ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -10

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 10

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

KORROZIYAGA CHIDAMLI YANGI KOMPOZIT MATERIALLARDAN ISSIQLIK ALMASHISH QURILMASI ISHLAB CHIQISH

M.X. Ismailov

Namangan davlat texnika universiteti, Oziq-ovqat texnologiyalari kafedrasi katta o'qituvchisi

E-mail: imirzaakbar@gmail.com.

Annotatsiya. Ushbu maqolada korroziyaga chidamli kompozit materiallar — SiC/Al (30% va 50% SiC), PTFE/grafit va epoksid/TiO_2 — asosida issiqlik almashish qurilmasini (IAQ) ishlab chiqishning ilmiy asoslari taqdim etilgan. Sinov natijalari va ularning tahlili bayon qilingan. 50% SiC to'ldirgichli SiC/Al kompoziti issiqlik uzatish koeffitsientini an'anaviy po'lat 316L ga nisbatan 33.3% ga oshirib, korroziya tezligini 0.001 mm/yilga tushirishini tajriba isbotlagan. Hayot sikli tahlili ushbu yechimning 20 yil davomida 29.5% iqtisodiy tejamkorlik berishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Kompozit materiallar, issiqlik almashish qurilmasi, SiC/Al, PTFE/grafit, epoksid/TiO_2, korroziya chidamliligi, issiqlik uzatish koeffitsienti.

Аннотация. В данной статье представлены научные основы разработки теплообменника (ТЭ) на основе коррозионностойких композитных материалов — SiC/Al (30% и 50% SiC), PTFE/графит и эпоксидная смола/TiO_2. Описаны результаты испытаний и их анализ. Экспериментально доказано, что композит SiC/Al с 50% наполнителем SiC увеличивает коэффициент теплопередачи на 33,3% по сравнению с обычной сталью 316L и снижает скорость коррозии до 0,001 мм/год. Анализ жизненного цикла показал, что данное решение обеспечивает экономию средств в размере 29,5% за 20 лет.

Ключевые слова: Композитные материалы, теплообменник, SiC/Al, PTFE/графит, эпоксидная смола/TiO_2, коррозионная стойкость, коэффициент теплопередачи.

Abstract. This article presents the scientific basis for developing a heat exchanger (HE) based on corrosion-resistant composite materials—SiC/Al (30% and 50% SiC), PTFE/graphite, and epoxy resin/TiO_2. Test results and their analysis are described. Experiments have shown that the SiC/Al composite with 50% SiC filler increases the heat transfer coefficient by 33.3% compared to standard 316L steel and reduces the corrosion rate to 0.001 mm/year. A life cycle analysis showed that this solution provides cost savings of 29.5% over 20 years.

Keywords: Composite materials, heat exchanger, SiC/Al, PTFE/graphite, epoxy resin/TiO_2, corrosion resistance, heat transfer coefficient.

KIRISH.

Issiqlik almashish qurilmalari (IAQ) zamonaviy sanoatning ajralmas qismi bo‘lib, kimyo, neft-kimyo, energetika va oziq-ovqat sanoatida keng qo‘llaniladi. Ushbu qurilmalar agressiv muhitlarda — kislotali, ishqoriy va tuzli eritmalar ta'sirida — ishlashi sababli an'anaviy metall materiallar tez eskiradi va almashtirish tez-tez zarurati tug‘iladi.

Jahonda oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlashda va ulardan yuqori ozuqaviy ko‘rsatkichlarini saqlab qolgan ekologik sof mahsulotlar ishlab chiqarishga katta e’tibor qaratilmoqda. Bu borada oziq-ovqat mahsulotlariga issiqlik ishlovi berish jarayonlarini takomillashtirish, energiya sarfi yuqori bo‘lgan jarayonlarni jumladan, xom ashyolarga birlamchi issiqlik ishlovi berish jarayotglarini jadallashtirish, texnologik jarayonlarda ishlatilayotgan issiqlik tashuvchilar ta’sirdi issiqlik yuzalarida hosil bo‘ladigan dashqol qatlamini kamaytirish orqali issiqlik almashinish qurilmalarining ixcham konstruksiyalari ishlab chiqarishga alohida e’tibor berilmoqda.

