня, що ріже, до складу сумішей доцільно вводити компоненти, що руйнують поверхневий шар металу. Для цих цілей у складі входять компоненти, що виділяють хлор, фтор або надлишок кисню. Струмінь цих газів добре руйнує поверхню металу і полегшує процес розрізування.

Розділ 6. У цьому розділі показані конструктивні особливості стержнів для надводного і підводного різання металу. Конструкція паяльно - зварювальних стержнів повинна забезпечувати механічну міцність цього стержня, достатню для роботи і транспортування, довжину, для забезпечення часу горіння порядку 30 - 60 с, можливість утримувати стержень у заданому просторовому положенні і можливість одержання заданих щільностей ТЕС, що входять до складу стержня для одержання необхідної питомої теплової потужності. Цим вимогам відповідають стержні в спалювальних оболонках і без оболонки, причому стержні в оболонках можуть бути набивними, пресованими і литими (екструзійними). Розроблено вісім конструкцій екзотермічних стержнів для проведення надводних і підводних робіт і запропонована технологія їх застосування. Для прикладу показано варіант конструкції стержня з автономним запалюванням для підводного екзотермічного різання, рис.8.

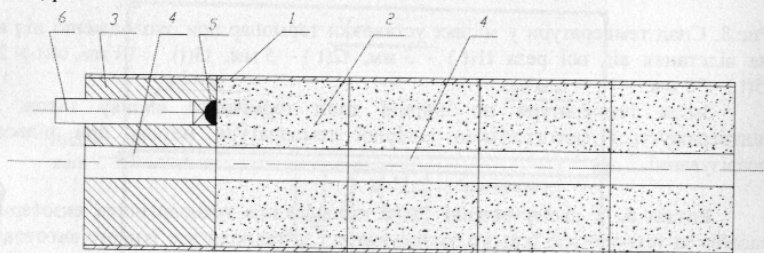


Рис.8. Стержень для підводного киснево - термічного різання металів з автономним запалюванням: 1 - оболонка, 2 - шашка, 3 - запальна головка, 4 - кисневий канал, 5 - капсуль, 6 - ударник.

Для того, щоб розрізати метал під водою цим стержнем, необхідно подати кисень через його центральний отвір, після чого вдарити виступаючим ударником по металу, що розрізається, чи по іншому твердому предмету. При ударі виступаючою частиною ударника по будь - якому твердому тілу, загострена частина ударника пробиває капсуль, у результаті чого виникає іскра, що підпалює запальну шашку, яка у свою чергу підпалює елементи з матеріалу, що горить у кисні з високою питомою теплоотою згоряння.

На всі екзотермічні стержні і суміші, з яких вони виготовляються, отримано відповідні патенти України.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У результаті виконання дисертаційної роботи встановлене наступне:

1. Досліджені:

- 1.1. процеси теплообміну при різанні металів екзотермічними стержнями на повітрі і під водою;
- 1.2. процес горіння екзотермічних складів.

2. Показано, що:

- 2.1. процес нагрівання металу екзотермічним стержнем відрізняється по своїй природі від нагрівання металу зварювальною дугою чи від нагрівання металу газовим полум'ям;
- 2.2. величина загального теплового потоку, переданого пластиною заданої товщини навколишньому середовищу у випадку нагрівання її точковим джерелом тепла, може бути основою для розрахунку енергетичних параметрів екзотермічного стержня для підводного різання металів;
- 2.3. при нагріванні екзотермічним стержнем створюється особливе середовище нагрівання, що складається з розтопленого металу, шлаку і газового струменя, що серйозно впливає на ККД нагрівання;
- 2.4. при підводному розрізуванні металеві пластины:
 - 2.4.1. у результаті значного відводу теплової енергії у воду потужність теплового джерела повинна бути підвищена в 3 - 4 рази для підтримки параметрів теплового процесу, необхідного для здійснення підводного різання,
 - 2.4.2. найбільш інтенсивний тепловідвід спостерігається при величині радіуса зони термічного впливу порядку 15 - 20 мм, де існує режим кипіння змішаного типу,
 - 2.4.3. найбільший радіус зони термічного впливу складає величину порядку 50 - 60 мм;
- 2.5. застосування високоенергетичних металів (берилій, цирконій і деякі інші) як пального для екзотермічних стержнів недоцільно через високу вартість і токсичність. Тому найбільш прийнятними високоенергетичними металами можуть служити магній, алюміній, бор, кремній, а також деякі їхні стопи;
- 2.6. для надводних робіт доцільно застосовувати стержні в спалювальних неметалічних оболонках чи безоболонкові стержні, які мають спрощену технологію виготовлення;
- 2.7. для підводних робіт доцільно застосовувати стержні в металевих оболонках, що, згоряючи, забезпечують збільшення теплового потоку;
- 2.8. для підводних робіт доцільно застосовувати стержні з автономним запалюванням, що значно спрощує устаткування на судні, яке забезпечує підводні роботи.

3. Розроблені:

- 3.1. методики розрахунку ККД екзотермічного стержня, що ріже, і необхідної його потужності для різання металу;
- 3.2. високоенергетичні складів, що забезпечують необхідну теплову потужність для здійснення різання металів, як під водою, так і на повітрі;

- 3.3. методики розрахунку модифікаторів термітних сумішей, що дає можливість:
- 3.3.1. розраховувати склад і масу модифікаторів термітних складів для підвищення енергетики зварювання;
- 3.3.2. використовувати в якості базових термітних складів більш дешеві і менш дефіцитні компоненти;
- 3.4. технології виготовлення екзотермічних стержнів, що дають можливість одержувати стержні необхідної енергетики, як для надводних, так і для підводних робіт;
- 3.5. класифікація технологічних екзотермічних сумішей, що дає можливість, обґрунтовано ставити вимоги до цих сумішей;
- 3.6. науково-обґрунтована система модифікації екзотермічних складів, з метою підвищення їхньої енергетики.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ

1. Лебедев Б. В., Лебедев В.Г. Технологічні екзотермічні суміші і їх необхідні енергетичні характеристики // Труди ОДПУ, вип.1 (5), 1998. Одеса - 3с. *Здобувачем запропонована концепція розрахунку енергетики.*
2. Лебедев Б. В., Лебедев В. Г. Енергетичні характеристики технологічних екзотермічних сумішей // Труди Міжнародної науково-технічної конференції. Національний технічний університет КПІ, 1998. Київ *Здобувачем запропонована концепція розрахунку енергетики.*
3. Лебедев Б.В., Лебедев В.Г. Возможность применения энергонезависимых паяльно-сварочных устройств для ремонта СТС (без вывода судна из эксплуатации) // Судостроение. - Николаев, 2003, № 6. - 2с. *Здобувачем запропонована концепція застосування.*
4. Пат. 18242 А України, МПК В 23 К 23/00. Спосіб модифікації термітних складів для паяння – зварювання. / Лебедев Б. В., Карташов Ю. І., Лебедев В. Г., Позднякова С. Г., Румянцев В. Н., Фоменко В. В.; Заявл. 25.09.96. Опубл. 25.12.97. Бюл. № 6. - 3с. *Здобувачем запропонований рідкий модифікатор.*
5. Патент 23121 України, МПК В 23 К 23/00. Термітний склад для паяння - зварювання. / Лебедев Б. В., Карташов Ю. І., Лебедев В. Г., Позднякова С. Г., Румянцев В. Н., Фоменко В. В., Чуяс Ю. А. Заявл. 26.12.96. Опубл. 30.06. 1998 Бюл. № 3 – 3с. *Здобувачем запропоноване процентне співвідношення компонентів*
6. Патент 37415А України, МПК В 23 К 23/00. Спосіб розрізання матеріалів екзотермічним стержнем. / Лебедев Б.В., Лебедев В.Г. Заявл. 30.09.98. Опубл. 15.05.2001 Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована редакція формули винаходу.*
7. Патент 37416А України, МПК В 23 К 23/00. Лебедев Б.В. Екзотермічна суміш/ Лебедев В. Г., Чуяс Ю. А. Заявл. 30.09.98. Опубл. 15.05.2001 Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована сутність винаходу.*
8. Патент 37418А. України, МПК В 23 К 23/00. Склад для виготовлення термітної шашки для нагрівання матеріалів у технологічних цілях / Лебедев Б.В., Лебедев В. Г., Чуяс Ю. А. Заявл. 30.09.98. Опубл. 15.05.2001 Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована технологія застосування*
9. Патент 37449А.. України, МПК В 23 К 23/00. Екзотермічна суміш для паяння – зварювання металів (варіанти) / Лебедев Б.В., Лебедев В. Г. Заявл. 22.12.98. Опубл.15.05.2001 Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована сутність винаходу.*

