

NEFT-GAZ SANOATIDA QO‘LLANILADIGAN KONSTRUKSION MATERIALLARNING MEXANIK XOSSALARI VA SINISH MEXANIZMLARINI TAHLIL QILISH

Bozorov Rustam Tilouberdiyevich

Qarshi davlat texnika universiteti

“Sanoat muhandisligi va menejmenti” kafedrası assistenti

Email: bozorov1987r@gmail.com

Tel: +998938032741

Raxmatov Erkin Abdixafizovich

Iqtisodiyot va pedagogika universiteti professori

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21131921>

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda neft-gaz sanoatida qo‘llaniladigan konstruksion materiallarning mexanik xossalari va sinish mexanizmlari tahlil qilindi. Metall materiallarning kuchlanish–deformatsiya holati, plastik deformatsiya, charchash, sudralish va sinish jarayonlarining ekspluatatsion ishonchlilikka ta’siri o‘rganildi. Ayniqsa siklik yuklamalar, yuqori harorat va agressiv muhit sharoitida materiallarning mexanik xatti-harakatiga alohida e’tibor qaratildi. Tadqiqotda kuchlanish–deformatsiya diagrammalari, S–N charchash egri chiziqlari, sudralish jarayonlari va sinish yuzalari nazariy jihatdan tahlil qilindi. Shuningdek, oqish chegarasi, elastiklik moduli, zarba qattiqligi, sudralish chidamliligi va sinish chidamliligining sanoatdagi ahamiyati yoritildi. Olingan natijalar mexanik xossalari va sinish mexanizmlarini kompleks tahlil qilish neft-gaz sanoati qurilmalarining xavfsizligi va uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: konstruksion materiallar, mexanik xossalari, sinish mexanizmlari, charchash, sudralish, kuchlanish–deformatsiya diagrammasi.

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES AND FRACTURE MECHANISMS OF CONSTRUCTION MATERIALS USED IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Abstract: This study investigates the mechanical properties and fracture mechanisms of structural materials used in the oil and gas industry. The effects of stress–strain behavior, plastic deformation, fatigue, creep, and fracture processes on the operational reliability of metallic materials were analyzed. Particular attention was given to the mechanical behavior of materials under cyclic loading, high-temperature conditions, and aggressive environments. Stress–strain diagrams, fatigue S–N curves, creep behavior, and fracture surface characteristics were theoretically evaluated. The study also analyzed the industrial significance of yield strength, elasticity modulus, impact toughness, creep resistance, and fracture toughness. The results demonstrate that the comprehensive analysis of mechanical properties and fracture mechanisms plays an important role in ensuring industrial safety, long-term reliability, and optimal material selection for oil and gas equipment.

Keywords: structural materials, mechanical properties, fracture mechanisms, fatigue, creep, stress–strain diagram.

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: В данной работе проведён анализ механических свойств и механизмов разрушения конструкционных материалов, применяемых в нефтегазовой промышленности. Исследовано влияние напряжённо-деформированного состояния, пластической деформации, усталости, ползучести и процессов разрушения на эксплуатационную надёжность металлических материалов. Особое внимание уделено механическому поведению материалов при циклических нагрузках, высоких температурах и воздействию агрессивной среды. Теоретически проанализированы диаграммы напряжение–деформация, усталостные $S-N$ кривые, процессы ползучести и характеристики поверхностей разрушения. Также рассмотрено промышленное значение предела текучести, модуля упругости, ударной вязкости, ползучестойкости и трещиностойкости. Полученные результаты показывают, что комплексный анализ механических свойств и механизмов разрушения играет важную роль в обеспечении промышленной безопасности и долговременной эксплуатационной надёжности нефтегазового оборудования.

Ключевые слова: конструкционные материалы, механические свойства, механизмы разрушения, усталость, ползучесть, диаграмма напряжение–деформация.

