

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

PLANAR KONSTRUKSİYALI YANACAQ ELEMENTLƏRİNİN İŞLƏMƏ QABİLİYYƏTİ VƏ KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

İxtisas: 2004.01– “Maşınların, cihazların və aparatların
dinamikası, möhkəmliyi”

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Səidə Arif qızı Musəvi**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya" Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Texnika elmləri doktoru, professor
Ramiz Əliş oğlu Həsənov

Rəsmi opponentlər: Texnika elmlər doktoru, professor
Fuad Fəzil oğlu Həsənov

Texnika elmləri namizədi, dosent
Rafiq Bayram oğlu Ərəbov

Texnika elmlər namizədi, dosent
Ağakışi Fərəc oğlu Məmmədov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.09 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: Texnika elmləri doktoru, professor,
Ələkbər Güləhməd oğlu Hüseynov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: Texnika elmləri namizədi, dosent

Füzuli Rəsul oğlu Rəsulov

Elmi seminarın sədri: Texnika elmləri namizədi, dosent

Əsgər Həbib oğlu Tağızadə

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Dünyada kəskin əhali artımı müxtəlif enerji resurslarının istehlakının artmasına səbəb olmuşdur. Bu sürətli tərəqqi elm adamlarının yeni enerji resurslarının yaradılmasına marağının artması ilə nəticələnmişdir. Resurs mənbələrinin təkmilləşdirilməsi qalıq karbohidrogen ehtiyatlarını üstələyə və bununla da çarpazlaşan bu problem aradan qaldırıla bilər.

Bundan əlavə, hazırda yer kürəsində baş verən qlobal istiləşmə ilə əlaqədar ekoloji tarazlığın təmin olunmasında yeni problemlər və onların həlli üçün artan zəruri tələblər yaratmışdır. Odur ki, dünya ictimaiyyəti, o cümlədən alimlər qalıq yanacaqlardan istifadənin azaldılması üçün etibarlı alternativ enerji mənbələrinin tapılmasında məsuliyyət daşmalıdır ki, bu da gələcəkdə resursların tükənməsi problemləri ilə üzləşməməyə kömək edəcəkdir. Beləliklə, resurslardan istifadənin alternativ variantlarını təklif etməklə, təhlükəsiz və effektiv həll yolları nəzərə alınmaqla bu məqsədə nail olmaq mümkündür. Buna görə də texnoloji tərəqqinin indiki mərhələsində yanacaq elementlərinin istifadəsi çox sürətlə artmaqdadır və müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqi genişlənməkdədir. Mövcud texniki vəziyyətə görə, yanacaq elementləri (YE) demək olar ki, hər hansı bir enerji istehlakı sistemi üçün təmiz, səmərəli və etibarlı enerji istehsalı təmin edə bilər. Bundan əlavə, yanacaq elementlərindən portativ, stasionar və nəqliyyatda geniş istifadə edilməsi nəzərdə tutulur.

Mövcud ciddi problemlərin aradan qaldırılmasında iştirak edə biləcək yeni və effektiv həllərin təklif edilməsi, xüsusən bərk oksidli yanacaq elementləri (BOYE) üçün (elektrodlar və qarşılıqlı əlaqə) sənaye və sosial ehtiyacları ödəmək üçün fəal şəkildə araşdırılmalı və inkişaf etdirilməlidir. Bundan əlavə, texnoloji göstəriciləri optimallaşdırmaq və müxtəlif tətbiqlərdə istifadənin səmərəliliyini təmin etmək problemlərini həll etmək üçün texniki xüsusiyyətləri və material təminatını müəyyən etmək üçün BOYE cihazları ilə əlaqədar aidiyyəti tədqiqatlar aparılmışdır.

Ucuz, asanlıqla emal oluna bilən materialların (Ni, Fe, Cu, Al, Sr) inkişafı ilə və müxtəlif miqyaslarda (makro ölçüdə nanoölçüyə

qədər) BOYE tətbiqləri üçün bərk oksidli keramik anod və ya katod hazırlamaqla sənayenin müxtəlif sahələrində BOYE-nin kommersiyalaşdırılmasının hazırkı səviyyəsinə nail olmaq mümkün olmuşdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, bərk oksidli yanacaq elementlərindən (BOYE) istifadə edərək enerji istehsalı texnologiyaları bütün tələblərə cavab verir, yəni. müxtəlif yanacaq ehtiyatlarından istifadə edə bilir (çevikliyə malikdir), ətraf mühitə təsiri minimuma endir (uyğunluğa malikdir), kommersiya cəlbediciliyi nəzərə alınmaqla dizayn edilir (əlverişlilik), geniş praktik tətbiqlərə malikdir (uyğunluq qabiliyyəti), həm enerji istehsalı həm də kimyəvi istehsal üçün yararlıdır.

Bu problemləri həll etmək, yəni mövcud BOYE-lərin kommersiyalaşdırılması səviyyəsini artırmaq üçün zəruri şərt onların inkişafının digər problemlərinin nəticələrinə uyğun gələn mövcud BOYE-lər üzrə mexaniki tədqiqatlar kompleksinin aparılmasıdır.

Dissertasiyada planar BOYE -lər və onların son onilliklərdə inkişafı, eləcə də təmiz enerji sektoru üçün əhəmiyyəti nəzərdən keçiriləcək.

Tədqiqatın obyektı və predmeti: Tədqiqatın obyektı texnologiyanın müxtəlif sahələrində, yəni planar yanacaq elementlərində tətbiq tapmış BOYE işlənilməsinin növlərindən biridir. Tədqiqatın mövzusu planar yanacaq elementlərinin iş qabiliyyəti və keyfiyyət göstəriciləri, onların komponent tərkibinin mexaniki problemlərini həll etməklə, onları BOYE işlənilməsinin digər problemlərinin həllinin nəticələrinə uyğunlaşdırmaqdır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Tədqiqatın məqsədi yastı laylı makrokompozit konstruksiyalı yüksək temperaturlu bərk oksid yanacaq elementlərinin iş qabiliyyətini və keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmaq üçün layihələndirilməsi metodologiyasının işlənilib hazırlanmasından ibarətdir.

Tədqiqatın vəzifəsi müxtəlif fiziki, reoloji və struktur-mexaniki xassələrə malik bərk cisim laylı makrokompozit strukturunun modellərinin işlənilib hazırlanması, tədqiqi və layihələndirilməsidir.

Tədqiqatın metodları. Konstruksiyiv və fiziki modelləşdirmə, riyazi modelləşdirmə və sərhəd məsələlərinin həlli, optimallaşdırma

üsulları, eksperimental tədqiqatların aparılması və ümumiləşdirilməsi.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

1. İstismar şəraitinin istismar göstəriciləri nəzərə alınmaqla bərk oksid yanacaq elementlərinin (müxtəlif struktur və material dizaynı) yüksək temperaturlu laylı strukturlarının mexaniki məsələlərinin əsaslandırılması və tərtibi.

2. Material dəstəyinin reofiziki və struktur-mexaniki xassələrindəki dəyişikliklərin həm tək, həm də yığılmış versiyalarda ayrı-ayrı yanacaq elementləri kimi konstruksiyanın istismar xüsusiyyətlərinə təsirinin qiymətləndirilməsi.

3. “Konstruksiya forması” fenomeninin bərk oksid yanacaq elementlərinin, həm fərdi, həm də yığınlarda daşıma qabiliyyətinə təsirinin mahiyyətinin öyrənilməsi.

4. Yüksək iş temperaturunda və fasiləli iş rejimlərində işləyən bərk oksid yanacaq elementlərinin keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi meyarlarının işlənib hazırlanması.

5. Müxtəlif material dizaynı və deformasiya davranış modelləri ilə yüksək temperaturlu yanacaq elementlərinin xidmət müddətinin təyini.

Tədqiqatın elmi yeniliyi: Struktur- material dizaynını və iş şəraitini müəyyən edən fenomenlər nəzərə alınmaqla ayrı-ayrı bərk oksid yanacaq elementlərinin və onların yığınlarının gərginlik-deformasiya vəziyyətinin modelləşdirilməsi və tədqiqi və çoxqatlı strukturunun səmərəliliyinin təmin edilməsi,

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1.İstismar temperatur şəraiti və onların iş rejimləri üçün makrokompozit yanacaq elementlərinin konstruksiyalarının mexaniki problemlərinin spektri müəyyən edilmiş və əsaslandırılmışdır.

2.Müxtəlif iş şəraitində işləmə temperaturları altında müxtəlif material konstruksiyalarına malik makrokompozit konstruksiyaların deformasiya davranışını qiymətləndirmək üçün sürüşmə və relaksasiya nüvələrinin formasını, qaydasını və parametrlərini təyin etmək üçün texnika işlənib hazırlanmışdır.