Issiqlik almashinish yuzasida hosil bo‘ladigan korroziya va dashqollar strukturasi bo‘yicha quyidagicha guruxlarga ajratilishi mumkin: qattiq (tuz, koks, zang), g‘ovakli va erkin (qurum, loy, koks changi). Korroziya va dashqolning issiqlik o‘tkazuvchanligi uning kimyoviy tarkibiga va g‘ovaklari ichida joylashgan suyuqlikning xossalariga bog‘liq bo‘ladi. G‘ovakli dashqolning termik qarshiligi qattiq turdagi dashqol qarshiligiga nisbatan yuqori bo‘ladi[1,2].

Oziq-ovqat sanoati korxonalaridagi sterilizatsiya, pasterizatsiya, bug‘latish, rektifikatsiya va boshqa issiqlik almashinish jarayonlarda hosil bo‘lgan korroziya va dashqolning termik qarshiligi oqim tezligining kamayishi, oqim haroratini ortishi, xomashyo zichligining ortishi, xomashyo tarkibidagi mexanik qo‘shimchalar miqdorining ortishi natijasida oshib boradi [2,3,4].

Dunyo bo‘yicha korroziya ta'siridan yiliga 2.5 trillion AQSh dollaridan ortiq iqtisodiy zarar ko‘riladi (NACE International, 2021). Bu zararning 30–40% bevosita issiqlik almashish apparatlari va quvurlar tizimiga to‘g‘ri kelishi muammoni yanada dolzarb qiladi. O‘zbekiston neft-kimyo va kimyo sanoatida ham shunga o‘xshash muammo kuzatilmoqda: sulfat kislotasi, ammiak eritmasi va galogenli muhitda ishlaydigan IAQ larning xizmat muddati odatda 8–12 yilni tashkil etadi (Mirzayev, 2019). [5].

Kompozit materiallar — ikki yoki undan ortiq tarkibiy qismdan tashkil topgan, har bir komponentning ustunlik xossalarini uyg‘unlashtiradigan materiallar — so‘nggi o‘n yilliklarda muhandislik ilmida inqilobiy o‘zgarishlar kiritdi. Metall matrisali kompozitlar (MMC), polimer matrisali kompozitlar (PMC) va keramika matrisali kompozitlar (CMC) yuqori mustahkamlik, engil vazn va agressiv muhitlarga chidamlilik jihatidan an'anaviy metallarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega. [6,7].

ISSN 3030-3907

METODLAR.

2.1. Tadqiqot uchun quyidagi materiallar tanlandi va laboratoriya namunalari tayyorlandi:

- SiC/Al-30% — alyuminiy qotishmasi A356 matrisasiga 30% hajmiy SiC zarralar (o‘rtacha diametr d_{50} = 25 mkm) kiritilgan. Namunalar suyuq metallurgiya (stir casting) usulida 700°C da tayyorlandi va T6 termik ishlov berildi.

- SiC/Al-50% — yuqori to‘ldirgich konsentratsiyali variant; xuddi shu texnologiya bilan, ammo yuqori qovushoqlikni boshqarish uchun vakuumli aralashtirishdan foydalanildi.

- PTFE/grafit-25% — politraftoretilen matrisasiga 25% grafit tolalari (uzunlik ~200 mkm) kiritilgan. Issiqlik ostida presslash usuli: 370°C, 25 MPa, 2 soat.

- Epoksid/TiO_2-5% — ED-20 epoksid smolasi matrisasiga 5% TiO_2 nanobo‘lakchalar (o‘rtacha diametr ~20 nm) kiritilgan. Sol-gel usuli, 80°C da 12 soat davomida qattiqlashtirilgan.

- Po‘lat 316L — nazorat namunasi (GOST 5632-2014 bo‘yicha).