Kirish: Neft-gaz sanoatida qo'llaniladigan konstruksion materiallar murakkab ekspluatatsion sharoitlarda faoliyat yuritadi. Yuqori ichki bosim, harorat gradientlari, siklik mexanik yuklamalar hamda agressiv korrozion muhitlarning birgalikdagi ta'siri materiallarning uzoq muddatli ishonchliligi va xavfsiz ishlashiga jiddiy talablar qo'yadi. Ayniqsa magistral quvurlar, bosimli idishlar, issiqlik almashinish apparatlari va reaktor qurilmalarida ishlatiladigan metall materiallarning mexanik xossalari va sinish mexanizmlarini chuqur o'rganish sanoat xavfsizligini ta'minlashning muhim ilmiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi [1].

Konstruksion materiallarning mexanik xatti-harakati ularning atom tuzilishi, kristall panjara geometriyasi va mikrostrukturaviy holati bilan bevosita bog'liqdir. Metallarning elastiklik moduli, oqish chegarasi, plastiklik darajasi, zarba qattiqligi va charchashga chidamliligi atomlararo bog'lanish energiyasi hamda dislokatsion mexanizmlar orqali shakllanadi. Shu sababli materialning ekspluatatsion barqarorligini baholashda mikrostrukturaviy jarayonlar va deformatsion mexanizmlarni kompleks tahlil qilish zarur hisoblanadi [2].

Metall materiallarda plastik deformatsiya asosan dislokatsiyalar harakati orqali amalga oshadi. Dislokatsiyalarning sirpanish tekisliklari bo‘ylab harakatlanishi materialning deformatsion qobiliyatini belgilaydi. Kristall tuzilish turiga qarab bu jarayonning intensivligi o‘zgaradi. Masalan, FCC strukturali austenitik po‘latlar yuqori plastiklikka ega bo‘lsa, BCC strukturali ferritik po‘latlarda past haroratlarda mo‘rt sinishga moyillik kuzatiladi. Bu holat ayniqsa sovuq iqlim sharoitida ishlovchi gaz quvurlarini loyihalashda muhim ahamiyatga ega [3].

Neft-gaz sanoati qurilmalarida materiallar ko‘pincha uzoq muddat davomida siklik yuklamalar ostida ishlaydi. Bosim pulsatsiyasi, vibratsiya va mexanik tebranishlar natijasida metallarda charchash jarayonlari yuzaga keladi. Charchash davomida mikroyoriqlar hosil bo‘lib, vaqt o‘tishi bilan ularning rivojlanishi konstruksiyaning to‘satdan sinishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, yuqori haroratli ish rejimlarida sudralish deformatsiyasi ham materialning xizmat muddatini cheklovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Donacha chegaralari bo‘ylab diffuziya jarayonlarining kuchayishi va bo‘shliqlar hosil bo‘lishi yuqori haroratli quvur tizimlari va reaktorlarda xavfli yorilish mexanizmlarini yuzaga keltiradi [4].