10. Патент 37448А.. України, МПК В 23 К 23/00. Екзотермічний паяльно-зварювальний стержень для паяння – зварювання виробів з залізо – вуглецевих та кольорових сплавів / Лебедев Б. В., Лебедев В. Г. Заявл. 22.12.98; Опубл.15.05.2001; Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована концепція газового стрижня*
11. Патент 37417А.. України, МПК В 23 К 23/00. Пристрій для спаювання – зварювання труб Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Чуяс Ю. А. / Заявл. 30.09.98; Опубл.15.05.2001; Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонована конструкція пристрою*
12. Патент 37450А України, МПК В 23 К 23/00. Лебедев Б. В., Лебедев В. Г. Екзотермічний паяльно – зварювальний стержень Бюл. № 4 / Заявл. . 22.12.98; Опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонований пристрій стрижня*
13. Патент 37447А України, МПК В 23 К 23/00. Екзотермічний паяльно – зварювальний, або ріжучий стержень Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Чуяс Ю. А. Заявл. . 22.12.98; Опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4 – 3с. *Здобувачем запропонований пристрій головної частини стрижня*
14. Лебедев Б.В. З'єднання водопровідних труб муфтою що наплавляється // Сборник материалов научно-технической конференции “Энергосбережение в системах отопления, вентиляции и кондиционирования” Одесская государственная академия строительства и архитектуры. Одесса 2003 – С. 36 - 38.
15. Лебедев Б. В. Возможность применения энергонезависимых паяльно-сварочных устройств для ремонта СТС (без вывода судна из эксплуатации) // Материалы Украинского семинара “Современное состояние ремонтно-восстановительной базы предприятий морехозяйственного комплекса Украины и пути её дальнейшего развития. Прогрессивные технологии сварки и соединения материалов в судоремонте” Одесса 2003. Судостроитель № 6, 2003 – С. 37 - 39.
16. Лебедев Б. В. Технологические возможности энергонезависимых паяльно-сварочных устройств для ремонта оборудования // Материалы Украинского семинара “Сварка и родственные технологии в современном машиностроении” Одесса 2003
17. Лебедев Б. В. Технологические возможности энергонезависимых паяльно-сварочных устройств для ремонта оборудования // Материалы международной научно-технической конференции “Новые процессы и их модели в ресурсо - и энерго-сберегающих технологиях” ОНПУ, Одесса 2003 – С. 64 - 68.
18. Лебедев Б. В. Заварка трещин в корпусных деталях из чугуна термохимическими сварочными стержнями // Материалы международной научно-технической конференции “Новые процессы и их модели в ресурсо- и энергосберегающих технологиях” ОНПУ, Одесса 2003. – С. 46 - 48.
19. Лебедев Б. В. Заварювання тріщин у корпусних деталях з чавуна термохімічними зварювальними засобами // Вісник національного університету “Львівська політехніка” Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні № 515, 2004. С.128 – 131.
20. Лебедев Б. В., Лебедев В.Г. Заварка трещин в корпусных деталях из чугуна термохимическими сварочными стержнями // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении. Одесса – Киев: АТМ Украины, 2004. С. 111 – 114. *Здобувачем запропонована концепція технологічного маршруту.*
21. Лебедев Б. В. Заварка трещин в корпусных деталях судовых технических средств изготовленных из чугуна термохимическими сварочными средствами // Судовые

