

## Neft-kimya sənayesində piroliz sobalarında ilanvari austenit polad borularda zədələnmələr və onların yoxlanılması

R.H. İbrahimov, Ə.Q. Abbasov

Təlim, Tədris və Sertifikatlaşdırma İdarəsi

**Açar sözlər:** odadavamlı polad, piroliz sobası, boru, temperatur, struktur, inspeksiya.

e-mail: ruslanh.brahimov@socar.az

Повреждения и исследования змеевидных аустенитных труб пиролизных печей, используемых в нефтехимической промышленности

Р.Г. Ибрагимов, А.Г. Аббасов

Управление обучения, образования и сертификации

**Ключевые слова:** огнеупорная сталь, пиролизная печь, труба, температура, структура, инспекция.

Рассмотрены механизмы разрушения при высоких температурах в трубах пиролизных печей, используемых в нефтехимической промышленности. Целью исследования является поиск путей устранения подобных недостатков.

Основной причиной повреждения труб являются цементация и ползучесть. Это приводит к изгибу и осыпанию труб. Другой доминирующий механизм разрушения – это хрупкое разрушение в печах, что может вызвать большие продольные трещины во многих трубах. Существует несколько способов обнаружения и оценки повреждений в печных трубах. Оптимизированные методы используются для оценки состояния печных труб. Применение одного метода для обнаружения потенциального ущерба недостаточно.

Damages and investigation of serpentine authentic pipes of pyrolysis furnaces used in petrochemical industry

R.G. Ibrahimov, A.G. Abbasov

Training, Education and Certification Centre

**Keywords:** refractory steel, pyrolysis furnace, pipe, temperature, structure, inspection.

The paper reviews destruction mechanisms at high temperatures in pyrolysis furnaces used in petrochemistry. The purpose of research is finding ways to eliminate such shortcomings.

The main reason for pipe damages is the joint cementing and creeping. It leads to the buckling and heaving. The other dominant destruction mechanism is brittle crushing in the furnaces, which can cause large longitudinal cracks in many pipes. There are several methods of detection and estimation of the damages in the pipes. Optimized methods are used for estimation of furnace pipes' state. Appli-ance of one method for detection of potential damage is not enough.

Neft-kimya sənayesində xüsusi yeri olan piroliz sobalarının boruları yüksək təzyiq və temperaturda (1100–1250 °C), oksidləşmə, azotlaşmış buxar qazlarının təsiri və yüksək aqressiv işçi mühit şəraitində işləyir. Bu səbəbdən aqressiv mühit şəraitində tətbiiq edilən poladlar Ni – Cr – Fe əsaslı olub, korroziyaya və yüksək temperatura davamlı, yaxşı emal olunma və qaynaqlanma (hətta uzunmüddətli istismardan sonra) xüsusiyyətinə malik olmalıdır.

Radiant borular məhdud istismar müddətinə malikdir və onların dağılma səbəbi sobaların işçi faktorları ilə əlaqədardır. Bununla belə, hər bir piroliz sobası borularının istismar şərtləri var. Qeyri-destruktiv müayinə operatorlarının boruların analiz edilməsi və tipik dağılma mexanizmini bilməsi vacibdir. Bu onlara xüsusi şərtlərə uyğun materialların markasını nəzərdən keçirməyə və həmçinin sobanın istismarının mümkün hədləri daxilində nasazlıqların qarşısını almağa imkan verir. Radiant borulardakı qüsurların əksəriyyətinin əmələ gəlməsinə koksun formalaşması, plastik sürünməliyin tükənməsi, termiki yorğunluq, kövrəklik, ifrat qızma, insan faktoru, karbonlaşma, oksidləşmə, nitridləşmə, xrom buxarlanması kimi faktorlar səbəb olur.

Radiant borular, onların dəstəklərinin fiziki vəziyyəti və gələcək xidmətə uyğunluğu müəyyən edilməli, dəstəklərdə əmələ gələn çatlar, oksidləşmə, korroziya, deformasiya və uzanma diqqətlə araşdırılmalıdır.

Soba borularında baş verən zədələnmələrin aşkarlanması və qiymətləndirilməsi üçün bir neçə üsul mövcuddur. Boru diametri, divar

qalınlığı, mikrostruktur və metal sərtliyi baza xəttinin şərtlərinin qurulması üçün bütün istilik sistemindəki borular erkən mərhələdə nəzərdən keçirilməlidir.

Boruların dağılmaları bir sıra pozulma mexanizmləri nəticəsində irəliləyir. Bu səbəbdən piroliz sobasındakı aktiv və potensial dağılma mexanizmlərinin nasazlığının yaranma səbəbi aydınlaşdırılmalıdır.