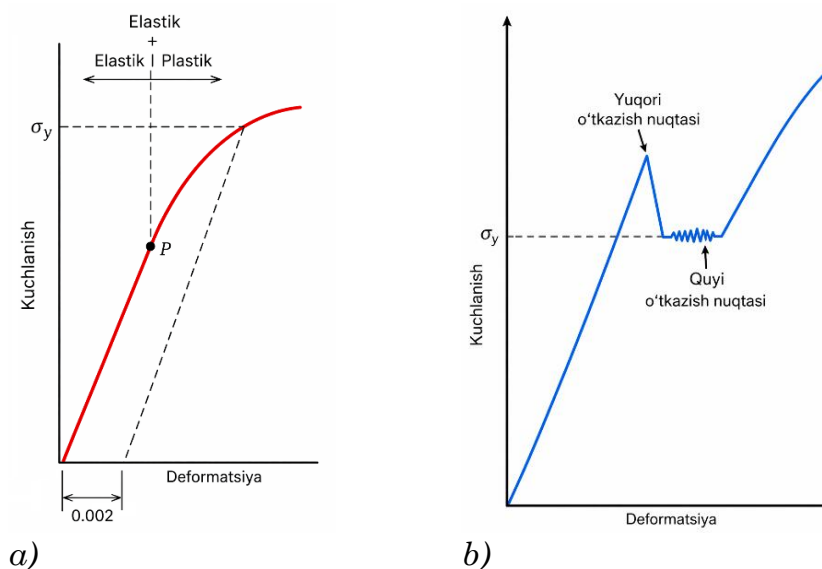
Materiallarning sinish mexanizmlari qovushqoq yoki mo‘rt xarakterga ega bo‘lishi mumkin. Qovushqoq sinishda sezilarli plastik deformatsiya kuzatilsa, mo‘rt sinishda yorilish juda tez tarqaladi va oldindan sezilarli deformatsion belgilar namoyon bo‘lmaydi. Ayniqsa payvand choklari, issiqlik ta’sir zonalari va mikrostrukturaviy nuqsonlar mavjud bo‘lgan sohalarda kuchlanish konsentratsiyasi ortadi. Shu sababli zamonaviy materialshunoslikda sinish mexanikasi yondashuvlari yordamida yoriq barqarorligi va kritik kuchlanish intensivligi koeffitsientlarini aniqlash katta amaliy ahamiyat kasb etmoqda [5].

Hozirgi kunda konstruksion materiallarning mexanik xossalari chuqur tahlil qilish, sinish mexanizmlarini aniqlash hamda ekspluatatsion ishonchlilikni oshirishga qaratilgan tadqiqotlar neft-gaz sanoatining dolzarb ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, mazkur tadqiqotda metall materiallarning mexanik xossalari, deformatsion xatti-harakati, charchash va sudralish jarayonlari hamda sinish mexanizmlarining nazariy asoslari tahlil qilinadi. Ayniqsa kuchlanish–deformatsiya diagrammalari, charchash jarayonlari, sudralish egri chiziqlari va sinish mexanikasi

ko’rsatkichlari asosida konstruksion materiallarning ekspluatatsion barqarorligi baholanadi.

Asosiy qism: Neft-gaz sanoatida qo’llaniladigan metall konstruksiyalar yuqori bosim, harorat o’zgarishi, vibratsiya va agressiv muhit ta’sirida ishlaydi. Shu sababli materiallarning mexanik xossalarini chuqur o’rganish sanoat xavfsizligi va ekspluatatsion ishonchlilikni ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa elastiklik, plastiklik, charchashga chidamlilik va sudralish kabi parametrlar quvur tizimlari, bosimli idishlar hamda reaktor qurilmalarining uzoq muddatli ishlash qobiliyatini belgilaydi.

Metall materiallarning deformatsion xatti-harakati odatda kuchlanish–deformatsiya diagrammasi orqali tavsiflanadi. Elastik deformatsiya bosqichida material tashqi yuklama olib tashlangandan keyin dastlabki holatiga qaytadi. Kuchlanish qiymati oshib borishi bilan oqish chegarasiga erishiladi va plastik deformatsiya boshlanadi. Bu jarayon dislokatsiyalar harakati bilan bog’liq bo’lib, mikrostrukturaviy xususiyatlarga bevosita ta’sir qiladi. Materialning maksimal mustahkamlik nuqtasidan keyin lokal kesim kamayishi, ya’ni “bo’yin hosil bo’lishi” kuzatiladi va yakuniy sinish sodir bo’ladi. Ushbu jarayonlar 1-rasmda keltirilgan kuchlanish–deformatsiya diagrammasida aniq tasvirlangan.