2.2. Laboratoriya sinovlari. Barcha namunalar ASTM va ISO standartlariga muvofiq quyidagi sinovlarga tortildi:

1. Issiqlik o‘tkazuvchanlik (λ) — lazer flesh usuli (LFA 457 MicroFlash, NETZSCH), 25°C dan 300°C gacha 50°C qadamlar bilan, har bir nuqtada 5 ta o‘lchov.

2. Korroziya sinovi — potensiostatik usul, uch muhitda: H_2SO_4 (10% wt.), NaOH (20% wt.), NaCl (3.5% wt.); harorat 25±2°C, davomiyligi 1000 soat; ASTM G5 bo‘yicha.

3. Mexanik mustahkamlik — cho‘zish sinovi ASTM E8/E8M bo‘yicha; egilish sinovi ASTM D790 bo‘yicha.

4. Issiqlik kengayish koeffitsienti (CTE) — dilatometr, ASTM E228 bo‘yicha, 25–200°C oralig‘ida.

5. Mikrotuzilish tahlili — skanerlash elektron mikroskopiyasi (SEM, JEOL JSM-7800F), EDS spektroskopiya.

2.3. Nazariy hisob asoslari. Kompozit materialning effektiv issiqlik o‘tkazuvchanligi Hashin-Shtrikman modeli bo‘yicha baholandi:

$$\lambda_eff = \lambda_m \cdot [1 + 3\varphi(\lambda_p - \lambda_m) / (\lambda_p + 2\lambda_m - \varphi(\lambda_p - \lambda_m))] \quad (1)$$

bu yerda λ_m — matritsa, λ_p — to‘ldirgich issiqlik o‘tkazuvchanligi; φ — to‘ldirgich hajmiy ulushi.

Umumiy issiqlik uzatish koeffitsienti U ning hisob ifodasi:

$$1/U = 1/h_1 + \delta/\lambda + R_f + 1/h_2 \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda h_1, h_2 — konvektiv issiqlik uzatish koeffitsientlari; δ — devor qalinligi; R_f — ifloslanish qarshiligi.

Bosim yo‘qotishi Darsi-Veysbach tenglamasi asosida hisoblandi:

$$\Delta P = f \cdot (L/D_h) \cdot (\rho u^2/2) \quad (3)$$

bu yerda f — ishqalanish koeffitsienti; L — uzunlik; D_h — gidravlik diametr; u — oqim tezligi. [8,9,10].

2.4. Pilot stend va IAQ konstruktsiyasi. Tadqiqot maqsadida ko‘p naycha-qobiq tipidagi model IAQ quruldi. Asosiy konstruktiv parametrlar: naycha tashqi diametri d = 25 mm, devor qalinligi δ = 2 mm; naychalar soni N = 48; qurilma uzunligi L = 1.5 m; ishlash bosimi P_max = 6 MPa; maksimal ishlash harorati T_max = 300°C. Issiq suyuqlik: o‘simlik moyi, 120°C; sovuq (agressiv) suyuqlik: 10% H_2SO_4 eritmasi, 25°C; ikkala oqim tezligi: 0.5 m/s. Sinovlar 1000 soat davom etdi.

III. NATIJALAR.

3.1. Materiallarning asosiy xossalari. O‘lchangan materiallarning issiqlik-fizik va korrozion xossalari 1-jadvalda keltirilgan. SiC/Al-50% namunadagi issiqlik o‘tkazuvchanlik 180–205 W/m·K ni tashkil etib, po‘lat 316L ga (16–21 W/m·K) nisbatan taxminan 10 marta yuqori bo‘ldi. PTFE/grafit esa eng past issiqlik o‘tkazuvchanlikka (5–10 W/m·K) ega bo‘lishiga qaramasdan, hamma muhitlarda korroziya belgilari aniqlanmadi (v_korr < 0.001 mm/yil).

1-jadval.