Müəyyən olmuşdur ki, ilanvari boruların materialında karbonun diffuziya zənginləşməsi nəticəsində istismar şərtləri ilə əlaqədar mikrostruktur dəyişir, strukturda faza çevrilmələri baş verir. Nəticədə austenit struktur ilkin olaraq martensit, daha sonra ferrit-perlit strukturuna çevrilir. Bu halda qüsurlu bölgədə kəskin bərklik artımı müşahidə edilir.

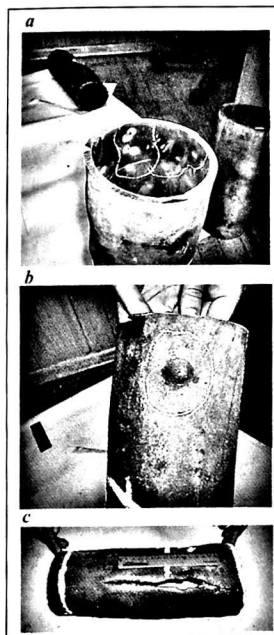
Defekt borunun daxili səthində zədənin yaranması, divarın nazikləşməsi, formanın sabitliyinin itkisi ardıcılığı ilə inkişaf etmişdir. Sobanın ilanvari borularının istismarı zamanı metalın səth qatlarında karbonun diffuziyası baş verir. Həmçinin tərkibində karbonun miqdarının artması kövrəkliliyə və daha sonra borunun karbonlaşmış hissələrinin laylanmasına (işçi mühit ilə təmas edən tərəfdən) gətirib çıxarır.

#### Əsas hissə

İlanvari borulardakı bəzi qüsurların səbəbləri bütün soba tipləri üçün xarakterikdir (qurguların qeyri-stabil çalışması, işəsalma və dayanma rejimlərinə riayət edilməməsi, natamam və yetərsiz təmir, yoxlama). Lakin reaksiya sobalarında daha ağır işləmə şəraitinə görə zədələnmə intensivliyi artır; reaksiya bölgəsində temperatur 900 °C və daha yüksək ola bilər. Koksun intensiv yığılması borunun divarındakı istilik ötürmə şərtlərini dəyişdirir və bu da buxar-hava ilə koks yandırılmasını tələb edir [1].

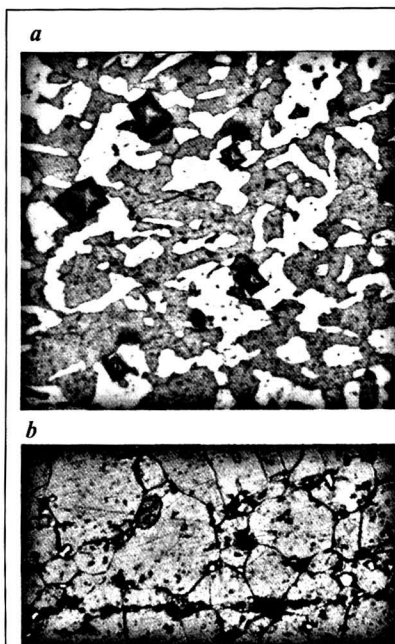
Piroliz sobalarının ilanvari borularında  $\tau = 2 \cdot 10^3$  iş saatında yaralar əmələ gəlir,  $\tau = 5 \cdot 10^3$  saatda həndəsi lokal defekt böyüyür, bəzilərdə formanın sabitliyi pozulur və nəticədə çatlar yaranır (şəkil 1).

Mikrobərklik ölçülməsi nəticəsində lokal qüsurlu zonada boru materialının əhəmiyyətli dərəcədə sərtləşməsi təyin edilir. Əsas metalda bərklik dəyəri ortalama 155, qüsurlu bölgədə isə 667 kq/mm<sup>2</sup>-dən təqribən 4 dəfə azdır. Həmçinin bu zonada mikrobərklik 250–1085 kq/mm<sup>2</sup> arasında dəyişir. Lokal dəyişikliklərin səbəblə-



Şəkil 1. Piroliz sobaların ilanvari borularında əmələ gələn defektlər:

a – yaralar; b – həndəsi qüsurlar; c – çatlar



Şəkil 2. Qüsurlu zonada (a) və qüsurlu zonadan uzaqda (b) mikrostruktur

rinin təyin edilməsi üçün mikrostruktur analizi aparılmış, qüsurlu zonada xarakterik poladdan olan austenit struktur aşkarlanmamışdır (şəkil 2).