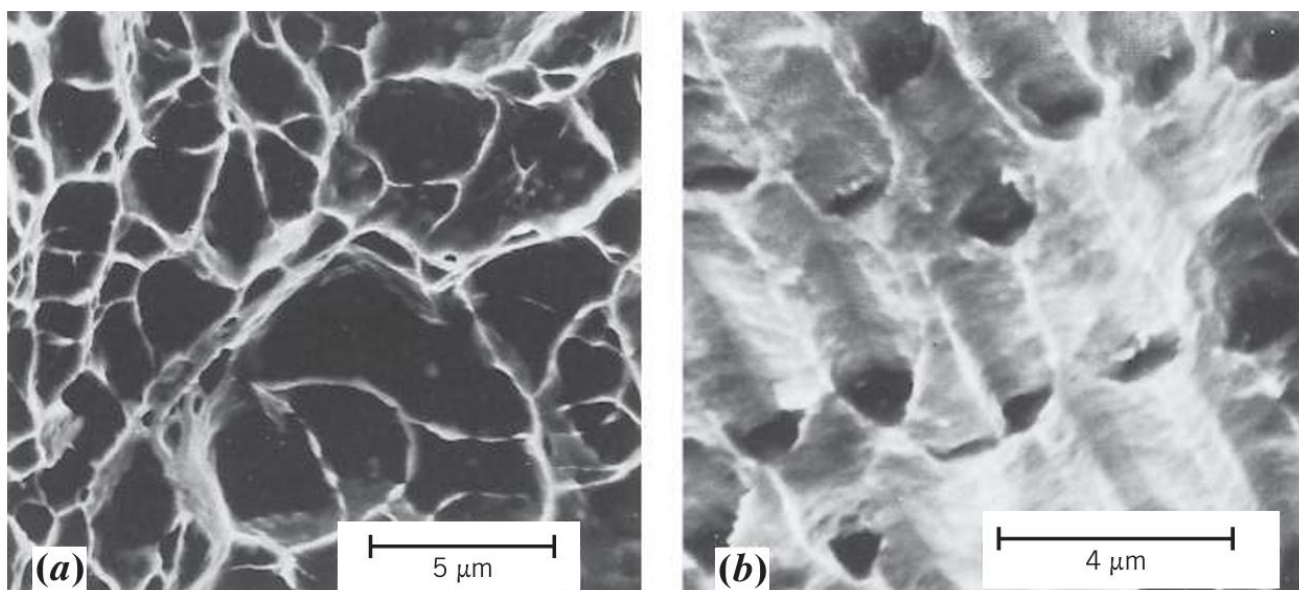


1-rasm. Metall material uchun tipik kuchlanish–deformatsiya diagrammasi; elastik va plastik sohalar hamda 0.002 ofset usuli bilan aniqlangan oqish chegarasi.

Oqish chegarasi metall konstruksiyalarning xavfsiz ishlashini baholovchi asosiy parametr hisoblanadi. Amaliy muhandislik hisoblarida 0.002 nisbiy deformatsiya

asosidagi ofset usuli keng qoʻllaniladi. Ayniqsa bosimli idishlar va magistral quvurlarni loyihalashda ushbu parametrlarning toʻgʻri aniqlanishi muhim hisoblanadi.

