

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RADİASIYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

MİRYAQUB ƏLİƏSGƏR OĞLU HAŞƏMİ

**RADİASIYA OKSİDLƏŞMƏ PROSESİNİN Ni-P ÖRTÜYÜ
İLƏ MODİFİKASIYA OLUNMUŞ PASLANMAYAN
POLADIN SƏTHİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ XASSƏLƏRİNƏ
TƏSİRİ**

2225.01 – Radiasiya materialşünaslığı

fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2016

İş Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbərlər:

f.-r.e.d., prof.

R.S.Mədətov

k.e.d.

T.N. Ağayev

Rəsmi opponətlər:

f.-r.e.d., prof.

N.M.Mehdiyev

f.-r.e.d., prof.

B.Ş.Barxalov

Aparıcı təşkilat: AMEA H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutunun
“Materialşünaslıq” laboratoriyası

Dissertasiyanın müdafiəsi "29__" _04_ 2016-cı il tarixində saat “__”-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutu nəzdində D.01.221 İxtisaslaşdırılmış Şurasının iclasında, Az1143 Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küçəsi, 9 ünvanında keçiriləcəkdir.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan MEA Radiasiya Problemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilmişdir «__»_____ 2016-cı il

D.01.221 İxtisaslaşdırılmış

Şurasının elmi katibi,

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof.

Abiyev Ə.Q.

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. İonlaşdırıcı şüaların və temperaturun birgə təsiri zamanı radiasiyaya davamlı, aqressiv sərt şəraitdə istifadə üçün nəzərdə tutulan konstruksiya materiallarının tətbiqi radiasiya materialşünaslığının və radiasiya texnologiyalarının aktual problemlərindən biri olaraq qalır. Bu cür materiallar nüvə texnologiyasının konstruksiya materialları kimi, energetika və digər sahələrdə geniş istifadə olunur. Bu sahələrdə istifadə olunan konstruksiya materialları mexaniki özünə məxsusluqdan başqa, temperatur, ionlaşdırıcı şüalar, mühitin radiasiya çevrilmə məhsullarına da davamlı olmalıdır. Konstruksiya materialları tərkibcə, quruluşca, kimyəvi və mexaniki xassələrinə görə bir-birindən kəskin fərqləndiyindən, birinin mühitə reaksiyası, qanunauyğunluğu digərinə şamil edilə bilməz. Nüvə və radiasiya texnologiyaların öz daxili problemləri ilə əlaqəli baş vermiş qəzalarla yanaşı, təbii kataklizmlərin təsiri isə stimullaşmış qəza halları da özünü göstərməkdədir. Odur ki, konstruksiya materialların adi texnoloji və qəza rejimlərində istismarı zamanı müxtəlif xarakterli faktorların birgə təsiri olur. Material seçimi və onların korroziyaya davamlılığını artırılması məhz bütün mümkün təsir faktorları nəzərə alınmalı, müvafiq testlər keçirilməlidir. Paslanmayan poladların real nüvə reaktor mühitində model olaraq formalaşdırılmış şəraitlərdə işləmə proseslərinə radiasiyanın təsiri və davamlılığın artırma yollarının aşkar olunması istiqamətlərində tədqiqat işlərinin miqyası və dərinliyi durmadan artır. Bu istiqamətdə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunda geniş miqyaslı işlər aparılır. Paslanmayan poladın su ilə soyudulan nüvə reaktorunun radiolitik üsullarla hidrogen və digər məhsulların alınma texnoloji proseslərinin rejim faktorları və məhsullarının təsirinə reaksiyaları, eləcə də davamlılıqlarının artırılma yollarının aşkar olunması üzrə əhəmiyyətli olaraq tədqiqatlar aparılır. Su ilə soyudulan nüvə reaktorlarının normal və qəza rejimlərində paslanmayan polad materialı ionlaşdırıcı şüaların, temperatur və radioliz məhsullarının təsirinə məruz qalır. Məlumdur ki, aqressiv mühitlərdə korroziyaya davamlı material kimi istifadə olunan paslanmayan poladın səthində oksid təbəqəsi yaratmaq

üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Belə üsullardan biri də sənayedə geniş istifadə edilən və iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli olan elektroliz metodudur. Elektroliz üsulundan istifadə etməklə paslanmayan poladın səthində alınan bircinsli nazik Ni-P təbəqəsinin fiziki-mexaniki xassələri və korroziyaya davamlılığı tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, Ni-P örtüklü paslanmayan poladdan nüvə reaktorlarında istifadə zamanı yüksək temperatur, böyük mexaniki gərginliyə, eləcə də ionlaşdırıcı şüalanma dozası təsirinə məruz qalır və işlənmə şəraitindən asılı olaraq bu təbəqənin qalınlığı geniş intervalda dəyişir. İş prosesi zamanı əmələ gəlmiş qoruyucu oksid təbəqəsində müxtəlif ölçülü lokal yığımlar və çatlar yaranır.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, konstruksiya materialların texnoloji mühit faktorlarına davamlılığının artırılması üçün onların tərkibi və səthi müxtəlif üsullarla işləmələrə məruz qalır. Belə üsullardan biri də materialın tərkibinə korroziyaya davamlılıq yarada bilən digər fazaların çəkilməsidir. Bu cür faza yaradan elementlərdən- nikel və fosfor daha geniş tətbiq sahəsini tapıb. Paslanmayan poladın səthində Ni-P tərkibli örtüyünün səthi səviyyə yaradılması və onun radiasion-oksidləşdirici işlənmə mühitində daha passivləşmə rejiminin aşkar edilməsi radiasiya materialşünaslığı nöqteyi-nəzərindən yeni və aktual elmi məsələdir. Odur ki, paslanmayan poladın səthinə elektrokimyəvi üsulla nikel-fosfor təbəqəsi çəkilməsi, onun korroziyaya qarşı davamlılığın artırılması üçün radiasion oksidləşmənin təsirinin tədqiqinə həsr olunmuş dissertasiya işi böyük aktuallığa malikdir.

Dissertasiya işinin məqsədi - səthi Ni-P nazik örtüyü ilə modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın alınma texnologiyasının işlənilməsi, mexaniki, elektrofiziki, korroziya və səth xassələrinə aqressiv mühitin və radiasiyanın birgə təsirinin qanunauyğunluqlarının aşkarlanmasıdır.

Həmin məqsədə çatmaq üçün ***aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuşdur:***

- paslanmayan poladın səthinə Ni-P (P-9 və 12%) örtüyünün alınma texnologiyasının hazırlanması və səth morfologiyasının tədqiqi;

- Ni-P örtüklü paslanmayan poladın mexaniki, elektrofiziki və səth xassələrinə termiki dəmləmənin və qamma şüalarının təsirinin tədqiqi;
- paslanmayan poladın su ilə qarşılıqlı təsiri zamanı radiasiya – termiki proseslərin səthin fiziki–kimyəvi xassələrinə təsirinin aşkarlanması;
- qabaqcadan radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış paslanmayan poladın su ilə təmasında gedən termiki və radiasiya-termiki proseslərə təsiri;
- Ni-P örtüklü paslanmayan poladın elektrofiziki xassələrinə qabaqcadan radiasiya-oksidləşdirici işlənmənin təsirinin öyrənilməsi.

Elmi yenilik. Tərkibində 9 və 12 % fosfor olan Ni-P örtüklü paslanmayan poladın alınma texnologiyası və sərt istismar şəraitində qamma kvantların təsiri zamanı davamlı monooksid qatının əmələ gəlmə mexanizminin elmi əsası işlənmişdir. Ni-P örtüklü paslanmayan poladın su ilə təması nəticəsində hidrogenin alınması prosesində səthi radiasiya aktivliyin və H_2O_2 mühitində radiasiya-oksidləşdirici işlənmə yolu ilə həmin nümunələrin oksidləşməyə, radiasiyaya qarşı davamlılığını öyrənilib.

Udulan şüalanma dozasının geniş intervalında H_2O_2 mühitində radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış Ni-P örtüklü paslanmayan poladın su ilə təmasında gedən proseslərinin qanunauyğunluqları öyrənilmiş və radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış nümunələrin səthində əmələ gələn oksid fazasının tərkibi müəyyən edilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış Ni-P örtüklü paslanmayan polad nümunələrinin səth halı suyun radiolizi və termoradiolizi proseslərində radiasion aktivlik göstərir. İlkin radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış nümunələrin $T=300\div 673K$ intervalında Ni-P örtüklü paslanmayan poladın səthində suyun radiolizi zamanı radiasion aktivliyi sınaqdan keçirilmiş və $T=673K$ olduqda səthin radiasion aktivləşməsinə səbəb olur. Bu zaman hidrogenin radiasiya-kimyəvi çıxımı tərkibində 9% fosfor olan paslanmayan polad üçün 0,7-dən 28,1 molekul/100 eV-a qədər artır.

Alınmış nəticələr əsasında radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış Ni-P örtüklü paslanmayan polad nümunələrinin iştirakı ilə

hidrogenin radiolitik proseslərdə əmələ gəlməsinin mexanizmi təklif edilmişdir.

Paslanmayan polad nümunələrinin H_2O_2 mühitində $T=300K$, $\tau_{i\text{şlənme}}=400$ saat, $D=0,4$ Qr/san-də radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qaldıqdan sonra su ilə təmasında radiasiya-heterogen proseslər nəticəsində molekulyar hidrogenin alınma prosesləri tədqiq olunub. Müəyyən edilmişdir ki, modifikasiya olunmuş 9 və 12% fosfor olan paslanmayan polad nümunələrinin tərkibində fosforun miqdarı artdıqca səthin suyun parçalanmasına radiasiya-katalitik təsiri azalır və bu da səthin radiasiyaya davamlılığının artması ilə izah olunur.