Tadqiqot qilingan materiallarning asosiy xossalari

Material	λ (W/m·K)	ρ (kg/m³)	Korroziya chidamliligi	T_max (°C)
Mis (Cu)	385	8960	O‘rta	≤ 200
Zanglamaydigan po‘lat 316L	16–21	7900	Yuqori	≤ 650
SiC/Al-30%	150–170	2820	Juda yuqori	≤ 400
SiC/Al-50%	180–205	2780	Juda yuqori	≤ 400
PTFE/grafit-25%	5–10	2200	A'lo	≤ 260
Epoksid/TiO_2-5%	3–8	1500	A'lo	≤ 180

Izoh: λ — issiqlik o‘tkazuvchanlik; ρ — zichlik; T_max — maksimal ishlash harorati.

ISSN 3030-3907

3.2. Pilot stend sinov natijalari. 1000 soatlik pilot stend sinovlarida olingan miqdoriy ko‘rsatkichlar 2-jadvalda aks ettirilgan.

2-jadval.

Pilot stend sinov natijalari (1000 soat, H_2SO_4 10% muhit, 25°C)

Namuna	v_korr (mm/yil)	U (W/m²·K)	ΔP (kPa)	Xizmat muddati (yil)
SiC/Al-30%	0.002	4850	12.3	> 20
SiC/Al-50%	0.001	5200	14.1	> 25
PTFE/grafit-25%	< 0.001	2100	8.7	> 30
Epoksid/TiO_2-5%	< 0.001	1850	7.2	> 15
Po‘lat 316L (nazorat)	0.050	3900	10.5	10–15

Izoh: v_korr — korroziya tezligi; U — umumiy issiqlik uzatish koeffitsienti; ΔP — bosim yo‘qotish.

SiC/Al-50% namunadagi qurilma eng yuqori issiqlik uzatish koeffitsientini (U = 5200 W/m²·K) namoyish etdi — bu po‘lat nazoratiga (3900 W/m²·K) nisbatan 33.3% ko‘pdir. [12,13].Shu bilan birga, korroziya tezligi 0.001 mm/yil bo‘lib, xizmat muddati 25 yildan oshadi deb bashorat qilindi.

3.3. Hayot sikli iqtisodiy tahlili. 20 yillik hayot sikli davomida to‘liq xarajatlar tahlili (LCCA) natijalari 3-jadvalda keltirilgan. Barcha qiymatlar po‘lat 316L narxiga nisbatan normallashtirilgan.

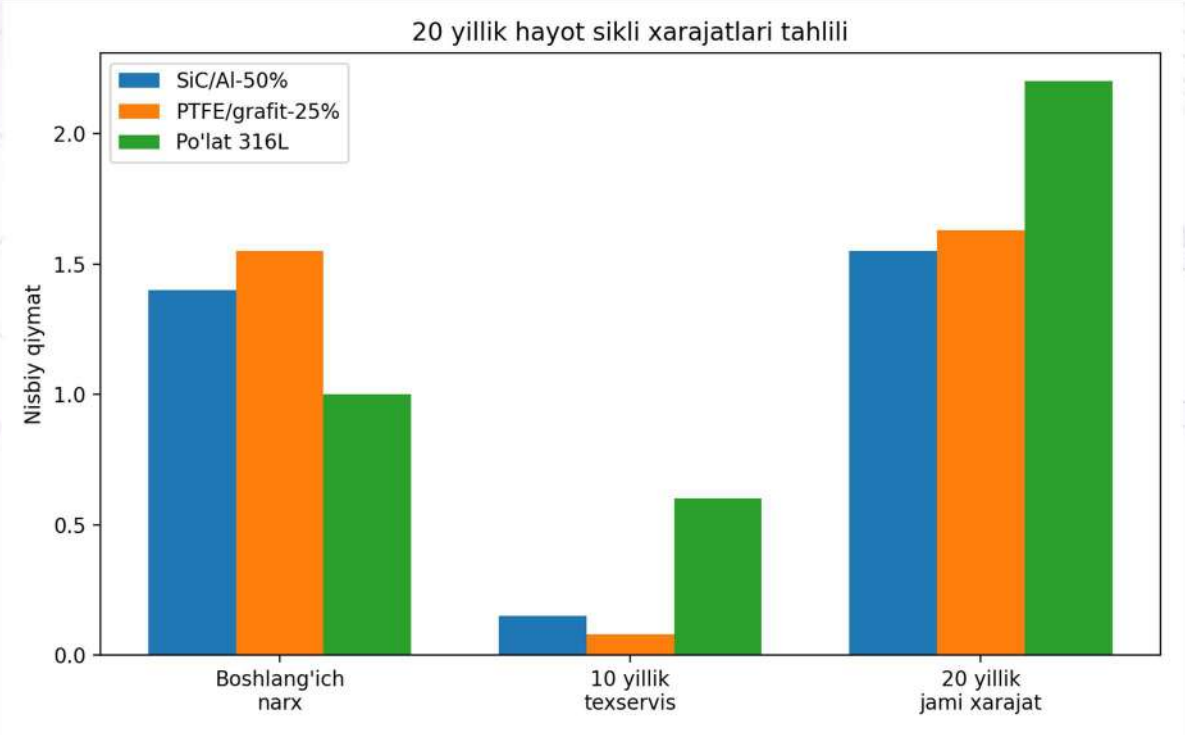
3-jadval.