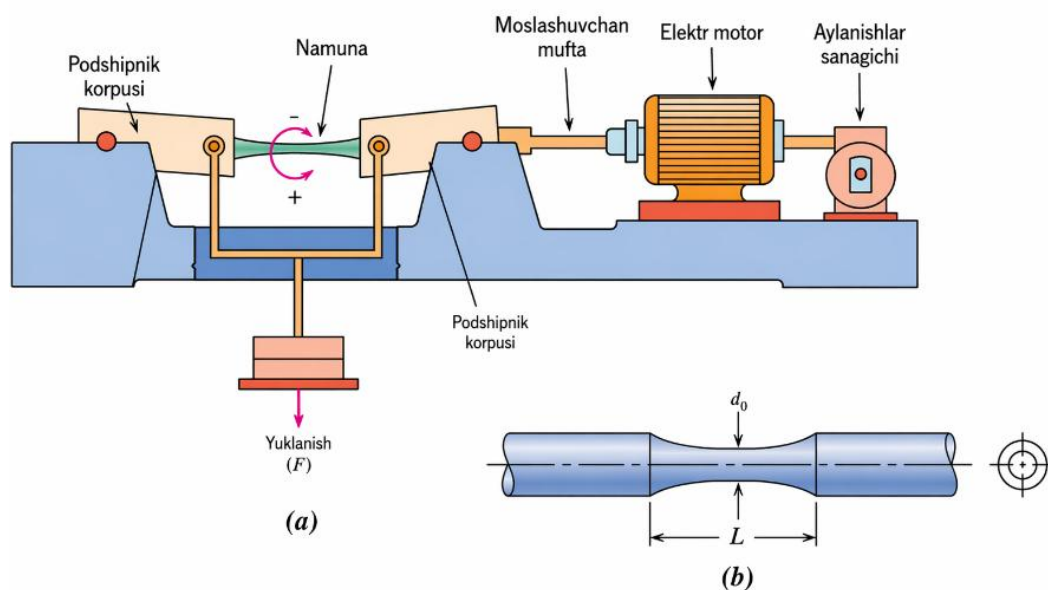
Materiallarning sinish mexanizmlari qovushqoq va moʻrt sinish koʻrinishida namoyon boʻladi. Qovushqoq sinishda katta plastik deformatsiya kuzatiladi va yorilish mikrogʻovakchalarning birlashishi orqali rivojlanadi. Moʻrt sinishda esa yorilish juda tez tarqaladi hamda oldindan sezilarli deformatsion belgilar kuzatilmaydi. Bu ayniqsa past harorat sharoitida ishlovchi ferritik poʻlatlar uchun xavfli hisoblanadi. Qovushqoq va moʻrt sinish yuzalarining mikrotuzilmalari 2-rasmda koʻrsatilgan.



2-rasm. Qovushqoq va moʻrt sinish yuzalarining mikrotuzilmasi

Rasmda qovushqoq sinish yuzasi notekis va tolali koʻrinishga ega ekanligi kuzatiladi, bu yuqori plastik deformatsiyani ifodalaydi. Moʻrt sinish yuzasi esa nisbatan tekis boʻlib, yorilishning kristallografik tekisliklar boʻylab tez tarqalganligini koʻrsatadi. Sinish yuzalarini tahlil qilish materiallarda yuzaga keladigan avariya holatlarini aniqlashda muhim diagnostik usullardan biri hisoblanadi.