- енергетические установки: научно технический сборник. Одесса – ОНМА, 2004. С. 126 – 131
22. Лебедев Б. В., Лебедев В. Г. Возможности термохимических стержней для подводной резки материалов // Холодильная техника і технологія. – Одеса, 2005. - № 2 (94). – С. 53 – 56. *Здобувачем запропонована концепція розрахунку енергетики для підводного різання.*
23. Лебедев Б. В. Анализ возможности и целесообразности использования экзотермических смесей для разработки новых перспективных технологий восстановления сопряжений деталей СТС // Матеріали Міжнародної науково-методичної конференції "Сучасні проблеми суднової енергетики 2005". - Одеса: ОНМА. 2005. С. 53 - 54.
24. Патент 12970 України, МПК В 23 К 23/00. Экзотермичний стержень для підводного киснево-термічного різання металів / Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Рудинский О. П. Заявл. 15.07.05; Оpubл. 15.03.2006; Бюл. № 3. – 3с. *Здобувачем запропонований варіант конструкції.*
25. Патент 12969 України, МПК В 23 К 23/00 Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Рудинский О. П. Экзотермичний стержень для підводного киснево-термічного різання металів / Заявл. 15.07.05; Оpubл. 15.03.2006; Бюл. № 3 – 3с. *Здобувачем запропонований варіант конструкції.*
26. Патент 12966 України, МПК В 23 К 23/00 Стержень для підводного киснево-термічного різання металів з автономним запалюванням/ Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Рудинский О. П. Заявл. 15.07.05; Оpubл. 15.03.2006; Бюл. № 3 – 3с *Здобувачем запропонований варіант конструкції запального пристрою*
27. Патент 12967. України, МПК В 23 К 23/00. Стержень для підводного киснево-термічного різання металів/ Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Рудинский О. П. Заявл. 15.07.05; Оpubл. 15.03.2006; Бюл. № 3 – 3с. *Здобувачем запропонований варіант конструкції*
28. Патент 12968. України, МПК В 23 К 23/00. Стержень для підводного киснево-термічного різання металів у технологічній оболонці/ Лебедев Б. В., Лебедев В. Г., Рудинский О. П. Заявл. 15.07.05; Оpubл. 15.03.2006; Бюл. № 3 – 3с. *Здобувачем запропонований варіант конструкції.*
29. Лебедев Б. В., Чумак И. Г. Особенности теплообмена между экзотермическим режущим стержнем и окружающей средой при подводной резке металлов. // Холодильная техника і технологія. – Одеса, 2006. - № 1 (99). – С. 72 – 75. *Здобувачем запропонована концепція розрахунку енергетики*
30. Лебедев Б. В., Чумак И. Г. Теплоотдача от неограниченной пластины в воде нагреваемой точечным источником. // Проблемы техники. Одесса 2006 №1. С. 64 – 68. *Здобувачем запропонована концепція розрахунку тепловтрат.*

ЛЕБЕДЕВ Б.В. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКЗОТЕРМІЧНИХ СТЕРЖНІВ ПРИ РЕМОНТІ Й УТИЛІЗАЦІЇ СУДЕН

- Рукопис

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.14.06 – технічна теплофізика і промислового теплоенергетика – Одеська державна академія холоду. Одеса, 2006.