İşin praktik əhəmiyyəti. Alınmış nəticələr atom energetikası, yüksək enerjilər kimyası və radiasiya materialşünaslığı kimi sahələrdə böyük maraq kəsb edir. Bu nəticələr aşağıdakı hallarda istifadə oluna bilər:

- xüsusi sərt şəraitdə istismara davamlı, korroziya və oksidləşməyə daha davamlı materalların hazırlanması zamanı;
- su ilə soyudulan nüvə reaktorlarının və digər qurğuların hidrogen təhlükəsizliyi sahəsində;
- nüvə reaktorlarının normal və qəza iş rejimlərinin tənzimlənməsi zamanı;
- ionlaşdırıcı şüalanmanın və temperaturun birgə təsiri ilə paslanmayan poladın su ilə təmasında gedən proseslərin xarakterinin əvvəlcədən proqnozlaşdırılması.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıda göstərilən elmi konfranslarda müzakirə edilmişdir:

✓ Beynəlxalq konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri”, 3-5 noyabr, 2009, Bakı, Azərbaycan

✓ M.Məlikzadənin 100 illik yubleyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi” 8-10 noyabr 2010, Bakı Azərbaycan,

✓ IV Beynəlxalq konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” 23-25 noyabr 2011

- ✓ 6-я Международная Конференция «Ядерная и радиационная физика» 20-23 сентября 2011, Алма-Ата, Казахстан
- ✓ The V international conference perspectives of peaceful Use of nuclear energy, 21-23 November 2012, Azerbaijan
- ✓ International Conference “Nuclear science and its application”, 25-28 September 2012, Samarkand, Uzbekistan
- ✓ 9th International Conference Nuclear And Radiation Physics, 24-27 september 2013, Almaty, Kazakhstan
- ✓ The 7th Eurasian conference “Nuclear science and its applications”, 21-24 November 2014, Azerbaijan

Nəşrlər. Dissertasiya işinin nəticələrinə görə 15 elmi əsər, o cümlədən 6 məqalə və 9 tezis dərc edilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya giriş, 4 fəsil, nəticələr və 174 istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. 13 cədvəl və 39 şəkil də daxil olmaqla işin ümumi həcmi 140 səhifəni əhatə edir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə həll edilən problemin aktuallığı və müasir elmdə onun yeri əsaslandırılmış, dissertasiya işinin məqsədi və qoyulan məsələlər qıscaca və dürüst ifadə edilmiş, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir. Dissertasiyanın fəsillərinin qısa məzmunu şərh edilmiş və dərc edilmiş işlərin siyahısı verilmişdir.

Birinci fəsil ədəbiyyat xülasəsinə həsr olunmuşdur. Burada suyun radiolizinin ümumi qanunauyğunluqları, şüalanmanın və temperaturun metallara və onların xəlitələrinə, elektrofiziki və optik xassələrinə təsiri, həmçinin nüvə reaktorlarının hidrogen təhlükəsizliyinin vəziyyəti haqqında tədqiqat işləri haqqında məlumatlar təhlil edilmişdir

İkinci fəsildə dissertasiyanın eksperimental hissəsinin şərhini verilmiş, burada nümunələrin hazırlanması, təmizlənməsi metodikası, radiolitik proseslər nəticəsində alınan qaz məhsullarının analizinin metodikası, tədqiq edilən sistemlərdə udulan şüalanma dozasının təyini metodikası, radiasiya prosesləri üçün parametrlərinin təyində xətlərin hesablanması,

paslanmayan polad materiallarının ilkin oksidləşdirmə emalının metodikası, Ni-P təbəqəsinin alınma texnologiyası, quruluşu və səth morfologiyasının tədqiqi, nümunələrin mikrobərkliyinin ölçülməsi, paslanmayan poladın korroziyasının qravimetrik metodla təyini verilmişdir.