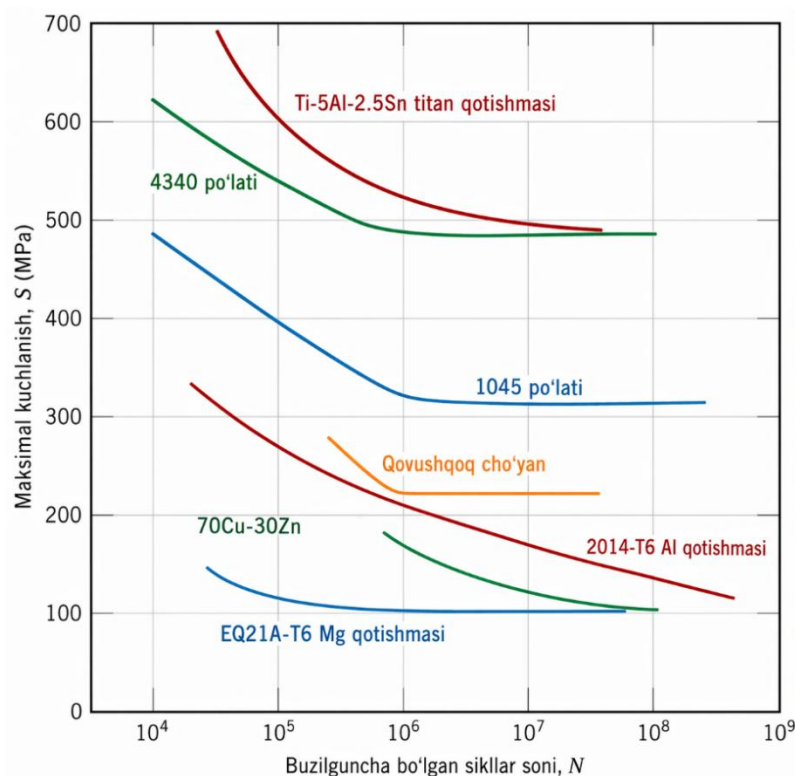
Neft-gaz sanoatida ishlovchi quvur va mexanik tizimlar koʻpincha siklik yuklamalarga duch keladi. Bosim pulsatsiyasi, mexanik tebranish va vibratsiyalar taʼsirida metallarda charchash jarayoni rivojlanadi. Charchash davomida kichik mikroyoriqlar hosil boʻlib, ular vaqt oʻtishi bilan oʻsadi va kritik uzunlikka yetgach materialning keskin sinishiga olib keladi. Materiallarning charchash xatti-harakati S–N diagrammasi orqali tavsiflanadi (3-rasm).



3-rasm. S–N diagrammasi; kuchlanish amplitudasi va sikllar soni o‘rtasidagi bog‘liqlik.

S–N diagrammasidan ko‘rinadiki, kuchlanish amplitudasi oshishi bilan sinishgacha bo‘lgan sikllar soni keskin kamayadi. Ferritik po‘latlarda ma’lum charchash chegarasi mavjud bo‘lib, ushbu qiymatdan past kuchlanishlarda material uzoq muddat ishlashi mumkin. Austenitik po‘latlarda esa aniq fatigue limit kuzatilmaydi. Shu sababli siklik yuklama ostida ishlovchi kompressor tizimlari va magistral quvurlar uchun charchash tahlili alohida ahamiyatga ega.

Yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitlarda sudralish deformatsiyasi materiallarning xizmat muddatini cheklovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Sudralish vaqtga bog‘liq plastik deformatsiya bo‘lib, ayniqsa reaktor quvurlari va issiqlik almashinish apparatlarida intensiv kuzatiladi. Yuqori harorat ta’sirida donacha chegaralari bo‘ylab diffuziya jarayonlari tezlashadi va mikrobo‘shliqlar hosil bo‘lishi natijasida yakuniy yorilish yuz beradi. Sudralish jarayonining asosiy bosqichlari 1.11-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Sudralish egri chizig'ı; birlamchi, ikkilamchi va uchinchi bosqichlar.

Sudralishning birlamchi bosqichida deformatsiya tezligi asta-sekin kamayadi, ikkilamchi bosqichda esa deyarli barqaror holat kuzatiladi. Aynan ushbu bosqich materialning uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini tavsiflaydi. Uchinchi bosqichda deformatsiya tezligi keskin ortadi va materialning yakuniy yorilishi sodir bo'ladi. Shu sababli yuqori haroratda ishlovchi qurilmalar uchun sudralish chidamliligini baholash katta amaliy ahamiyatga ega.

Metall materiallarning mexanik xossalari va ularning sanoatdagi funksional ahamiyati 1.4-jadvalda keltirilgan. Jadvalda elastiklik moduli, oqish chegarasi, zarba qattiqligi, charchash chegarasi, sudralish chidamliligi va sinish chidamliligi kabi asosiy parametrlarning fizik mazmuni hamda neft-gaz sanoatidagi vazifalari ko'rsatilgan.

1-jadval. Mexanik xossalar va ularning neft-gaz sanoatidagi funksional ahamiyati.