3.İş rejimləri nəzərə alınmaqla, yüksək iş temperaturunda işləyən ayrı-ayrı müstəvi yanacaq elementlərinin konstruksiyalarının

və onların yığınının uzunmüddətli dayanıqlığının və dayanıqlığının hesablanması üçün metodologiya hazırlanmışdır.

4. Dissertasiya işində əldə edilən nəticələr müxtəlif performans xüsusiyyətlərinə malik BOYE-lərin yaradılması və müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqi üçün kommersiyalaşdırma problemlərinin həlli üçün layihələndirmə və inkişaf işlərinin aparılmasına imkan verir.

5. Nəticələrə əsaslanan təkliflər (aşağı (SFP No G5366 (02.09.2017), orta (SFP No G5949 (03.01.2022)) və yüksək (No SFP 987898)) temperaturu yanacaq elementlərinin hazırlanması və tətbiqinə həsr olunmuş beynəlxalq konsorsium layihələrinə daxil edilmiş və NATO tərəfindən Sülh və Təhlükəsizlik Naminə əməkdaşlıq proqramları çərçivəsində maliyyələşdirilmiş və NATO-nun müasir tədqiqatlar İnstitutunun (ASI-Advanced Science Institute) sessiyasında təqdim olunmuşdur.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticələri təqdim olunmuşdur:

- Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVI elmi konfransı (Bakı, 2012);

- Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII elmi konfransı (Bakı, 2013);

- H.Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Azərbaycan-2020: Neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri” elmi-praktik konfransı (Bakı, 2013);

- “Севергеоэкотех-2014” XV Beynəlxalq Gənclər Elmi Konfransı (Uxta, 2014);

- Müasir enerjetikanın elmi, texniki və tətbiqi problemlərinə həsr olunmuş beynəlxalq elmi konfrans (Sumqayıt, 2015);

- Azərbaycanda Multikulturalizm ilinə həsr olunmuş doktorantların və gənc mütəxəssislərin XX Respublika elmi konfransı (Bakı, 2016);

- XXV Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfrans (Penza, 2019);

- XXVI Beynəlxalq Elmi Simpozium: “Shusha: Triumph of Victory” (Eskişehir/Türkiyə, 2022);

- ADNSU-nun “Mexanika” kafedrasının və “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” Elmi-Tədqiqat İnstitutunun elmi seminarları (2016-2017).

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 19 elmi iş dərc edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya” Elmi-Tədqiqat İnstitutu.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.

Dissertasiya işi giriş, 4 fəsil, 156 səhifəlik kompüter mətni, 28 şəkil, 16 qrafik, 8 cədvəl, 99 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Üz qabığı və mündəricat (2951 işarə), giriş (8295 işarə), I fəsil (76351 işarə), II fəsil (29537 işarə), III fəsil (64288 işarə), IV fəsil (14168 işarə), nəticə (3050 işarə) və istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı (18946 işarə). Dissertasiyanın həcmi şəkillər, cədvəllər, qrafiklər və ədəbiyyat siyahısı istisna edilməklə 198640 işarədən ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işi girişdən, dörd fəsildən, nəticə və tövsiyələr, 99 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

Girişdə yanacaq elementlərinin mövcud konstruksiyaları icraatının təhlili verilir. Onların iş prinsipinin həm də onlarda baş verən kinetik proseslər öyrənilməsi belə bir fakt ilə təsdiqlənir ki, bu göstəricilər $(600-1200)^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında aktivləşən fiziki-kimyəvi təbiətli çoxlu amillərdən asılıdır.

Təsdiqlənir ki, işqabiliyyəti və keyfiyyət göstəricilərinin təyini üçün proqnoz modelləri bərk cisimli elementlərdən təşkil olunmuş makrokompozit konstruksiyanın müxtəlif fiziki, reoloji, struktur-mexaniki xassələrini əks etdirən və xassələr toplusu BƏYE-nin makrokompozit konstruksiyanın və onun material təminatının deformasiya modelini və dağılma mexanizmlərini müəyyən edən modellərin tədqiqi əsasında qurulmalıdır.

Qeyd olunur ki, laylanmanın pozulması laylanmanın pozulması, dayanıqlığın itirilməsi, çatların yaranması, istehsal prosesi zədələrinin toplanması və s. formalarında təzahür edən və BOYE-nin keyfiyyət göstəricilərinin aşağı düşməsinə səbəb olan konstruktiv icraat forması ilə müəyyən edilir və istismar dövründə onların yüklənməsinin nəticəsidir.

Göstərir ki, əgər mövcud konstruktiv icraatda BOYE-in işlənilməsi və istismarına xas olan bir çox çoxlu elektrokimyəvi və məsələləri öz həllərini tapmışlarsada, onda yüksək temperaturda bərkəisimli kompozit konstruksiya elementlərinin həm ayrılıqda, həm də yığımda deformasiyalı davranışının mexaniki problemləri dəqiqləşdirilməlidir.

Birinci fəsilə yanacaq elementlərinin icmalına və onların alternativ elektrik enerjisi mənbələri kimi tətbiqinin perspektivliyinin qiymətləndirilməsinə, həm də tədqiqat məsələlərinin qoyuluşuna həsr olunmuşdur.

Bu fəailə yanacaq elementləri konstruktiv həm icraatına, həm də effektivliyinə, mövcud gücünə, istifadə sahəsinə və s.görə xronoloji ardıcılıqla təhlil edilir.

Bu fəsilə yanacaq elementlərinin digər enerji istehsalı mənbələri ilə müqayisədə mənfəi və müsbət cəhətləri və kommərsiya cəhətdən cəlbedici obyektləri çevrilməsi təhlil olunur [7]¹.

Yanacaq elementlərinin modifikasiyaları və müxtəlif sənaye sahələrində tətbiqi məqsədi ilə ayrı-ayrı ölkələrdə işlənmə səviyyəsi təhlil edilir.

Daha sonra bu fəsilə tədqiqatı vacib olan məsələlər və istismarın tələb olunan səmərəliliyinin təmin olunmasında onların əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

Müasir elektrik enerjisi sistemləri onların gələcək neft-qaz və digər sənaye sahələrində istifadəsini müəyyən edən bir sıra tələblərə tabedir. Bu tələblər istifadə olunan sistemlərin istehlakçı keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasına kömək edir və əsasən onların kommərsiyalaşdırılmasını (mövcudluğunu müəyyən edir), ətraf mühitə sədaqətini (ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqə), bir çox funksionallığı (müxtəlif planlarda istifadə etmək qabiliyyətini müəyyənləşdirir) təmin etmək üçün nəzərdə tutulub. , istismar yerinin uyğunluq şərtləri (yerin tələbləri), keyfiyyət və istehlak həcmələri baxımından istehlak olunan yanacağın hazırlığı və mövcudluğu (yanacaqdan istifadədə çeviklik). Bu onunla əlaqədardır ki, dünyada enerji istehlakının səviyyəsi və müvafiq olaraq bu məqsədlə həyata

¹ Современные электрохимические генераторы и их топлива. Мусави С.А.

keçirilən istehsal proseslərinin ətraf mühitə mənfi-zərərli təsiri sürətlə artır.

Bərk oksid yanacaq elementlərindən istifadə edən enerji istehsalı texnologiyaları yuxarıda göstərilən bütün tələblərə cavab verir, yəni. müxtəlif yanacaq ehtiyatlarından istifadə edə bilər, ətraf mühitə təsiri minimuma endirilir (Uyğunluğa malikdir), kommersiya cəlbediciliyi nəzərə alınmaqla dizayn edilir, geniş praktik tətbiq sahəsinə malikdir, həm enerji istehsalı, həm də kimyəvi istehsal üçün işləməyi bacarır (Carability). Bərk oksid yanacaq elementləri struktur olaraq aşağıdakı elementləri ehtiva edir.

İlkin yanacaqların (kömür, neft, təbii qaz) enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi çoxmərhləli prosesdir. Həqiqətən, belə bir çevrilmənin enerjidən istifadə əmsalı termodinamikanın ikinci qanunu ilə müəyyən edilir ki, bu da onun mövcud səviyyədə əhəmiyyətli dərəcədə artması imkanını məhdudlaşdırır. Ən müasir buxar turbinli elektrik stansiyalarında yanacaq enerjisindən istifadə əmsalı 40%-dən çox deyil. Yanacaq elementlərində yanacaq enerjisinin 60-70% -i birbaşa elektrik enerjisinə çevrilir və yanacaq elementlərində karbohidrogen yanacağından hidrogen istifadə edən elektrik stansiyalarında səmərəlilik 40-45% -ə çatır.