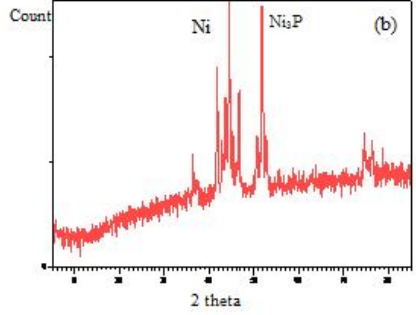
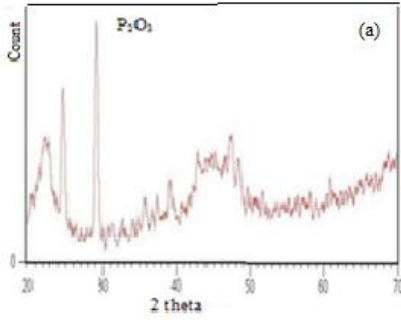
Üçüncü fəsil elektrokimyəvi metodla səthi Ni-P örtüyü ilə modifikasiya olunmuş 304 markalı paslanmayan poladın səth hallarına və mexaniki xassələrinə təsiri, şüalanmadan əvvəl və sonra müxtəlif temperaturlarda analizinin nəticələri öyrənilmişdir. Müxtəlif tədqiqat metodlarının (XRD, SEM) köməyiylə alınmış nəticələr göstərir ki, radiasiya-termiki işlənmə zamanı paslanmayan poladın səthində oksidləşmə prosesi gedir. Müəyyən edilmişdir ki, oksidləşmə prosesinin sürəti mühitin temperaturundan, fosforun miqdarından və şüalanma dozasından asılıdır. Termiki işləmə nəticəsində isə Ni-P-la örtülmüş səthdə nazik çatlardan yaranması müşahidə olunur, nəticədə nikel fosfid fazasının əmələ gəlməsi müşahidə edilir. İlkin və səthi 9 və 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş 304 markalı paslanmayan poladın nümunələri qamma-şüalarının təsiri ilə 400 saat ərzində H_2O_2 mühitində $T=300\text{ K}$ -da şüalandırılmışdır. Şüalandırılmış nümunələr $T=300\div 373\text{ K}$ temperaturlarında elektrokimyəvi xassələri Auto Lab model PGSTAT 302N vasitəsilə polyarizasiya üsulundan istifadə edilməklə öyrənilmişdir. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, şüalanmanın $T=300\text{ K}$ temperaturunda paslanmayan polad nümunələrinin korroziya sürətinə təsiri çox azdır, lakin $T=373\text{ K}$ olduqda isə korroziya sürəti təqribən 10 dəfə aşağı düşür. Bu ona görə baş verir ki, temperatur artdıqca paslanmayan poladın səthində nazik oksid təbəqəsi əmələ gəlir. İlkin paslanmayan polad nümunələri $T=300\div 373\text{ K}$ -də, şüalanmış Ni-9%P nümunələrə nisbətən daha zəif korroziya sürətinə malikdir. Lakin Ni-12%P nümunələrində isə həmin temperaturlarda şüalanmadan sonra daha yüksək korroziya sürətinə malik olması müəyyən olunmuşdur..

Şəkil 1-də Ni-P örtüyü ilə modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın $T=673\text{ K}$ temperaturunda radiasiya-termiki (a) və korroziyaya məruz qalmış (b) rentgenoqramları verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, radiasiya-termiki işlənməyə məruz qalmış paslanmayan poladın səthində

Cədvəl 1.

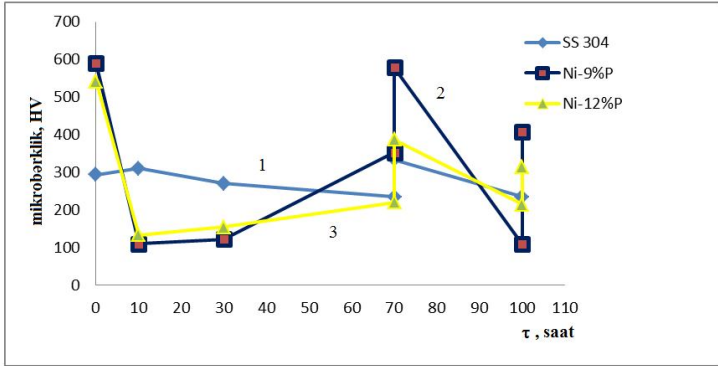
304 markalı paslanmayan polad, modifikasiya olunmuş Ni-9%P və Ni-12%P örtüyünün potensiodinamik ölçmələrə əsasən su mühitində korroziya sürəti və müqaviməti

Sistem	Korroziya sürəti (mm/il)	E_{corr} , (V)	i_{corr} , (A cm ⁻²)
304 polad şüalanmadan əvvəl (ilkin) T=300 K	4.48×10^{-3}	- 0.062	4.115E-7
304 polad şüalanmadan sonra, T=300K	4.48×10^{-3}	- 0.196	3.73E-7
304 polad şüalanmadan əvvəl (ilkin) T=373K	5.65×10^{-2}	0.109	5.186E-6
304 polad şüalanmadan sonra, T=373 K	3.10×10^{-3}	0.123	2.755E-7
Ni-9%P örtüyü şüalanmadan əvvəl, T=300 K	4.11×10^{-3}	-0.21	3.904E-7
Ni-9%P örtüyü şüalanmadan sonra, T=300K	4×10^{-4}	-0.363	4.42E-8
Ni-9%P örtüyü şüalanmadan əvvəl, T=373K	8.59×10^{-2}	-0.26	8.165E-6
Ni-9%P örtüyü şüalanmadan sonra, T=373K	4.39×10^{-2}	-0.387	4.169E-6
Ni-12%P örtüyü şüalanmadan əvvəl, T=300K	6.49×10^{-5}	-0.117	5.953E-9
Ni-12%P örtüyü şüalanmadan sonra, T=300K	8.28×10^{-5}	-0.31	7.864E-9
Ni-12%P örtüyü şüalanmadan əvvəl, T=373K	3.78×10^{-2}	-0.302	3.467E-6
Ni-12%P örtüyü şüalanmadan sonra, T=373K	9.37×10^{-2}	-0.306	8.906E-6