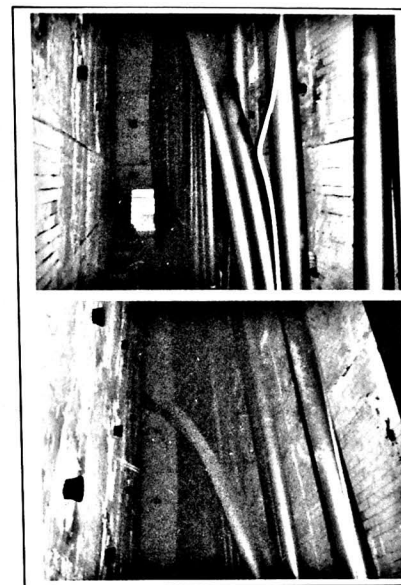
Koksdan metala karbonun diffuziyası ilə bağlı ehtimal olunan faza çevirmə mexanizmi martensit və ferrit-perlit strukturunun mərhələli şəkildə formalaşmasıdır. Beləliklə, borunun həndəsi parametrlərində dəyişikliyin səbəbi iş şəraitindən asılı olaraq metal strukturunda dəyişikliklərin olmasıdır.

Sürünməlik soba borularının əsas zədələnmə səbəblərindən biridir. O, adətən xarici səthdən 2/3 hissə məsafə qədər boru qalınlığı daxilində formalaşır və bu onun metalloqrafiya ilə aşkarlanmasını imkansız edir. Bunun əksinə olaraq qazan və kolonların super qızdırıcılarında sürünməlik xarici səthdən başladığı üçün onun aşkarlanması daha asandır.

Sürünməliyin uzanması (həmçinin uzanma deyilir) borunun öz ağırlığı ilə sürünmədir, koks qatı səbəbindən baş verir və ona temperatur, boruların en kəsiyinə yüklənən gərginlik və istifadə olunan material təsir edir. Sürünməlik qüsurlarının yüksək dərəcəsində sobanı bağlamaq və boruları qısaltmaq lazım gəlir. Boruların döşəməyə çatmasından əvvəl qısalmadığı hal olduqda dağılmalar baş verə bilər. Boruların deformasiya olması və əyilməsi nəticəsində gərginliyin və sürünməliyin sürəti arta bilər (şəkil 3).

Sobaların istismarı zamanı karbonun kristallaşmış qalıqlarının (koks) borunun daxili divarında yığılması nəticəsində istilikötürmə azalır və karbohidrogen xammal axını məhdudlaşır. Hər 20–60 gündən bir toplanmış karbonun yandırılması üçün soba dayandırılır. Sementləmə – karbon qazlarının və yüksək temperaturun təsirindən boru materialında karbonun zənginləşməsi və karbid formalaşması nəticəsində alınır. Bu cür boru materialında xüsusilə də kokslaşma zamanı karbon diffuziyasını sürətləndirir. Radiant boruların daxili divarındakı karbonlu material yüksək istiliyin təsirindən genişlənmə əmsalı, borunun həcmünün artması və gərginliyin yayılmasına səbəb olur [2].

Yüksək temperaturda koksun yığılması adətən borunun daxili səthində Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qatı ilə əngəllənir. Bu qat karbon diffuziyasını ləngidir. Kokslaşma zamanı boru güclü termiki təsirlə məruz qala bilər və nəticədə Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qatı dağılır və karbonlaşma prosesi sürətlənir. Yüksək tem-



Şəkil 3. Piroliz sobasının radiant zonası – yüksək sürünməlik qüsurlarının yaranması

peraturda boruda karbonun diffuziyası dənə sərhədlərində və matrisdə davamlı və ya ayrılmış karbidlərin yaranmasını təşviq edə bilər. Bu karbidlər yüksək temperaturda sürünməyə müqaviməti və plastikliyi azaldır.

Metal toz ferrit və austenit ərintilərdə sürətli metal itkisinə səbəb ola biləcək karbonlaşmanın müxtəlif xarakterli bir formasıdır. Bu zədələnmə mexanizmi tipik olaraq boruların daxili divarları boyunca lokal nöqtəvi korroziya və ya yivlənmə (kanal) görünüşünə sahibdir.

Sürünməlik yumşaq keçidli borunun üzərindəki bir şişkinliklə və qısa uzununa çatla qüsurların tədricən əmələ gəlməsini göstərir. Sürünməlik mikrostrukturda matris və karbidlər arasında boşluqlarla müşahidə edilə bilər.

Kövrək dağılma çəngəl formasında bitən uzununa çatla ayırd edilə bilər. Bəzən də dairəvi dağılma formasında borudan qopa bilər. Çatların uzunluğu və sayı bir neçə ola bilər. Mikrostrukturda karbidlərin parçalanması müşahidə olunur.