Həm fərdi, həm də yığılmış yanacaq elementlərinin mövcud dizayn və texnoloji imkanları onların yaxın gələcəkdə iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrində enerji mənbələri kimi geniş istifadəsini tövsiyə etməyə imkan verir. Yanacaq elementlərinin təklif olunan tətbiqləri yüksək qiymətə baxmayaraq, onlardan Yerə yaxın fəzanın öyrənilməsi obyektlərində müxtəlif ehtiyaclar üçün istifadə etməyə imkan verir. Məsələn, yanacaq elementlərinin metrik və kütlə xarakteristikalarına görə üstünlükləri onlardan pilotlu aerokosmik obyektlərdə istifadə etməyə imkan verdi. Yanacaq elementlərinin yerləşmə sədaqəti onları mühəndislik və texnologiyaların müxtəlif sahələrinin enerji təchizatı üçün avadanlıq kimi istifadə etməyə imkan verir. Bir sabit cərəyan elektrik mühərriki ilə birlikdə yanacaq elementləri avtomobilin hərəkətinin səmərəli mənbəyi olacaqdır. Yanacaq elementlərinin geniş tətbiqi üçün onların kommer-siyalaşdırılması, o cümlədən maya dəyərinin aşağı salınması və ucuz yanacağın səmərəli istifadəsi imkanlarının genişləndirilməsi üzrə

tədqiqatlar aparmaq lazımdır. Bu şərtlər yerinə yetirilərsə, bütün dünyada yanacaq elementləri elektrik və mexaniki enerjinin münasib qiymətə tətbiqinə töhfə verəcəkdir. Yanacaq elementlərinin iki tətbiq sahəsi var: avtonom və geniş miqyaslı enerji. Avtonom istifadə üçün, spesifik xüsusiyyətlər və istifadə rahatlığı yanacaq elementləri üçün əsas amillərdir, səmərəlilik isə geniş miqyaslı enerji istehsalı üçün həlledici amildir. Bundan əlavə, qurğular bahalı materiallardan hazırlanmamalı və təbii yanacaqların hazırlanması üçün ucuz texnologiyalardan istifadə edilməli və davamlı olmalıdır.

İkinci fəsildə yanacaq elementlərinin yanacaq sistemlərində istifadə olunan yanacağa mövcud mənbələrinin təhlilinə və mövcud növlərinin təyininə, həmçinin, yeni əlavə mənbələrinin yaradılmasına həsr olunmuşdur.

Yanacaq elementinin mexaniki modelinin mükəmməlliyi, digər məsələlərlə yanaşı, yanacaq təchizatı sistemi vasitəsilə anod səthinə verilən yanacağın növündən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır ki, bu da yanacaq elementinin funksionallığının təmini üçün aşağı kommersiya xarakteristikalarına malik yanacaqların müəyyən edilməsi və tələb olunan həcmə uyğunlaşdırılması problemini yaradır.

Verilən yanacağın növü və yanacaq elementləri dizaynının anodunun istehsalı üçün materialın struktur-mexaniki xüsusiyyətləri onun səthindəki reaksiyanın, ionlaşmanın, verilən yanacağın intensivliyini, nəticədə elektrik enerjisinin sıxlığı və keyfiyyətini və deməli quraşdırmanın səmərəliliyini təyin edir.

Bundan əlavə, tədarük edilən yanacağın növü də həm qəfil, həm də əməliyyat zamanı anod səthində baş verən deqradasiya proseslərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər və əməliyyat prosesində fasiləyə səbəb ola bilər. Adətən, yanacaq elementləri üçün yanacaq kimi hidrogen qazı, qaz hidratları və neft-qaz məhsullarından (NQM) istifadə olunur.

NQY utilizasiya texnologiyaları neft yatağından qazın emal edilməsi və onu elektrik və istilik enerjisinə çevirmək üçün istifadə olunur. Mini İES-lər səmt qazı ilə işləyənlər də daxil olmaqla, qaz turbinləri (GTQ) qurğusu və qaz porşenli (GPA) aqreqatları əsasında müxtəlif güclərə (1-dən 50 MVt-a qədər) malikdir. Böyük güc vahidləri (3 MVt-dan və yuxarı) və vahid enerji istehlakı üçün GTQ-

dən istifadə etmək məqsədəuyğundur, digər hallarda GPA-dan istifadə daha məqsədəuyğundur. Əsas yanacaq kimi NQM və ya onun emal məhsullarından istifadə edən qaz turbinli və qaz porşenli elektrik stansiyalarında NQM-dən istifadə etməklə istehsal olunan güclərin elektrik enerjisinə çevrilməsi və topdansatış enerji bazarına prioritet çıxışın təmin edilməsi mühüm iqtisadi effekt verən perspektivli texnologiyalardır [4]².

Böyük iqtisadi səmərəliliyi və ekoloji faydaları, eləcə də BOYE tipli elektrokimyəvi generatorları olan qaz turbin qurğusu və ya qaz turbin qurğusunun təşkili ilə NQM-nin istifadəsi üçün müvafiq resursların mövcudluğunu nəzərə alaraq, bu yaxınlarda enerji istehsal edən qurğular hazırlanmışdır. və həyata keçirilir. Bu, NQM-nin bərk oksid yanacaq elementlərinin yanacaq sistemində istifadə üçün ən vacib yanacaq növlərindən biri olması ilə də izah olunur. Bərk elektrolitlərin materiallarına və xassələrinə olan tələbləri müəyyən edən müxtəlif qiymətli istilik güclərinin yaradılması prosesi BOYE-nin anod-katod səthlərində baş verən fiziki-kimyəvi proseslərdən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

Beləliklə, neft quyularının istismarı zamanı neftdən ayrılan və yandırmaq üçün məşəl qurğusuna göndərilən səmt qazı dəniz stasionar platforması (DSP) üçün ekoloji cəhətdən təmiz elektrik enerjisi mənbəyi kimi istifadə olunur. Bundan əlavə, xidmət işçilərinin məişət ehtiyacları üçün ayrılmış isti sudan istifadə etmək mümkün olur.

Neft və qaz yataqlarında neft quyularının istismarı zamanı neftdən ayrılan səmt qazının yanma məhsullarının ətraf mühiti intensiv şəkildə çirkləndirdiyini və NQM-nin utilizasiya üçün GTQ ilə BOYE hibrid strukturları üçün yanacaq mənbəyi olduğunu nəzərə alaraq, məqsədəuyğundur:

A) səmt qazının yanması məhsulları ilə ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısının alınması;

B) daxili istehsal ehtiyaclarında istifadə üçün isti su üçün elektrik enerjisi istehsal etmək.

² К вопросу утилизации попутного нефтяного газа. Мусави С.А.

C) yanacaq elementlərində səmt qazının istifadəsi və yanmasından qaynaqlanan isti su dəniz stasionar platformasının texniki xidmətçiləri tərəfindən istifadəyə göndərilə bilər.

Mövcud yanacaqların siyahısı, onların növü və generasiya mənbələri cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl

Yanacaq elementləri üçün yanacaq ehtiyatları

Yanacaqların yaranma mənbəyi	Yanacaqların faza halı		
təbii	qazabənzər təbii qaz sintez qaz kömür qazı hidrogen	maye qazolin dizel metanol	bərk kömür
bərpa olunanlar	bioqaz	etanol	biokütlə qalıq materiallar
ikinci mənbələr		qida yağlarının və piylərinin tullantıları	minerallar plastiklər

Əsasən üstünlük onların ekologiya baxımlığı və mümkün ehtiyatları nəzərə alınmaqla səmt neft qazına, qaz hidratlarına və hidrogen yanacağına verilir. Bütün qeyd olunan yanacaq növlərinin onların yanacaq elementlərində istifadə imkanı təhlil edilir.

Üçüncü fəsildə bərkoksidlil yanacaq elementlərinin mexaniki problemlərinin mahiyyətinin müəyyən olunmasına, şərhinə və həllinə həsr olunmuş və müxtəlif konstruktiv icraatlı BOYE-nin möhkəmlik və dayanıqlıq məsələlərinin həlli üçün bu problemlərin təsnifat tədqiqatlarından ibarətdir [9]³.

Qeyd olunur ki, BOYE texnologiyaları inkişafın ilkin mərhələsindədir və onların bir çox problemləri, o cümlədən mexaniki

³ К вопросу решения механических проблем SOFC. Мусави С.А.

problemləri öz həllini gözləyir. Şübhəsiz ki, bu və digər problemlərin həlli tələb olunan etibarlılığa, uzun xidmət müddətinə və yüksək səviyyəli işləmə xüsusiyyətlərinə malik BOYE texnologiyaları əsasında kommersiya baxımından cəlbedici elektrik energetik qurğuların (EEQ) hazırlanmasına və tətbiqinə imkan verəcəkdir. SOFC texnologiyaları əsasında EEQ üçün bir sıra səmərəli iş göstəriciləri kompleksinin mövcudluğu onların yaradılması və istismarı proseslərinə müəyyən tələblər qoyur.