Şəkil 1. H_2O_2 mühitində $T=673$ K temperaturda radiasiya-termiki (a) və oksidləşməyə məruz qalmış (b) Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin rentgenoqramları

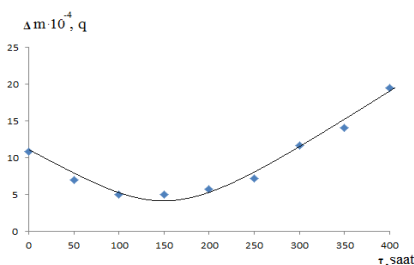
davamlı olaraq oksidləşmə prosesi gedir, nəticədə fosfor oksidi (P_2O_5) əmələ gəlir, lakin radiasiya işlənmə zamanı paslanmayan polad nümunələrini $T=673K$ -ə qədər qızdırdıqda korroziya prosesi baş verməsi nəticəsində səthdə çatlar yaranır, bundan əlavə isə nikel-fosfid fazasının əmələ gəlməsini (Ni_3P) müşahidə etmək olur.



Şəkil 2. 304 markalı 9 və 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın H_2O_2 mühitində mikrobərkliyinin şüalanma vaxtından asılılığı, $T=300$ K, $D=0,4$ Qr/s, 1- ilkin, 2-9% və 3-12% Ni-P modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələri

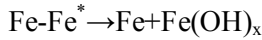
Səthi Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad örtüyünün ən mühüm xassələrindən biri onun möhkəmliyidir. Ni-P örtüyünün möhkəliyi onun tərkibindəki fosforun miqdarından asılıdır. Beləki, P-un miqdarı artdıqca onun möhkəmliyi azalır. Ona görə də tədqiqat işində 304 markalı, 9 və 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin H_2O_2 mühitində şüalanmadan əvvəl və sonra mikrobərклиyinin şüalanma müddətindən asılılığı öyrənilmişdir (şək.2). Aparılan təcrübələr əsasında müəyyən olunmuşdur ki, γ -şüalarının 304 markalı paslanmayan polada təsiri çox azdır, lakin 9 və 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polada təsiri isə şüalanma dozasından asılı olaraq dəyişir. Belə ki, $\tau=70$ saat müddətində mikrobərклиk tədricən azalsa da, sonradan daha sürətlə artır. 70 saat müddətində Ni-P örtüyündə şüalanmadan sonra fosforun miqdarı azalır və nəticədə möhkəmlik artır.

Dördüncü fəsildə qabaqcadan radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış, səthi Ni-P örtüyü ilə modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin müxtəlif vaxtlarda kütlə dəyişməsi, eləcə də paslanmayan poladın səthində suyun radiolizi prosesləri nəticəsində molekulyar hidrogenin müxtəlif temperaturalarda əmələgəlmə kinetikasi tədqiq olunmuşdur.

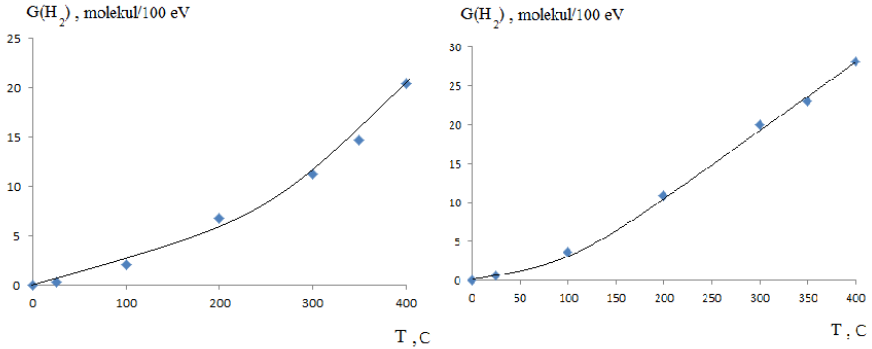


Şəkil 3. H_2O_2 mühitində qabaqcadan radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış səthi 9% Ni-P ilə örtülmüş paslanmayan polad nümunələrinin kütlə dəyişməsinin şüalanma vaxtından asılılığı, $T=300K$, $D=0,4$ Qr/san

Şəkil 3-də 9% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin otaq temperaturunda H_2O_2 mühitində radiasiya-oksidləşdirici işlənməsinin tədqiqinin nəticələri verilib. Paslanmayan poladın H_2O_2 mühitində radiasiya-oksidləşdirici işlənməsinin kinetikası qravimetrik metodla öyrənilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış nümunələrin çəkisi ilkin nümunələrin çəkisinə nisbətən azdır. İşlənmənin 10÷150 saat intervalında bu azalma daha aydın görünür. Bu da səthdəki Fe atomlarının müəyyən hissəsinin H_2O_2 -nin suda məhlulunda radiasiya-kimyəvi həll olunması ilə bağlıdır:



burada $Fe-Fe^*$ - paslanmayan poladın səthinin aktiv vəziyyətidir, Fe – dəmirin səthinin ilkin vəziyyəti, $Fe(OH)_x$ – məhlula keçən oksidləşmə məhsulu. Radiasiya-oksidləşdirici işlənmənin sonrakı artımında $\tau \geq 200$ saat ilkin səthi Fe atomlarının oksidləşməsi baş verir, bunun nəticəsində isə səthdə qoruyucu oksid təbəqəsi yaranır.