Başqa bir dağılma mexanizmi lokal və ya borunun ümumi olaraq əriməsi ilə nəticələnən ifrat qızmadır ki, bu da boruda axın olmadıqda koks tıxanması və ya odluq yaranan problemlər səbəbindən ola bilər. Giriş klapanlarında və ya kompressor qurgularında yarasızlıq olduqda boruda

axın əksikliyi (sərf azlığı) yarana bilər.

Bir çox tədqiqatların və istehsalat təcrübələrinin nəticələri göstərir ki, 1100 °C-dən yüksək temperaturda azotlanma, daxili nitridin formalaşması borunun xarici səthində (baca tərəfdə) baş verə bilər. Azot oksid təbəqəsinə nüfuz edir və nitridlərin çökməsi ilə xromla reaksiyaya girir. Azotlanma səbəbindən kobud tökmə səthi silinir və səth hamar görünüşlü olur. Nitridlər oksidlərin ovulmasına səbəb olur. Bunun nəticəsində soba döşəməsində qalınlığı 10–20 sm olan qalın oksid təbəqələri aşkarlana bilər. Bəzən buna oksid tökülməsi deyilir.

İfrat istiliyin digər bir forması austenit paslanmayan poladlarda həssaslaşmadır və bu dənə sərhədlərində xrom karbidlərinin çökməsi səbəbindən yarana bilər. Bu zaman onunla sərhəddə olan xrom zonası sürətli korroziyaya uğrayır. Həssaslaşma mexaniki xüsusiyyətlərə təsir göstərmir, amma Polition turşusu kimi aqressiv sulu mühitlərdə dənələrarası korroziya əmələ gətirə bilər. Poliamin turşusu hətta yüksək temperaturda hidrogen sulfidlə yüngül korroziyaya uğrayan avadanlıqlarda dayanıqlıq zamanı yarana bilər. Dəmir sulfid turşusu ilə reaksiyaya girərək, hava və nəmlə birləşir, dənələrarası korroziya və çatlar yaradır.

Eroziya 90 və ya 180° dirsəklərdə, Y-formalı hissələrdə müşahidə edilə bilər. Ən çox qəbul edilən nəzəriyyə eroziya kokslaşma zamanı sərt koks hissəciklərindən yaranır. Bəzi tədqiqatçılar hesab edirlər ki, bu eroziya normal istismar zamanı mövcud olan koks hissəciklərindən qaynaqlanır.

#### Soba borularının inspeksiya

Təcrübə göstərir ki, soba borusunun müayinəsi heç də asan məsələ deyil. Hər kəs çatların və ya sızmanın 100 % aşkar edilməsi üçün yoxlama metodu və ya müayinə cihazı axtarır. Soba borularını yoxlamaq üçün müxtəlif üsullar var. Onların vəziyyətini qiymətləndirərkən tək bir metodla potensial zərərləri aşkar etmək olmur və bu zaman optimal metodlar toplusu istifadə edilir. Borunun sobadan çıxarılmasını nəzərdə tutan müayinə metodları iqtisadi cəhətdən yararlı deyil. Çünki borunun sobadan çıxarılması və sonra nümunənin yenilənməsi çox bahalıdır [3].

**Vizual müayinə.** Görünən alov nümunələrinin vizual müayinəsi potensial problemli

sahələri göstərə bilər. Qeyri-sabit, balanssız alov zədələnmiş pərlərin, yanlış hava-yanacaq qarışığının, alov ucluğunda kokslaşmanın və sızan boruların əlaməti hesab olunur. Fasiləsiz alov qonşu boru divarlarına düşərək, isti ləkələrə və potensial qırılma sahələrinə səbəb ola bilər. Nəzarət pəncərələrindən görünən boru dəstəkləri kimi hissələrin hər hansı xarici boru asqı sistemi və kompensasiya qurğuları zədələnməmiş olmalarından əmin olmaq üçün yoxlanılmalıdır.

Borular qabarıqlığa, sallanmaya, əyilməyə, lokal rəng dəyişməsinə və sızmaya yoxlanılmalıdır. İsti nöqtələr alov düşməsi nəticəsində yarana bilər. Odadavamlı material çatlama, laylanma, eroziya və lokal rəng pozulması üçün vizual yoxlanılmalıdır. Zədələnmiş sahə yüksək temperatur üçün izlənilməli və növbəti planlaşdırılmış dayanma zamanı təmir üçün işarələnməlidir. Hər hansı isti nöqtəni aşkar etmək üçün xarici gövdəyə vizual baxış keçirilməlidir. Pirofiz sobalarının canlı monitorinqi üçün infraqırmızı termografiya istifadə edilir.