BOYE-nin hər bir reallaşdırılmış konstruksiyası onu müəyyən edən bütün hazırlanma və istismar mərhələlərindəki müvafiq forma, icraatı, həndəsi xarakteristikaları, ilkin qeyri təkmilliyi, permanent rejim yüklənmələri, elektrofiziki, elektrokimyəvi və digər proseslərin intensivliyi və effektivliyi ilə xarakterizə olunur. Vahid yanacaq elementlərinin iş qabiliyyəti və keyfiyyət göstəricilərinin təyini üçün proqnoz modellərin işlənməsi bərkisimli laylı müxtəlif makrokompozit konstruksiya elementlərinin (iki məsaməli elektrod-anod və katod və möhkəm elektrolot) fiziki, reoloji və mexaniki struktur xassələrə malik tədqiqi əsasında qurulmalıdır. Bu xassələrin kombinasiyası BOYE makrokompozit konstruksiyanın deformasiya modelini və onun hazırlandığı materialların dağılma mexanizmini təyin edir.

Laylanma dayanıqlığın itirilməsi, çatlama, hazırlanma mərhələsində zədələrin yığılması və s. şəklində təzahür edən, BOYE keyfiyyət göstəricilərini aşağı salan müxtəlif təbiətli dağılmalar göstəricilər konstruktiv icraat forması ilə müəyyən olunur və istismar dövründə onların yüklənməsinin nəticəsidir. Qeyd etmək lazımdır ki, bütün hallarda yüklənmə təsiri deformasiya olunma qabiliyyətini və nəticə etibarlılığı ilə elektrodlar sistemi konstruksiyasının fəaliyyət imkanlarını müəyyən edən termiki amillə əlaqədardır.

İşə salma və işdən çıxma rejimlərində sıçrayışlı xarakter daşıyan termiki yüklənmə yanacaq elementinin bütün funksiyası dövründə ona təsir edir.

Bütün bunlar göstərir ki, generasiya olunan yüksək temperaturlarda müxtəlif deformasiya olunma qabiliyyətinə malik elementlərdən təşkil olunmuş vahid sellərin, onlardan təşkil olunan

yığım və ansamblların mexaniki davranış məsələlərinin dəqiqləşdirilməsində zərurət vardır [10]⁴.

Yəni yanacaq elementləri sırasında ən praktiki və effektiv sinif olaraq BOYE-nin əsas problemləri ilə yanaşı onların işlənməsi və istismarının çoxlu sayda mexaniki məsələləri də araşdırılmalı və yenidən işlənməlidir.

Məlumdur ki, istənilən deformasiyalı vəziyyət $u=u(\varepsilon)$, formalı həndəsi asılılıqla, $\sigma=\sigma(u)$ tarazlıq tənliyi və ya hərəkət tənliyi ilə və şəklində təqdim olunan fiziki asılılıqla xarakterizə edilir, burada σ , u, ε -uyğun olaraq gərginlik, yerdəyişmə və deformasiyadır.

Bu davranış gərginliklər fəzasında qabarıq səthi formalı axıcılıq səthinin mövcudluğu və onun yüklənmə trayektoriyasına nəzərən yerləşməsi ilə əlaqəli olan möhkəmlik şərti ilə qiymətləndirilir.

Həm də əgər yüklənmə trayektoriyasının davamı əlavə deformasiyalara səbəb olarsa, proses aktiv yüklənmə, əks halda – yükdən azad olma adlanır. Aktiv yüklənmə trayektoriyası və onun axıcılıq səthinə nəzərən vəziyyəti deformasiyanın növünü müəyyən edir.

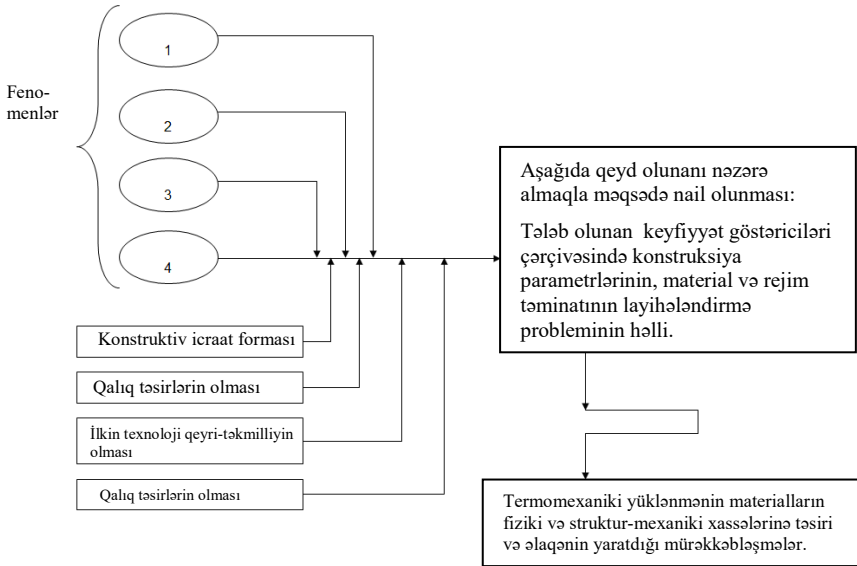
Mövcud tədqiqatların təhlili göstərir ki, müxtəlif sxemlərdə və yüklənmə rejimlərində tədqiq olunan mexaniki modellərə həm mexaniki (Yunq modulu- E , Puasson əmsalı μ , mütənasiblik həddi- $\sigma_{müt}$, axıcılıq həddi- σ_{ax} , möhkəmlik həddi- σ_m), həm də reoloji (sürüşmə və relaksasiya nüvələrinə daxil olan sabitlər) xassələr, eksperiment tədqiqatları əsasında təyin olunan $\sigma_{müt}=\sigma_{müt}(t)$, $\sigma_{ax}=\sigma_{ax}(t)$, $\sigma_m=\sigma_m(t)$ funksiyaları (mexaniki xassələr ədəbiyyatlardan da təyin edilə bilər) daxil edilir.

Yanacaq elementinə bənzər makrokompozit konstruksiyanın deformasiya davranışının modelləşdirilməsinin mürəkkəbliyi, YE-nin deformasiya davranışının adekvat modelləşdirilməsi nəzəriyyəsinin və onların konstruksiyasının işqabiliyyətinin və keyfiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi üçün möhkəmlik şərtinin işlənilməsinə səbəb olmuşdur.

⁴ Термомеханическая устойчивость твердооксидных топливных элементов (SOFC) планарного исполнения. Гасанов Р.А., Гульгазли А.С., Мусави С.А.

Bu imkan konstruksiya partametrlerinin uyğun yığımlarının layihələndirmə probleminin və BOYE-nin konstruksiyalarının fenomenləri nəzərə alınmaqla tələb olunan keyfiyyət göstəriciləri çərçivəsində onların material və rejim təminatının həllinə şərait yaratmışdır (şəkil 1).

Daha sonra bu bölmədə diskəbənzer (müqayisə üçün) və planar konstruktiv icraatı YE-nin onları təyin edən fenomenlər nəzərə alınmaqla mexaniki məsələləri qoyulmuş və həll edilmişdir.



Şəkil 1. BOYE-nin mexaniki problemləri və onların həlli metodikası

BOYE-nin mexaniki fonomeni və konstruktiv icrasını nəzərə alınmaqla formalaşdırılmış riyazi modellərinin həlli üçün aşağıdakı hipotezlər qəbul edilmişdir:

- konstruksiya laylarının materialları özlərini yüksək temperatur təsiri altında özülü elastiki cisim kimi aparırlar;
- konstruksiyanın dayanıqlığının itirilməsi, özlü elastiki deformasiya həddindən kənarında baş verir, yəni dayanıqlıq itirilməsi sürüşgənlik deformasiyasında baş verir;

- çoxlaylı-konstruktiv lövhənin deformasiya davranışı həndəsi qeyri-xəttilik nəzərə alınmaqla tədqiq olunur. Bu onunla izah olunur ki, çoxlaylı-konstruktiv lövhənin yükəgötürmə qabiliyyətinin itirilməsi onun qalınlığı ilə müqayisə olunan tərtibə malik metrik göstəricili əyintilərdə baş verir.

Riyazi modelin həlli nəticəsində diskəbənzər konstruksiya üçün möhkəmlik şərti aşağıdakı şəkildə alınmışdır:

$$\frac{3}{32} \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \Delta T = \frac{8}{35} \alpha^2 + \frac{1}{3} \gamma^2 \quad (1)$$

Qatlı strukturun ayrı-ayrı qatları, planar konstruksiyalı BOYE-nin laylı strukturunun layları bütövlükdə termiki yüklənməyə özünəməxsus və müxtəlif reaksiya verirlər. Çoxlaylı konstruksiyanın laylarının mexaniki davranışındakı müxtəliflik istismarı dövründə müxtəlif növ deformasiya mürəkkəbləşmələrinə yol açır. Deformasiya mürəkkəbləşmələri qalıq və dönərlik xassələri ilə xarakterizə olunurlar.