Şəkil 4. 9% (a) və 12% fosforla (b) modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın səthində suyun parçalanması nəticəsində hidrogenin radiasiya-kimyəvi çıxımının temperaturdan asılılığı, $D=0,4$ Qr/san, $\rho =5$ mq/sm³

Kinetik əyrilər əsasında 9 və 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın səthində suyun radiolizi prosesi zamanı əmələ gələn hidrogenin radiasiya-kimyəvi çıxımının temperturdan asılılığı göstərilmişdir (şək.4). Müəyyən olunmuşdur ki, qabaqcadan radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış 9% P tərkibli paslanmayan polad nümunələrinin su ilə təmasında qamma şüalarının təsiri altında suyun radiolitik parçalanması prosesində temperaturun $T=300\div 673\text{K}$ intervalında molekulyar hidrogenin çıxımı $0,64\div 28,1$ molekul/100 eV, 12%-li P tərkibli paslanmayan polad nümunələri üçün isə həmin şəraitdə hidrogenin çıxımı $0,26\div 20,4$ molekul/100 eV arasında dəyişir. Beləliklə, radiasiya-oksidləşdirici işlənməsi nəticəsində tərkibində fosforun miqdarı 9-12% intervalında artdıqca səthin, suyun parçalanmasında radiasiya-katalitik təsiri azalır. Bu isə, nəticə etibarilə səthin radiasiyaya davamlılığının artması ilə müşahidə olunur. Alınan nəticələr göstərir ki, radiation-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış paslanmayan polad nümunələri $T=473\text{K}$ -dən başlayaraq suyun parçalanması prosesində termokatalitik aktivlik göstərir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. 304 markalı paslanmayan poladın səthinə Ni-P təbəqəsinin elektrokimyəvi üsulla çəkilmə texnologiyası işlənmişdir. Müəyyən edimişdir ki, $T=300\text{K}$ -də səthi 9% Ni-P təbəqəsi çəkilmiş paslanmayan poladda $9\div 14\%$, 12% Ni-P təbəqəsi çəkilmiş isə korroziyaya davamlılığı 10 dəfə artır. Temperaturun $300\div 373\text{K}$ intervalında artırılması ilkin və 9,12%Ni-P təbəqəsi olan paslanmayan polad nümunələrinin korroziya sürətini artırır və bu artım səthi təbəqədə Ni-P örtüyünün miqdarı artdıqca çoxalır.
2. Aşkar olunub ki, Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın oksidləşdirici mühitində radiation-oksidləşmə prosesi səthin morfolojiyasına, tərkibinə, bərkliyinə, fiziki-kimyəvi xassələrinə və korroziyaya davamlılığına təsir göstərir. Belə ki, qabaqcadan

radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış 9% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın 300,373K temperaturlarda korroziya sürəti uyğun olaraq 10 və 2 dəfə azalır.

Səthi 12% Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan poladın oksidləşdirici işlənməsi nəticəsində isə 300 və 373K temperaturlarda korroziya sürəti uyğun olaraq 1,27 və 2,46 dəfə artır.

Nümunələrin SEM, ESX, XPS və AGM metodları ilə tədqiqatları əsasında səthdə deffekt hallarının əmələ gəlməsi, Ni kationlarının qismən həll olması, fosfor-oksidli ilə zənginləşmiş oksid müdafiə təbəqəsinin əmələgəlməsi mərhələlərini özündə saxlayan mexanizmi verilib.

3. Paslanmayan poladın fiziki, mexaniki, fiziki-kimyəvi və korroziyaya davamlılığı kimi xassələrini tədqiq etmək üçün Ni-P-la modifikasiya olunmuş nümunələri $T=300\text{K}$ -də oksidləşdirici agent iştirakı ilə radiasion-oksidləşmə proseslərinin təsiri tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, bütün nümunələrin $D \leq 216\text{kQr}$ udulma dozalarında radiasion-oksidləşdirici işlənmə prosesləri nəticəsində səthdən suda həll olan metal hidrokksidlərinin məhlula keçməsi prosesi, $D \geq 216\text{kQr}$ dozasında isə səthdə oksid təbəqəsinin formalaşması baş verir. Səthin EDX və AGM mikroskopiyaya üsulu ilə tədqiqi nəticəsində radiasion-oksidləşdirici işlənmənin səthdə oksid təbəqəsinin yaranması, metal fazasının həll olması və struktur nizamlılıqları haqqında konkret subut əldə edilib.
4. İlkin və qabaqcadan radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin səthində gedən suyun radiolitik parçalanma proseslərinə təsiri qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, ilkin paslanmayan poladın iştirakı ilə suyun radioliz prosesində molekulyar hidrogenin su tərəfindən udulan hər 100 eV enerjiyə düşən çıxımı 0,45-dən 0,70 molekul/100eV-a qədər artır. Paslanmayan poladın səthinə 9 və 12% Ni-P örtüyü çəkilməsi, onların iştirakı ilə suyun $T=300\text{K}$ radiolitik parçalanması zamanı hidrogenin çıxımının azalmasına səbəb olur. Radiasion-

oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış səthin Ni-P örtüyü ilə modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələrinin suyun radiolitik parçalanmasına təsiri fosforun miqdarı artdıqca azalır, bu da səthin passivləşməsinin təzahürüdür.

5. İlk 304 markalı və Ni-P-la modifikasiya olunmuş paslanmayan polad nümunələri $D=576\text{kQr}$ udulma dozasında radiasion-oksidləşdirici işlənməyə məruz qaldıqdan sonra nüvə texnologiyalarında daha çox rast gəlinən temperatur $T=373\div 673\text{K}$, təzyiq $P\leq 8\text{ atm}$ şəraitində suyun radiolitik parçalanma prosesinin təsiri tədqiq olunub. Paslanmayan polad nümunələrinin səthi aktivlikləri müvafiq şəraitdə təmasda suyun radiolitik parçalanmasında hidrogenin çıxımı ilə xarakterizə olunub. Müəyyən edilmişdir ki, temperaturun $T=373\div 673\text{K}$ intervalında artması səthdə suyun həm termiki, həm də radiasiya-termiki parçalanma proseslərinin təsirini artırır və molekulyar hidrogenin çıxımı artır. Paslanmayan poladın səthində fosforun 9%-dən 12%-ə artması, suyun termiki və radiasiya-termiki proseslərin təsirini azaldır, yəni fosforun səthi təbəqədə artımı, onun həmin proseslərdə aktivliyini azaldır.

DİSSERTASIYANIN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ AŞAĞIDAKI NƏŞRLƏRDƏ DƏRC EDİLMİŞDİR

1. *A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.* Effect of gamma radiation on corrosion behavior of electroless Ni-P coated and uncoated stainless steel 304 / Beynəlxalq konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri”, 3-5 noyabr, 2009, Bakı, Azərbaycan, s.45-46
2. *A.A.Qəribov, T.N.Ağayev, Ş.S.İsmayilov, M.Y.Haşəmi.* Qamma şüaların fosforlu poladın elektrik keçiriciliyinə təsiri / Beynəlxalq konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri”, 3-5 noyabr, 2009, Bakı, Azərbaycan, s.76

3. **A.A.Garibov, M.R.Gahramani, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Synthesis of spherical micro particles of yttrium aluminum silicate by means of paraffin oil gelation column // AMEA Kimya Problemləri jurnalı, №3, 2010, s.369-373
4. **A.A.Garibov, M.R.Gahramani, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Preparation of yttrium -89 nanospheres for medical applications // AMEA Kimya jurnalı, №3, 2010, s.321-323
5. **A.A.Qəribov, T.N.Ağayev, Ş.S.İsmayilov, S.M.Əliyev, V.R.Əsgərova, C.T.Qurbanov, Ü.M.Qasımova, M.Y.Haşəmi.** Radiasiya-oksidləşdirici işlənməyə məruz qalmış paslanmayan poladın müxtəlif mühitlərlə təmasının səth müqavimətlərinin dəyişməsinə təsiri / M.Məlikzadənin 100 illik yubleyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi” 8-10 noyabr, Bakı Azərbaycan, 2010, s.36
6. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Effect of gamma radiation on corrosion behavior of electroless Ni-P coated and uncoated stainless steel 304 / M.Məlikzadənin 100 illik yubleyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” 8-10 noyabr, Bakı, Azərbaycan, 2010, s.67-68
7. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Evaluation of impedance behavior oxide film of electroless Ni-P layer under oxidation of gamma radiation / IV Beynəlxalq konfrans “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” 23-25 noyabr, 2011, s.126
8. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Effect of gamma radiation structure electroless Ni-P layer under H₂O₂ environment / 8th International Conference “ Nuclear and radiation physics”, September 20-23, 2011, Almaty, Kazakhstan, p.21