Parametr	Fizik mazmuni	Sanoatdagi ahamiyati
Elastiklik moduli	Qattiqlik darajasi	Deformatsiya nazorati
Oqish chegarasi	Plastik deformatsiya boshlanishi	Bosimli idishlar xavfsizligi
Zarba qattiqligi	Mo'rtlikka chidamlilik	Past harorat quvurlari
Charchash chegarasi	Siklik yuklama bardoshliligi	Kompressor tizimlari
Sudralish chidamliligi	Yuqori harorat ekspluatatsiyasi	Reaktor quvurlari

Sinish chidamliligi K_{IC}	Yoriq barqarorligi	Payvandli konstruksiyalar
---------------------------------	--------------------	---------------------------

Jadvaldan ko‘rinadiki, har bir mexanik parametr konstruksion xavfsizlikni ta’minlashda alohida vazifani bajaradi. Masalan, oqish chegarasi bosimli tizimlarning mustahkamligini belgilasa, zarba qattiqligi past harorat sharoitidagi xavfsizlikni tavsiflaydi. Sudralish chidamliligi yuqori haroratli qurilmalar uchun muhim bo‘lsa, sinish chidamliligi payvandli konstruksiyalarda yoriqlar rivojlanishini baholash imkonini beradi.

Umuman olganda, metall materiallarning mexanik xossalari va sinish mexanizmlarini kompleks tahlil qilish neft-gaz sanoatida ishlovchi konstruksiyalarning uzoq muddatli ishonchliligini ta’minlashda muhim ilmiy asos hisoblanadi. Kuchlanish–deformatsiya holati, charchash va sudralish jarayonlari hamda sinish mexanikasi parametrlarini chuqur o‘rganish optimal material tanlash va sanoat xavfsizligini oshirish imkonini beradi.

Xulosa: Mazkur tadqiqotda neft-gaz sanoatida qo‘llaniladigan konstruksion materiallarning mexanik xossalari va sinish mexanizmlari nazariy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, metall materiallarning ekspluatatsion ishonchliligi ularning elastiklik moduli, oqish chegarasi, plastiklik, charchashga chidamlilik va sudralish xossalari bilan bevosita bog‘liq ekanligi aniqlandi. Kuchlanish–deformatsiya diagrammalari materiallarning elastik va plastik deformatsiya bosqichlarini baholash imkonini berdi. Shuningdek, qovushqoq va mo‘rt sinish mexanizmlarining mikrostrukturaviy farqlari tahlil qilinib, past harorat va yuqori yuklama sharoitida mo‘rt sinish xavfi ortishi ko‘rsatildi. Charchash jarayonlari tahlili siklik yuklamalar ta’sirida mikroyoriqlar hosil bo‘lishi va ularning vaqt o‘tishi bilan rivojlanishini tasdiqladi. Yuqori haroratli ish rejimlarida sudralish deformatsiyasi materiallarning xizmat muddatini cheklovchi asosiy omillardan biri ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari mexanik xossalari va sinish mexanizmlarini kompleks baholash neft-gaz sanoati qurilmalarining xavfsizligi, uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligi hamda optimal konstruksion material tanlashda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishini ko‘rsatdi.

References

- [1] Callister W D and Rethwisch D G 2018 *Materials Science and Engineering* (USA: John Wiley & Sons, Inc)
- [2] Ebbing D D, Gammon S D and Ragsdale R O 2006 *Essentials of General Chemistry* (Houghton Mifflin)
- [3] Jespersen N D, Hyslop A and Brady J E 2022 *Chemistry: the molecular nature of matter* (Hoboken, NJ: Wiley)
- [4] Shackelford J F 2005 *Introduction to Materials Science for Engineers* (Pearson/Prentice Hall)
- [5] Smith W F and Hashemi J 2003 *Foundations of Materials Science and Engineering* (McGraw-Hill Higher Education)