Onlar aşağıdakı növdə bariz olurlar:

- anod və katodun səthi boyu müxtəlif ölçülü, oriyentasiyalı və uzunluqlu çatların əmələ gəlməsi və böyüməsi:

- BOYE-in çoxlaylı konstruksiyasında qatlar arasında əlaqənin pozulması nəticəsində çöküklərin yaranması (uyğun olaraq anod-elektrolit, elektrolit-katod çütlüyü);

- ayrı-ayrı laylarda və ümumilikdə konstruksiyada inkişaf etmiş mexaniki həssaslıq səbəbiylə əyinti və qabarmaların yaranması.

Sonda belə nəticəyə gəlmək olar ki, çoxlaylı planar konstruksiyalı BOYE-də deformasiya xarakterli mürəkkəbləşmələrin əmələ gəlməsi əsasən asılıdır:

- layların materialının struktur-mexaniki və istilik fiziki xassələrindən və onların strukturunda ilkin qüsurların olmasından (bircinsli olmaması, qəfəsli struktura malik olması, əziklik, çatlılıq və s.);

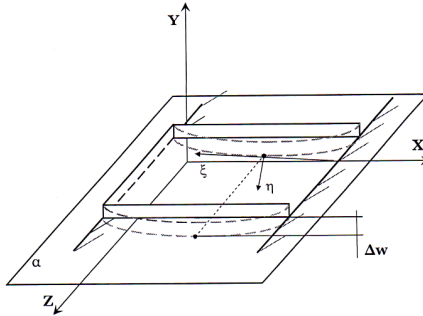
- çoxlaylı makrokompozit konstruksiyanın termiki yüklənmələr və müşayətədirici amillərdən şərtlənən gərginlikli vəziyyəti;

- yanacaq və hava verilən sistemlərdə dövrən edən işçi agentlərin verilməsi və sirkulyasiyasının fiziki-kimyəvi xassələrindən və kinetik xarakteritakasından və s..

Deformasiya xarakterli mürəkkəbləşmələrin əmələ gəlməsində BOYE-in konstruktiv icraatının forması və onun həndəsi xarakteristikalarının yığımları da mühüm rol oynayır.

Beləliklə, konstruktiv icraat forması həmçinin istismar şəraiti və rejimi ilə həndəsi xarakteristikaların əlverişli yığımlarının və düzgün seçimi [13]⁵.

Bununla mexaniki modeli deformasiya xarakterli müxtəlif növ mürəkkəbləşmələrin qarşısının alınması BOYE-nin layihələndirilməsinin əsas istiqamətlərindəndir.



Şəkil 2. Planar BOYE-in çoxlaylı makrokompozit konstruksiyasının deformasiyalı davranışının mexaniki modeli

Deformasiya olunan makrokompozit planar konstruksiyanın müvazinət tənliyi və sərhəd şərtləri əsasında kənar layların kənar kəsiklərindəki maksimum oxboyu yerdəyişmələri aşağıdakı asılılıq şəklində təyin edilmişdir.

$$- \text{birinci lay üçün} - w\left(\frac{l}{2}\right) = (h_1\alpha_1 + h_2\alpha_2)T; \quad (2)$$

⁵ Определение межслойных нагрузок в слоистых конструкциях, подвергаемых воздействию высоких температур. Мусави С.А., Хейрабади Г.С.

$$- \text{üçüncü lay üçün} - w\left(\frac{l}{2}\right) = (h_2\alpha_2 + h_3\alpha_3)T;$$

burada l – lövhənin uzunluğu.

$2h_1, 2h_2, 2h_3$ - makrokompozit lövhənin laylarının qalınlığı.

Nəticədə müyyənləşdirilmişdir ki, kritik temperatur göstəriciləri aşağıdakı tərkibin kub tənliyinin həll köklərindən asılıdır:

- oynaqlı bərkidilmiş lövhə üçün:

$$A_1C_1^3 + A_2C_1^2 - A_3 = 0; \quad (3)$$

- sərt bərkidilmiş lövhə üçün:

$$A_4C_1^3 + A_5C_1^2 - A_6C_1 + A_7 = 0, \quad (4)$$

burada:

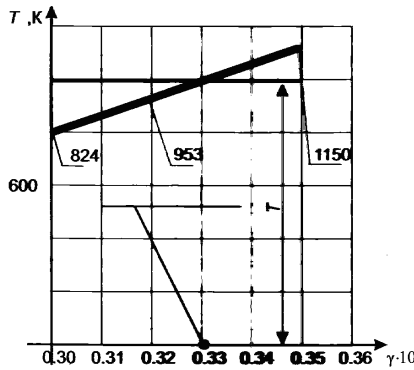
$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{\pi b}{4 a}; \\ A_2 &= \frac{3}{4} \left(1 - \frac{h_2\alpha_2}{h_1\alpha_1}\right) \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}; \\ A_3 &= \frac{1}{6} \left(\frac{h_1\pi}{a}\right)^2 \left(1 - \frac{h_2\alpha_2}{h_1\alpha_1}\right) \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}; \\ A_4 &= 3 \left[4 \left(1 + \frac{h_2\alpha_2}{h_1\alpha_1}\right) \frac{h_1\pi}{a} \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}\right]; \\ A_5 &= 4 \left[1 + \left(1 + \frac{h_2\alpha_2}{h_1\alpha_1}\right) 1 - \frac{h_2\pi}{a} \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}\right]; \\ A_6 &= 16 \left(\frac{h_1\pi}{a}\right)^2 \left[\frac{h_1\pi}{a} \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}\right]; \\ A_7 &= 43 \left[\left(1 + \frac{h_2\alpha_2}{h_1\alpha_1}\right) \left(\frac{h_1\pi}{a}\right)^3 \frac{9,6(1+\nu_1)(1-2\nu_1)}{2\pi(1-\nu_1)}\right]. \end{aligned} \quad (5)$$

Alınmış həllərin kəmiyyət təhlili aşağıdakı ilkin verilənlər əsasında aparılmışdır: uzununa ölçü uyğun olaraq, layların– $\alpha_1(\text{anod}) = \alpha_2(\text{elektrolit}) = 3,8\text{mm}$; istilikdən genişlənmə əmsalı (İGƏ), uyğun olaraq, $\alpha_1(\text{anod}) = 1,22 \cdot 10^{-5} k^{-1}$; $\alpha_2(\text{elektrolit}) = 1,08 \cdot 10^{-5} k^{-1}$;

qalınlıq, uyğun olaraq, $h_1(\text{anod})=0,04$ mm; $h_2(\text{elektrolit})=0,15$ mm; Puasson əmsalı, uyğun olaraq, $\nu_1(\text{anod})=0,32$ (qrafik 1):

$$H_1 = \frac{\alpha_2 h_2}{\alpha_1 h_1}; \quad b_1 = \frac{h}{a} \cdot \pi = 1177,5$$

Planar BOYE-nin kritik temperaturlarının həndəsi xarakteristikalarından asılılığı hesablamaları düz (ölçülər verildəndə və əməliyyat temperaturu təyin olunanda) və əks (əməliyyat temperaturu məhdudlaşdırılarda və qatların əlverişli nisbəti təyin olunanda) qoyulmada aparmağa imkan verir.



Qrafik 1. Lövheyəbənzər BOYE-nin böhran temperaturunun həndəsi xarakteristikalarından asılılığı

Qrafik 1-də düz (ölçülər verildikdə böhran temperaturu təyin olunur) və tərs (böhran temperaturu məhdudlaşdırılır, təbəqələrin (layların) ölçüləri təyin olunur) qoyuluşlarda hesablama aparmağa imkan verən planar konstruksiyalı BOYE-nin əməliyyat temperaturunun onun həndəsi xarakteristikalarından asılılığı verilmişdir.