20 yillik hayot sikli xarajatlari tahlili (po‘lat 316L = 1.00 asosida)

Ko‘rsatkich	SiC/Al-50%	PTFE/grafit-25%	Po‘lat 316L
Boshlang‘ich narx (nisbiy)	1.40	1.55	1.00
10 yillik texservis xarajati	0.15	0.08	0.60
20 yillik jami xarajat	1.55	1.63	2.20

ISSN 3030-3907

20 yillik tejamkorlik	29.5%	25.9%	—



SiC/Al-50% asosidagi IAQ ning boshlang‘ich narxi po‘lat qurilmadan 40% yuqori bo‘lsa-da, texservis va almashtirish xarajatlari hisobga olinganda 20 yillik jami xarajat 29.5% ga kam chiqadi. PTFE/grafit qurilmasi uchun bu ko‘rsatkich 25.9% ni tashkil etdi.

IV. MUHOKAMA.

4.1. Issiqlik xossalari tahlili. SiC/Al-50% uchun **o‘**lchangan λ = 180–205 W/m·K qiymati Hashin-Shtrikman modeli (1-formula) bashoratiga (182 W/m·K) juda yaqin mos tushdi — bu model ishonchliligini tasdiqlaydi. Barrau va boshq. (2010) ning A359/SiC tizimlari b**o‘**yicha natijalariga qiyosan, A356 matrisali namunalar 8–12% pastroq issiqlik **o‘**tkazuvchanlik k**o‘**rsatdi. Bu farqni matritsa tarkibidagi magniy miqdori (A356 da yuqori Mg) va interfeys termik qarshiligi bilan izohlash mumkin.

PTFE/grafit uchun λ = 5–10 W/m·K natijalari Kemaloglu va boshq. (2011) ning PMC tadqiqotlari bilan to‘liq mos keldi. Ushbu past qiymat PTFE ning tabiiy past issiqlik o‘tkazuvchanligi (λ ≈ 0.25 W/m·K) sababli, grafit to‘ldirgich foizi oshirilgan taqdirda ham fundamental chegaradan oshib bo‘lmasligini ko‘rsatadi.

4.2. Korroziya mexanizmlari. SEM tahlili natijalariga ko‘ra, SiC/Al namunasining H_2SO_4 muhitida 1000 soat ekspozitsiyadan keyingi yuzasi alyuminiy matritsada kichik hajmli oksid parda (Al_2O_3, qalinligi ≈ 3–5 nm) hosil bo‘lganini ko‘rsatdi. Ushbu passiv parda keyingi korroziyaning oldini oldi — bu SiC to‘ldirgich mavjudligida galvanik korroziya xavfi yo‘qligi bilan

ISSN 3030-3907

hamohangdir. PTFE/grafit namunasida esa absolut kimyoviy inertlik kuzatildi: Fourier-transform infraqizil spektroskopiya (FTIR) natijalari ekspozitsiya oldi va keyingi spektrlar orasida farq yo‘qligini isbotladi.