9. ***A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.P.Gaxramani, M.Y.Hashemi.*** Радиационно-гетерогенные процессы в фосфорсодержащей стали марки 08H18X10 с водой / 6-я Международная Конференция «Ядерная и радиационная физика» 20-23 сентября, 2011, Алма-Ата, Казахстан, с.91-92
10. ***A.A.Garibov, T.N.Agayev, U.M.Gasimova, M.Y.Hashemi.*** Effect of radiation-thermal treatment on morphology of electrolyses Ni-P layer / The V international conference prespectives of peaceful Use of nuclear energy, November 21-23, 2012, Azerbaijan, p.122
11. ***A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.R.Gahramani, M.Y.Hashemi.*** Temperature infulence on the radiation-catalytic decomposition of water with the presence of phosphours stainless steel / International Conference “Nuclear science and its application”, Samarkand, Uzbekistan, September 25-28, 2012, p.373
12. ***T.N.Agayev, A.A.Garibov, G.T.Imanova.*** Radiation-heteregeneous processes in terms of contact between phosphous containing 08H18X10 grade stainless steel and water // J.Chemical Problems, 2012, №4, p.472-477
13. ***A.A.Garibov, U.M.Gasimova, M.Y.Hashemi.*** Evulation of electrochemical behavior oxide film if Ni-P layer under oxidation in radiation-thermal condition by impedance method / 9th International Conference Nuclear And Radiation Physics, september 24-27, Almaty, Kazakhstan, 2013, p.170
14. ***A.A.Garibov, T.N.Agayev, G.T.Imanova, I.A.Mamedyarova, M.Y.Hashemi.*** Effect of high temperature water oxidation with and without gamma radiation environment on surface microstructure of electroless Ni-P coating // Transactions Of Azerbaijan National Academy Of Sciences Physics And Astronomy, №2, 2013, p.150-157

15. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Microhardness and corrosion behavior electroless Ni-P coated on stainless steel 304 in gamma radiation environment // AMEA Kimya Problemləri jurnalı, №1, 2013, s.64-70
16. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Effect of gamma radiation on oxidation of electroless Ni-P deposited on stainless steel st.304 // J. Surface Engineering and Applied Electrochemistry, 2014, v.50, No.1, p.38-42
17. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Effect of heat treatment on micro hardness of electroless Ni-P layer under irradiation and non-irradiation condition / The seventh Eurasian conference nuclear science and its applications, November 21-24, 2014, Azerbaijan, p.60
18. **A.A.Garibov, T.N.Agayev, M.Y.Hashemi.** Study of oxides formed on electroless Ni-P layer after oxidation in H₂O₂ solution with gamma irradiation // Transactions of Azerbaijan National Academy of Sciences physics and astronomy, 2015, vol.XXXV, 5, p.40-45

**ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННО-ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ
НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ Ni-P
СЛОЕМ**

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена выявлению закономерностей совместного влияния агрессивной среды и радиации на механические, электрофизические, коррозионные и поверхностные свойства нержавеющей стали модифицированной тонким слоем Ni-P. Выявлено, что коррозионная устойчивость нержавеющей стали, поверхность которой покрыта 12% содержанием Ni-P в 10 раз выше, чем при модифицировании 9% содержанием Ni-P. Увеличение температуры с 300К до 373К сопровождается увеличением скорости коррозии исходных и модифицированных 9-12%-ым составом Ni-P образцов и это увеличение прямо пропорционально количеству Ni-P слоя на поверхности. Также выявлено, что радиационно-окислительный процесс в среде H_2O_2 оказывает влияние на морфологию, состав, микротвердость и физико-химические свойства поверхности исходных и модифицированных образцов нержавеющей стали. На основе результатов, полученных SEM, ESX, XPS и AGM методами, даны механизмы образования дефектных состояний поверхности, частичного растворения Ni катионов и формирования защитного слоя, обогащенного оксидом фосфора.

MIRYAGHOUB ALIASGAR HASHEMI

INFLUENCE OF RADIATION AND OXIDIZING PROCESS ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF A SURFACE OF STAINLESS STEEL MODIFIED BY A NI-P LAYER

SUMMARY

Dissertation work is devoted to detection of regularities of joint influence of hostile environment and radiation on mechanical, electrophysical, corrosion and superficial properties of stainless steel modified by a thin Ni-P layer. It is revealed that corrosion stability of stainless steel which surface is covered by 12% of Ni-P, is 10 times higher, than when modifying by 9% of Ni-P. The increase in temperature from 300K to 373K is followed by increase in rate of corrosion of the initial and modified by 9-12% composition of Ni-P and this increase in direct ratio to quantity of Ni-P layer on a surface. It is also revealed that radiation and oxidizing process in the environment of H_2O_2 has impact on morphology, structure, rigidity and physical and chemical properties of a surface of the initial and modified samples of stainless steel. On the basis of the results received by SEM, ESX, XPS and AFM methods, it's were given a mechanisms of formation of defective conditions on a surface, partial dissolution of Ni cations and formation of the protective layer enriched with phosphorus oxide.

МИРЯГУБ АЛИАСКЕР ХАШЕМИ

**ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННО-ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ
НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ NI-P
СЛОЕМ**

2225.01 – Радиационное материаловедение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой
степени доктора философии по физике

БАКУ – 2016