Eyni zamanda mono və polilaylı konstruksiyaların temperatur dayanıqlığının müqayisəli qiymətləndirilməsi üçün hesablamalar aparılmışdır:

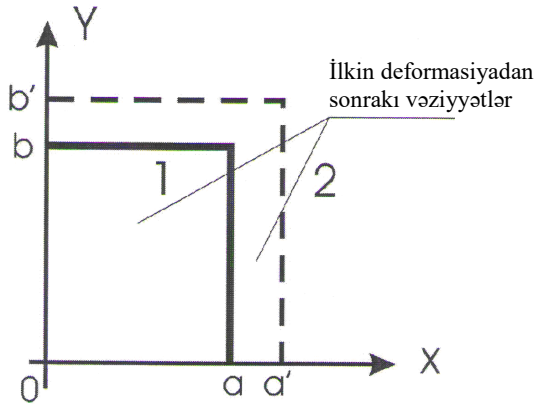
Müəyyən olunmuşdur ki,

- polilaylı konstruksiyalar monolaylılara nisbətən müqayisədə temperatur təsirinə $\approx (52 \div 58)\%$ dayanıqlıdırlar;

- monolaylı konstruksiyalar üçün 1000 K əməliyyat temperaturunda dayanıqlıq ölçülərin $\gamma = \frac{a}{h} \leq 28$ qiymətində təmin olunur;

- polıylaylı konstruksiyalar üçün əməliyyat temperaturunun və ölçülərdən asılılığı şəkil 4-də verilmişdir.

“n” sayda fərdi YE-dən təşkil olunmuş BOYE-nin yığım halında konstruksiyası üçün möhkəmlik və dayanıqlıq məsələləri həll edilmiş və alınmış nəticələr təhlil edilmişdir (qrafik 2).



Qrafik 2. BOYE-nin paket icraatı

Kəsiklər üsulunu və qüvvə təsirinin asılı olmaması prinsipini tətbiq etməklə lövhələrin səthindəki qüvvələrin qiyməti təyin olunmuşdur:

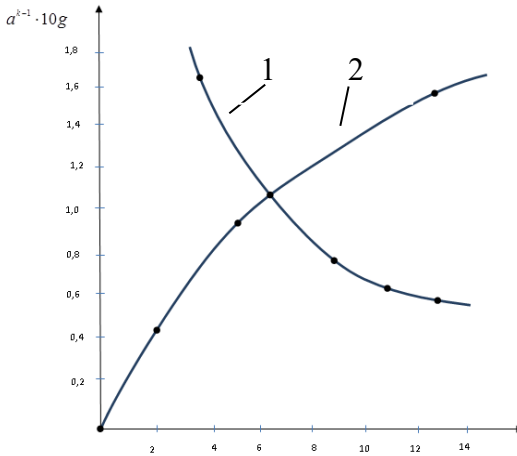
$$\left. \begin{aligned} P_{xi} &= E_i \varepsilon_{xi} S_x = E_i \left(1 + \nu_i \frac{b}{a} \right) \alpha_i T b h_i \\ P_{yi} &= E_i \varepsilon_{yi} S_y = E_i \left(1 + \nu_i \frac{b}{a} \right) \alpha_i T b h_i \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

burada h -paketdə i -ci lövhənin qalınlığı.

Əməliyyat temperaturunun BOYE-nin baxılan paket icraatı üçün konstruksiyasının müvafiq əməliyyat temperaturun təyini üçün aşağıdakı şəkildə ifadə alınmışdır:

$$T_b = \frac{\pi^2 h_i^2}{12b(b + v_i a) \alpha_j}, \quad \text{burada} \quad J_{x \min} = \frac{\alpha h_i^3}{12}. \quad (7)$$

Nəticədə BOYE-nin tələb olunan metrik və laylarının istilik-fiziki xarakteristikaları konstruksiyaların yaradılmasına imkan verən üçelementli paketli sistem üçün istilikdən genişlənmə əmsalının kritik temperaturdan asılılığı (1) əyrisi, buraxıla bilən temperatur gərgiliklərinin metrik ölçülərdən asılılığı (2) əyrisi təyin olunmuş və qrafik 3-də təqdim edilmişdir [15]⁶.



Qrafik 3. İstiliyədavamlı lövhə paketinin temperaturunun onların material dizaynının istilikdən genişlənmə əmsalından (əyri 1) və metrik xüsusiyyətlərindən asılılığı (əyri 2) əyriləri (2 əyrisi $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ k}^{-1}$ olduqda hesablanmışdır)

Alınan nəticələr BOYE paketlərinin layihələndirilməsi və onların deformasiya davranışına nəzarət təcrübəsi üçün aşağıdakı ümumiləşdirmələri aparmağa imkan verir:

- hazırlanma materiallarının eyni metrik ölçüləri və istilik-fiziki xüsusiyyətlərində planar BOYE-lərin paket icrasının kənar struktur elementləri deformasiya davranışında daha həssasdır;

⁶ Экспериментальная установка и ее конструктивные особенности. Мусави С.А.

- BOYE -nin kritik deformasiya davranışına uyğun olan temperatur qiymətlərini təyin etdikdə metrik xüsusiyyətlərindən daha həssas olanı onun struktur elementlərinin qalınlığıdır.

- eyni metrik ölçülərlə, paket konstruksiyasında planar BOYE-lərin istilik dayanıqlığını artırmaq üçün onların dizaynında nisbətən istilikdən genişlənmə əmsalları aşağı qiymət əldə edən ayrı-ayrı elementlərdən istifadə etmək lazımdır;

- paket dizaynında planar BOYE-lərin metrik ölçülərinin (uzunluğu və eni) azalması konstruksiyanın termiki dayanıqlığının artmasına kömək edir və bu asılılığa ayrı-ayrı elementlərin hazırlanması üçün istifadə olunan materialların mexaniki xüsusiyyətləri təsir göstərmir.

Dördüncü fəsilə BOYE-nin material təminatının eksperimental tədqiqinə həsr olunmuşdur.

Planar BOYE-nin əməliyyat temperaturlarının təsiri altında deformasiyalı davranışının təsnifatı məqsədi ilə laylarının müxtəlif materiallar icraatı üçün aşağıdakı məzmununda eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır:

- BOYE-nin laylarının müxtəlif icraatı üçün materialların mexaniki xarakteristikalarının təyin olunması məqsədi ilə (yəni μ – Puasson əmsalı, E – elastiklik modulu, $\sigma_{müt}$ – mütənasiblik həddi, σ_{ax} – axıcılıq həddi, σ_m – möhkəmlik həddi), dartılmaya sınaq yolu ilə (sıxılma) bu materialların $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ xarakteristikaları təyin edilmişdir.

- BOYE-nin laylarının müxtəlif icraatı üçün materiallarda relaksasiyanın və sürüşmələrin öyrənilməsi üçün zəruri olan reoloji xassələrinin təyin olunması məqsədilə (yəni $\sigma_{müt} = \sigma_{müt}(t)$, $\sigma_{ax} = \sigma_{ax}(t)$, $\sigma_m = \sigma_m(t)$ uzun müddətli təsirində $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ asılılıqları öyrənilmişdir.

Təcrübələr Sülh və Təhlükəsizlik Naminə Elm proqramı çərçivəsində NATO qrantı çərçivəsində aparılan tədqiqatlara əsasən Ukraynanın TMI-da istehsal olunan və elmi-tədqiqat işlərinin aparılması üçün bizə təqdim edilən elektrolit nümunələrini sınaqdan keçirən AMIA 5-2 qurğusunda aparılıb. Tədqiqat eksperimentlərini aparmaq üçün tədqiq olunan nümunələrin en kəsiyi nəzərə alınmaqla xüsusi tərtibatlar işlənmişdir.

Aparılan nəzəri tədqiqatlara əsasən belə qənaətə gəlmək olar ki, mürəkkəb tərtibatlı strukturların dayanıqlığı əsasən aşağıdakı amillərdən asılıdır:

- təbəqələrin materiallarının möhkəmliyi və reoloji xassələri və onların strukturunun qüsurluluğu (çatların, qeyri-bircinsliyin, qırıqların və s. olması);

- termomexaniki yüklənmə və əlaqədar amillərə görə çoxqatlı mürəkkəb tərtibatlı strukturların gərginlik vəziyyəti;

- materialların fiziki xüsusiyyətlərindən asılı olaraq strukturun səthinə və təmas təbəqələrinə elektrokimyəvi və fiziki-mexaniki təsirləri;

- konstruksiyaya termomexaniki təsirin dalğalanmalarının amplitudası və tezliyi;

- istismar müddəti;

- iəməliyyat temperaturunun təsiri altında materialların struktur xüsusiyyətlərinin yenidən paylanması nəticəsində onun elementlərinin qeyri-bərabər om müqaviməti nəticəsində yaranan mürəkkəb tərtibatlı strukturların qeyri-bərabər yüklənməsi.

Beləliklə, bütün hallarda BOYE-lərin davamlı fəaliyyətinin əsas meyarları aşağıdakılardır:

- zaman faktoru, çünki gücün azalmasına və digər əlaqəli proseslərə səbəb olur.

- iş rejimi, çünki strukturun yüklənməsinin dərəcəsini və xarakterini və materialların adekvat davranışını müəyyən edir.