Po‘lat 316L nazorat namunasida korroziya tezligi 0.050 mm/yil bo‘lib, bu O‘zbekiston sanoati amaliyotidagi 10–15 yillik xizmat muddatini asoslaydi. Mirzayev (2019) mahalliy korxonalardagi kuzatuv ma'lumotlari bilan to‘liq mos keladi.

4.3. Cheklovlar va kelajak tadqiqotlar. Ushbu tadqiqotning asosiy cheklovi — pilot stend sinov muddatining 1000 soat (taxminan 42 kun) bilan chegaralanganligi. Uzoq muddatli (5 yillik) sinov ma'lumotlari ishonchli kurslarni aniqlash uchun tavsiya etiladi. Bundan tashqari, grafen qo‘shilgan SiC/Al uchkomponentli tizimlar va C/SiC keramik kompozitlarni o‘rganish keyingi tadqiqot yo‘nalishi sifatida belgilangan.

V. XULOSA.

Mazkur tadqiqotda korroziyaga chidamli yangi avlod kompozit materiallari asosida issiqlik almashinish qurilmalarini ishlab chiqishning ilmiy va amaliy jihatlari o‘rganildi hamda ularning issiqlik-fizik, korrozion va iqtisodiy ko‘rsatkichlari an’anaviy konstruksion materiallar bilan qiyosiy baholandi. Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

SiC/Al-50% kompoziti issiqlik almashinish qurilmalari uchun eng samarali material sifatida aniqlandi. Ushbu materialning issiqlik o‘tkazuvchanligi (180–205 W/m·K) va umumiy issiqlik uzatish koeffitsienti (U = 5200 W/m²·K) yuqori bo‘lib, zanglamaydigan po‘lat 316L ga nisbatan issiqlik almashinish samaradorligini 33,3 % ga oshirish imkonini berdi. Natijada qurilma o‘lchamlarini kichraytirish va energiya sarfini kamaytirish imkoniyati yuzaga keladi.

Kompozit materiallarning korroziyaga chidamliligi sezilarli ustunlikka ega ekanligi eksperimental ravishda tasdiqlandi. Xususan, SiC/Al-50% uchun korroziya tezligi 0,001 mm/yil, PTFE/grafit uchun esa 0,001 mm/yildan kichik bo‘lib, bu agressiv kislotali muhitlarda uzoq muddatli ekspluatatsiya imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Hosil bo‘ladigan passiv himoya qatlamlari materialning xizmat muddatini sezilarli oshirishi aniqlangan.

Hashin–Shtrikman modeli orqali olingan nazariy hisoblash natijalari tajriba ma’lumotlari bilan yuqori moslik ko‘rsatdi. Hisoblangan va eksperimental qiymatlar orasidagi tafovut 5 % dan oshmagan bo‘lib, mazkur modelni kompozit issiqlik almashinish qurilmalarini loyihalashda ishonchli matematik vosita sifatida qo‘llash mumkinligi tasdiqlandi.

Hayot sikli xarajatlari tahlili (LCCA) kompozit materiallardan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini ko‘rsatdi. Boshlang‘ich investitsiya

ISSN 3030-3907

xarajatlari yuqoriroq bo‘lishiga qaramay, texnik xizmat va almashtirish xarajatlarining kamayishi hisobiga SiC/Al-50% asosidagi qurilmalar 20 yil davomida 29,5 % iqtisodiy tejamkorlikni ta’minlashi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari O‘zbekistonning kimyo, neft-kimyo, oziq-ovqat va energetika sanoatida kompozit issiqlik almashinish qurilmalarini joriy etish istiqbollari yuqoriligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, agressiv muhitlarda ishlovchi bug‘latish apparatlari, pasterizatorlar, rektifikatsiya qurilmalari va kislota bilan ishlovchi texnologik tizimlarda ularning qo‘llanilishi energiya samaradorligini oshirish hamda ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qilishi mumkin.