Робота присвячена теоретичному та експериментальному вивченню закономірностей теплообміну при горінні екзотермічних ріжучих і зварювальних

стержнів, на суші і під водою, при утилізації і ремонті суден з метою науково – обґрунтованого розрахунку необхідної потужності таких стержнів, їхнього обґрунтованого конструювання і створення екзотермічних засобів, що могли б забезпечити необхідну теплову потужність.

Аналітичні і експериментальні дослідження процесу теплообміну палаючого стержня дали нові наукові результати, показавши, що тепловтрати зв'язані з різними закономірностями теплообміну на повітрі і під водою – при плівковому, бульбашковому і змішаному кипінні води біля палаючого стержня, а також при конвективному теплообміні без зміни агрегатного стану. Ці дослідження дали можливість обґрунтовано розраховувати теплову потужність і ККД екзотермічних стержнів для підводного різання.

Експериментальні дослідження процесу теплообміну палаючого стержня на суші і під водою, проведені при використанні оригінальної методики, підтвердили правильність аналітичних підходів і одержаних результатів.

Ключові слова: теплообмін, теплові втрати, теплова потужність, плівкове кипіння, бульбашкове кипіння, змішане кипіння, екзотермічний стержень, екзотермічна суміш, горіння.

ЛЕБЕДЕВ Б.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ И УТИЛИЗАЦИИ СУДОВ.- Рукопись

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.06 – техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика – Одесская государственная академия холода. Одесса, 2006.

Работа посвящена теоретическому и экспериментальному изучению закономерностей теплообмена при горении экзотермических режущих и сварочных стержней, на суше и под водой, при утилизации и ремонте судов в целях научно – обоснованного расчета необходимой тепловой мощности таких стержней, их обоснованного конструирования и создания экзотермических средств, которые могли бы обеспечить требуемую тепловую мощность.

Аналитические исследования процесса теплообмена горящего стержня дали новые научные результаты, показав, что теплопотери связаны с различными закономірностями теплообмена на воздухе и под водой – при пленочном, пузырьковом и смешанном кипении воды около горящего стержня, а также при конвективном теплообмене без изменения агрегатного состояния. Эти исследования дали возможность обоснованно рассчитывать тепловую мощность и КПД экзотермических стержней для подводной резки.

Экспериментальные исследования процесса теплообмена горящего стержня на суше и под водой, проведенные при использовании оригинальной методики, подтвердили правильность аналитических подходов и полученных результатов.

Ключевые слова: теплообмен, тепловые потери, тепловая мощность, пленочное кипение, пузырьковое кипение, смешанное кипение, экзотермический стержень, экзотермическая смесь, горение.

LEBEDEV B.V. DETERMINATION OF THE POWER CHARACTERISTICS OF EXOTHERMAL RODS AT REPAIR AND SALVAGING OF SHIPS.-manuscript

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a specialty 05.14.06 - technical thermal physics and industrial power systems - Odessa State Academy of Refrigeration. Odessa, 2006.

The activity is dedicated to idealized and experimental analysis of legitimacies of thermoexchange at combustion of exothermal cutting and welding rods, overland and underwater, at salvaging and repair of ships with the purposes of scientifically - reasonable calculation of indispensable power of such rods, their reasonable designing and creation exothermal means, with which one could ensure a required power.

The analytical researches of process of thermoexchange of a burning rod over and underwater have given new scientific results, having shown, that heat rejections are connected to different legitimacies of thermoexchange - at film, bubble and combined boiling of water about a burning rod and at heat convection without change of a modular condition. These researches have enabled the reasonable calculation of power and efficiency of exothermal rods for underwater cutting..

In activity of the researches on legitimacies of combustion of exothermal mixtures are conducted, their classification and scientific technique of calculation of a component structure, for maintenance of a required power of a rod are given.

Keywords: thermoexchange, heat losses, heat rate, film boiling, bubble boiling, blended boiling, exothermal rod, exothermal mixture), combustion.