BOYE mexaniki zədələnməsinin aşağıdakı əsas kateqoriyaları mövcuddur (və ya icazə verilir):

- BOYE konstruksiyaya elementlərində müxtəlif ölçülü, oriyentasiyalı və uzunluqlu çatların əmələ gəlməsi və böyüməsi;

- temperaturun təsirində spazmodik (pulsasiya edən, spazmodik) dalğalanmalar, çatların açılması və elektrik şəbəkəsinin pozulması ilə makrokompozit elementin bütövlüyünün ani pozulması nəticəsində;

- BOYE strukturunun elementləri məhv edilməzdən əvvəl dayanıqlığının itirilməsi;

- yanacaq və havanın hazırlanması sistemlərində medianın aqressivliyi, BOYE konstruksiyaya elementlərinin korroziyalı

materiallarının əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır.

İstisnasız olaraq, mərhələlərindən asılı olmayaraq, əməliyyat termomexaniki yüklənmənin təsiri altında BOYE strukturlarının deformasiya davranışı nəticəsində yaranan fəsadlar xarakterikdir (müəyyən edilməli və müvafiq ümumiləşdirmələr tələb olunur):

- BOYE dizaynının modifikasiyası;
- deformasiya tipli fəsadların növləri;
- fəsadların səbəbli təzahürü və onların əlamətləri;
- deformasiya təzahürünün nəticələri.

Bütün bunlar kömək edir:

- BOYE strukturunun maddi təminatının fiziki-kimyəvi xassələrinin və xüsusiyyətlərinin pisləşməsi;
- BOYE dizaynının elektrofiziki və keyfiyyət göstəricilərinin səmərəliliyinin azalması.

4-7 qrafikləri müxtəlif temperatur və sabit mexaniki yükləmə şəraitində alınan sınaq nümunələrinin sürüşmə əyrilərini göstərir.

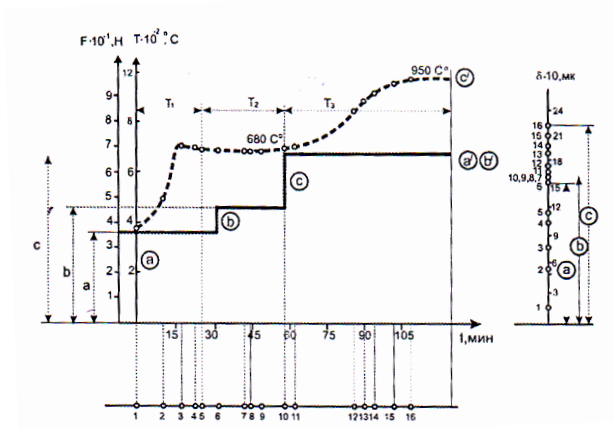
Əyrilərin təhlili göstərir ki, yüklənmənin temperatur rejimindən asılı olmayaraq, sürüşmə deformasiyalarının inkişafı iki mərhələdə baş verir: sürəti zamanla azalan qeyri-sabit sürüşmə mərhələsində və sabit deformasiya dərəcəsi ilə sönən sürüşmə mərhələsində. Lakin bütün hallarda nümunələrin məsaməli quruluşuna görə onların özlü-sürüşmə deformasiyası baş verir.

Ekspərimənt nümunələrinin yüklənmə rejimləri 4 və 5 qrafiklərində verilir.

Nəticədə müxtəlif temperatur rejimlərində materialların reoloji xarakteristikaları, sürüşmə əyrilərinin formalarında müəyyən olunmuşdur.

Müəyyən olunmuşdur ki, yüklənmənin temperatur rejimindən asılı olmayaraq sürüşmə deformasiyasının inkişafı aşağıdakı iki mərhələdə baş verir:

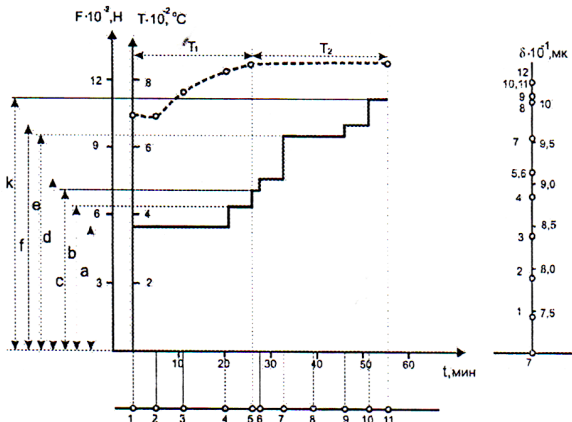
- sürəti vaxt gətdikcə azalan qərarlaşmamış sürüşmə mərhələsi;
- sabit deformasiya sürəti ilə sönən sabit sürüşmə mərhələsi.



Qrafikl 4. Kvadrat en kəsikli nümunələrin sınaq proqramlarının rejim amilləri:

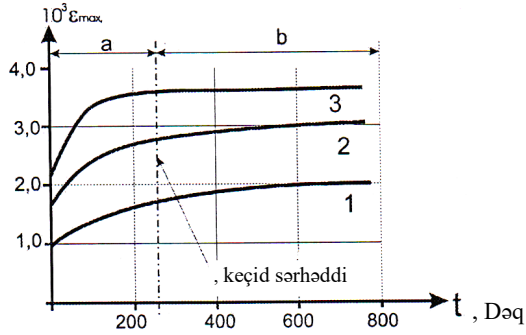
a, b, c-uyğun olaraq 3,5; 4,5; 6,5H olan hallar üçün mexaniki yüklənmə.

a', b', c'- termomexaniki yüklənmənin müvafiq yüklənmələri üçün: $350 < a' < 680^{\circ}\text{C}$; $b' \leq 680^{\circ}\text{C}$; $680 < c' < 1000^{\circ}\text{C}$



Qrafik 5. Dairəvi en kəsikli nümunələrin sınaq proqramlarının rejim amilləri:

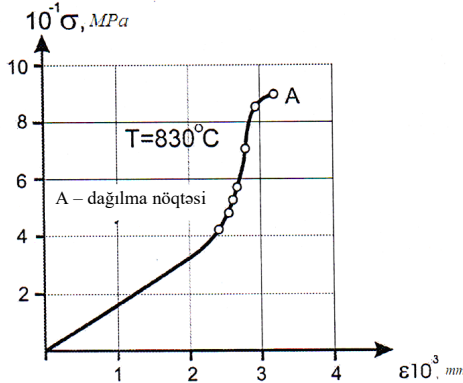
a, b, c, d, e, k-mexaniki, T_1 и T_2 termiki yüklənmə rejim səviyyələri



Qrafik 6. Müxtəlif temperatur rejimlərində sürüşmə deformasiyası əyrləri:
1 - 100°C; 3 - 400°C; 5 - 800°C. a-qərarlaşmamış sürüşmə deformasiyası oblasti; b-qərarlaşmış sürüşmə deformasiyası oblasti

Müəyyən olunmuşdur ki, eyni şəraitlərdə temperatur göstəricisinin 7-8 dəfə artması deformasiyanı 2,5-3 dəfə artırır.

Materialın kifayət qədər məsəməliyyə və nisbətən aşağı mexaniki möhkəmliyə malik olması səbəbindən və nəticədə termiki gərginliklərin güclü relaksasiyası bu materialdan olan konstruksiya elementlərinin müqaviməti göstərmə qabiliyyətini aşağı salaraq, termomexaniki yorğunluqdan dağılmasına səbəb olacaq.



Qrafik 7. Gərginliyin deformasiyadan asılılığı $\sigma = f(\varepsilon, t)$

NƏTİCƏLƏR

1. Mövcud yanacaq növlərinin təhlili aparılmış və bir sıra karbohidrogen birləşmələrinin, o cümlədən səmt qazının, qaz hidratlarının və hidrogenin aşağı və yuxarı temperaturlu yanacaq elementlərinin yanacaq sistemlərində effektiv utilizasiyası imkanı təsdiqlənmişdir [3]⁷.

2. Aşağı və yuxarı temperaturlu bərkoksidli yanacaq elementlərinin mexaniki problemləri təhlil edilmiş və onların istehlak keyfiyyətinə təsir edən xarakterik fenomenlərinin təsiri araşdırılmışdır [9]⁸.

3. Mexaniki və reoloji xarakteristikaların təyini üçün yüklənmənin qısa vaxt ərzində və davamedici vaxtda yüksəktemperaturlu yüklənmə metodikası işlənmişdir, bu metodika, yanacaq elementlərinin yüksək temperatur təsiri altında işləyən konstruksiyasının uzunmüddətli möhkəmliyini və dayanıqlığını qiymətləndirməyə imkan verir.

4. Müxtəlif forma fenomenli yanacaq elementlərinin yanacaq (anod) və hava (katod) təsirinə məruz qalan səthlərinin mezaniki zədələnmə səbəbləri aşkar edilmiş və müxtəlif termomexaniki təsirlərdə klassifikasiyası verilmiş və layihələndirmə texnologiyası işlənmişdir [13]⁹.