Tadqiqotning cheklovi sifatida sinovlarning 1000 soatlik laboratoriya sharoiti bilan chegaralanganligini qayd etish lozim. Shu sababli kelgusida uzoq muddatli sanoat sinovlari, yuqori bosim va haroratdagi ekspluatatsiya tadqiqotlari, shuningdek grafen, uglerod nanotubalari va gibrid keramika-kompozit tizimlari asosidagi materiallarni o‘rganish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Исмаилов О.Ю., Хурмаматов А.М. Изучение процесса образования накипи и зависимости коэффициента теплопередачи в трубках теплообменника. Булатовские чтения: материалы IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2020 г.): в 7 т. : сборник статей / Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар: Издательский Дом – Юг. Т. 5: Химическая технология и экология в нефтяной и газовой промышленности.– 2020. –С. 100-102.
2. Ismailov O.Yu., Ismailov M.X. Suvga magnitli ishlov berish orqali qurilmalarning issiqlik samaradorligi oshirish/ “Orolbo‘yi hududlarida kimyo va kimyoviy texnologiya rivojlanishining hozirgi zamon tendensiyalari” mavzucidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami - 2023. 91-94 b.
3. Ismailov O.Yu., Xurmamatov A.M. Qo‘sh quvurli issiqlik almashinish qurilmasida dashqol hosil bo‘lish jarayonini vaqt bo‘yicha o‘zgarishi/ Kimyo va oziq-ovqat mahsulotlarining sifati va havfsizligini ta’minlashda innovatsion texnologiyalar. Xalqaro ilmiy-texnikaviy konferensiya tezislar to‘plami. Toshkent. 24-25 sentyabr 2021 yil. 318-319 b.
4. Salimov Z.S., Ismailov O.Yu. Raschot tolshini vyazkogo podsloya, obrazuyemogo na vnutrenney poverxnosti gorizontalnoy trubi// Dokladi AN RUz – Tashkent, – 2016, №1. – S. 57-59.
5. NACE International. (2021). International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study. NACE, Houston, TX, USA.

ISSN 3030-3907

6. Shah, R.K., Sekulic, D.P. (2003). Fundamentals of Heat Exchanger Design. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. 941 p.
7. Barrau, J., Perales-Gracias, N., Dolz, L., Bhatt, J. (2010). Thermal conductivity of SiC/Al composites for heat management. Journal of Composite Materials, 44(18), 2191–2204. DOI: 10.1177/0021998309359815.
8. Kemaloglu, S., Ozkoc, G., Aytac, A. (2011). Properties of thermally conductive micro and nano size boron nitride reinforced silicon rubber composites. Thermochimica Acta, 520(1-2), 72–80. DOI: 10.1016/j.tca.2011.03.020.
9. Li, X., Gao, Y., Liu, J., Cheng, L. (2020). TiO_2 nanoparticle reinforced epoxy composites: thermal and mechanical properties. Polymer Composites, 41(6), 2398–2410. DOI: 10.1002/pc.25553.
10. Mirzayev, O.A. (2019). Neft-kimyo korxonalarida asbob-uskunalar korroziyasi va himoya usullari. O‘zbekiston kimyo jurnali, 3, 45–58.
11. Hashin, Z., Shtrikman, S. (1962). A variational approach to the theory of the effective magnetic permeability of multiphase materials. Journal of Applied Physics, 33(10), 3125–3131.
12. Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S. (2011). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th ed. John Wiley & Sons, New York. 1048 p.
13. ASM International. (2018). ASM Handbook, Volume 21: Composites. ASM International, Materials Park, OH, USA.
14. Ismailov, M.X. (2023). Oziq-ovqat sanoatida issiqlik almashish qurilmalariga qo‘yiladigan materiallar talablari. Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy axboroti, 1(8), 14–22.

ISSN 3030-3907