5. Müxtəlif formada konstruktiv icralı yanacaq elementlərinin mexaniki davranışının riyazi modeli işlənilmiş və həll edilmişdir, onların icra formalarını və istismar rejimlərini nəzərə alan rasionel həndəsi xarakteristikalarının seçilməsi üçün tövsiyələr verilmişdir.

6. Yanacaq elementlərinin paket icrada termomexaniki yüklənmələr zamanı mexaniki davranışı öyrənilmiş və istismar prosesində yanacaq elementinin FİӨ-nin artırılması, deformasiya mürəkkəbləşmələrinin qarşısının alınması üçün yanacaq elementi

⁷ Электроэнергетический объект на базе нетрадиционных углеводородных ресурсов. Мусави С.А.

⁸ К вопросу решения механических проблем SOFC. Мусави С.А.

⁹ Определение межслойных нагрузок в слоистых конструкциях, подвергаемых воздействию высоких температур. Мусави С.А., Хейрабади Г.С.

staklarının konstruktiv-texnoloji parametrlərinin layihələndirilməsi üçün tövsiyələr verilmişdir.

7. Müəyyən olunmuşdur ki, $\alpha_i = 1,2 \cdot 10^{-5} k^{-1}$ olanda planar BOYE üçün rəşional həndəsi xarakteristika paket icrada $\gamma_i = 6 \cdot 10^{-2}$ sayılır, bu onu göstərir ki, əgər BOYE paketinin kənar elementinin nisbi qalınlığı planar icrada $\gamma_i > 6 \cdot 10^{-2}$ olarsa, onda baş verən deformasiya mürəkkəbləşməsi konstruksiyanın dayanıqlığını itirməsi kimi xarakterizə olunacaq. Əks halda, yəni $\gamma_i < 6 \cdot 10^{-2}$ olanda paket icrada BOYE elementləri onların materialında plastiklik əmələ gələnə qədər öz dayanıqlığını itirə bilərlər.

8. Planar konstruksiyalı yanacaq elementlərinin konstruksiyalarının dayanıqlıq və möhkəmlik potensialının tam istifadəsinə imkan yaradan metrik ölçülərinin hədd qiymətləri müəyyən edilmiş və layihələndirmə praktikasında tətbiq edilməsi üçün müxtəlif proqramlar çərçivəsində tətbiq edilməsi və maliyyələşdirilməsi məqsədi ilə tövsiyələr işlənmişdir.

9. Nəticələrə əsaslanan təkliflər (aşağı (SFP No G5366 (02.09.2017), orta (SFP No G5949 (03.01.2022)) və yüksək (No SFP 987898)) temperaturlu yanacaq elementlərinin hazırlanması və tətbiqinə həsr olunmuş beynəlxalq konsorsium layihələrinə daxil edilmiş və NATO tərəfindən Sülh və Təhlükəsizlik Naminə əməkdaşlıq proqramları çərçivəsində maliyyələşdirilmiş və NATO - nun Müasir Tədqiqatlar İnstitutunun (ASI-Avanced Science Institute) sessiyasında təqdim olunmuşdur.

Dissertasiyanın məzmunu çap edilmiş aşağıdakı işlərdə əks olunmuşdur:

1. Rəhimov, A.M., Kipləşdiriciləri hazırlamaq üçün kompozisiya materialı, Patent İ2005 0088, 2003, 0132, Azərbaycan Respublikası / A.M.Rəhimov, R.Ə.Həsənov, İ.İ.Həsənov [və b.].

2. Həsənov, R.Ə., Магнитный ловитель. Patent МКИ: E21B31/06, Azərbaycan Respublikası / R.Ə.Həsənov, İ.Y.Şirəli, S.X.Sadiqov [və b.].

3. Мусави, С.А. Электроэнергетический объект на базе

нетрадиционных углеводородных ресурсов // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVI Respublika Elmi konfransının materialları. – Bakı: – 2012, – s.110-113.

4. Мусави, С.А. К вопросу утилизации попутного нефтяного газа // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XVII Respublika elmi konfransının materialları. – Bakı: – 2013, – s.108-109.

5. Musəvi, S.A., Əkbərov, M.Q., Abışova, R.M. Boru kəmərinin stinger üzərində yatan hissəsinin gərginlik vəziyyəti // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların Heydər Əliyevin anadan olmasının 90 illiyinə həsr olunmuş “Azərbaycan-2020: Neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri” adlı elmi-praktiki konfransının materialları, – Bakı: – 2013, – s.110-112.

6. Мусави, С.А. Обоснование возможности утилизации газовых гидратов в электрохимических генераторах // Материалы XV Международной молодежной научной конференции “Севергеоэкотех-2014” (часть II), – Ухта: УГТУ, – 2014, – с.208-213.

7. Мусави С.А. Современные электрохимические генераторы и их топлива // “Energetikanın müasir elmi-texniki və tətbiqi problemləri” Beynəlxalq elmi konfransının materialları, – Sumqayıt: – 2015, – s.83-84.

8. Həsənov, R.Ə., Gülgəzli, Ə.S., Musəvi, S.A. Механические проблемы SOFC и пути их решения // – Bakı: Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, – 2015. №3(97), – s.37-46.

9. Мусави, С.А. К вопросу решения механических проблем SOFC // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX respublika elmi konfransının materialları (I cild), – Bakı: – 2016, – s.343-346.

10. Гасанов, Р.А., Гульгазли, А.С., Мусави, С.А. Термомеханическая устойчивость твёрдооксидных топливных элементов (SOFC) планарного исполнения // – Bakı: Azərbaycan Neft Təsərrüfatı jurnalı, – 2016. №1, – s.25-30.

11. Мусави, С.А. Влияние температурного фактора на показатели работоспособности SOFC пакетного исполнения // – Баку: Нефтепереработка и нефтехимия, – 2016. №11, – с.25-31.

12. Hasanov, R.A. About the use of power potential of technological parameters for picking shut down matters in the well bottom with magnet instruments / Ramiz Hasanov, Musa Kazimov, Qazela Kheyraadi [et al.] // Znanstvgená Misel, – 2017. vol.I, №8, – p.95-97.

13. Мусави, С.А., Хейрабади, Г.С. Определение межслойных нагрузок в слоистых конструкциях, подвергаемых воздействию высоких температур // – Нижневартовск: Научный журнал (scientific journal) “Бюллетень науки и практики” – “Bulletin of Science and Practice”, – 2018. т.6. №6, – с.128-136.

14. Hasanov, R.A. Substantiation of parameters for long-term strength testing of materials / Ramiz Hasanov, Aydin Babaev, Musa Kazimov [et al.] // International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 2018. vol.5. is. 2, February, – pp.9-15.

15. Мусави, С.А. Экспериментальная установка и ее конструктивные особенности // Сборник статей XXV Международной научно-практической конференции “Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее”, – Пенза: – 10 декабря, – 2019, – с.95-98.

16. Мусави, С.А. Определение прочностных характеристик ТОТЭ для круглого дискообразного исполнения // – Bakı: Mühəndis mexanikası, – 2020. № 1 (1), – с.67-71.

17. Мусави, С.А. Исследование наборов твердооксидных топливных элементов в пакетном исполнении // – Нижневартовск: Научный журнал (scientific journal) “Бюллетень науки и практики” – “Bulletin of Science and Practice”, – 2021. т.7. №12, – с.175-184.

18. Hasanov, R.A., Allahverdiyev, Sh.N., Musavi, S.A. Heavy and ultra-heavy oilfield development via well borehole heating // Petroleum&Petrochemical Engineering Journal, – 2021. December. – p.1-14.

19. Мусави, С.А. Исследование наборов твердооксидных топливных элементов в пакетном исполнении // Materials of the XXVI International Scientific Symposium: “Şuşa: Triumph of Victory”, – Eskişehir: – May 29, – 2022. – p.302-305.

Həmmüəlliflikli çap olunmuş işlərdə müəllifin şəxsi əməyi:

[3,4,6,7,9,11,15,16,17,19] – müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir;

[1,2,5,8,10,12,13,14,18] – tədqiqat, təhlil, nəticələrin emalı.

Dissertasiyanın müdafiəsi 18 oktyabr 2022-ci il tarixində saat 11⁰⁰ da Azərbaycan Texniki Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.09 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid prospekti, 25

Dissertasiya ilə Azərbaycan Texniki Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Texniki Universitetinin rəsmi internet saytında (www.aztu.edu.az) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 16 sentyabr 2022 il tarixində müvafiq ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalamıb: 15 sentyabr 2022-ci il

Kağızın formatı: A5

Həcm: 36071

Tiraj: 30