**Boru temperaturunun monitorinqi.** Boru zədələnmələri ən çox ifrat qızma səbəbindən baş verir. Buna görə də boru temperaturlarına axın zamanı diqqət yetirilməlidir. Boru temperaturlarının daimi qeydə alınması boruların qalan istismar müddəti və uyğun yoxlama intervallarının yaradılması üçün vacibdir. Boru temperaturunun monitorinqi üçün iki əsas sistem mövcuddur: təmas termocütləri və təmamsız pirometrlər. Onlar bir neçə məqsədə xidmət edir. Birinci səbəb-termocütlər temperaturun kəskin dəyişdiyi halda qeyri-normal iş haqqında xəbərdarlıq edə bilər. İkinci səbəb qalan sürünməlik müddətini hesablama və izləmə imkanını təmin edir. Sobanın yanma sektorunun əsaslı şəkildə monitorinqi üçün termocütlərin düzgün yerləşdirilməsi vacibdir.

Yararsız odluqlar və ya odluqların qeyri-bərabər yanması lokal isti zonaların yaranmasına və vaxtından əvvəl nasazlıqlara səbəb ola bilər. İnfraqırmızı müayinə metodu boru metalının lokal termocüt ilə əhatə olunmayan bölgələrdə temperaturlarını təyin edə bilər.

**Qalınlıq ölçmə.** Ultrasəs qalınlıq ölçmə ilanvari boruların müəyyən yerlərində, konveksiya bölmələrinin mümkün olan ekran boru və dirsəklərində aparılmalıdır. Soba borusunun müayinəsində son bir texnoloji inkişaf tipik 200-dən 300000-dək məlumat nöqtələrinin sayını artır

biləcək çox modullu piq (donuz) alətinin inkişafı oldu. Alət həm konveksiya, həm də əlvan hissələri yoxlamaq üçün istifadə edilə bilər. Bununla belə, ultrasəs yoxlama üçün istifadə edilən boruların içərisi əvvəl təmizlənməlidir.

**Boru böyümə ölçmələri.** İlanvari borular lokal qısamüddətli ifrat qızma, uzunmüddətli yüksək temperatura məruz qalma (sürünməlik), korroziya və ya eroziya ilə yeyilməyə məruz qaldıqda istilik artımı baş verə bilər. Qəbul edilən sürünməlik səviyyələrinə dayanan diaметр böyüməsinin maksimum limitləri müəyyən edilməli və oxumalar bu hədlərə görə nəzarət edilməlidir.

Son illərdə lazer texnologiyasına əsaslanan yoxlama üsulları sürətlə inkişaf edir. Borunun xarici və daxili diametrlərinin və uzanmanın lazer ölçü profilometrinin inkişafı əvvəlki ölçü metodlarının çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq üçün yeni bir təkən verdi. Sürünməliyin böyüməsini daqiq ölçmək və qeyd etməklə boruların vəziyyətini ilk gündən ölçmək mümkündür.

**Karbonlaşmanın qiymətləndirilməsi.** Karbonlaşma karbonun yüksək temperaturda karbonlu materialla təmaslı bərk polada diffuziyasıdır ki, nəticədə material kövrəkləşir. Austenit borular əsasən qeyri-mağnitik materialdır. Boruların karbonlaşmış sahələri maqnitləşir və bu sahələr böyük olduqda maqnit ilə aşkar edilə bilər. Maqnit axını karbonlaşmış sahələri göstərəcək, lakin karbonlaşmanın dərinliyi bu metodla təyin edilmir.

**Radiografiya müayinəsi.** Bu müayinə qaynaq tikişlərinin, boru və dirsəklərin yoxlanılması üçün istifadə oluna bilər. Divar qalınlığının yeyilməsi, çöküntülər, nöqtəvi korroziya, ovulma, daxili maneələr və s. göstərilməsini təmin edir. Dairəvi qızdırıcılarda rentgen filmi hər bir boru dəsti arxasına yerləşdirilə bilər və ya əymədə verilmiş yüksəklikdə mənbə mərkəzdə yerləşdirilə bilər. Daha sonra bütün boruları əhatə edən bir panoramik ekspozisiya etmək mümkündür. Borunun radiografiyası zamanı korroziya, çöküntü və ya koks borunun ən isti tərəfi olan yan tərəfində baş verəcəkdir. Əgər rentgen filmi horizontal bir boru üzərində çəkiləcəksə, film mümkün qədər horizontal müstəviyə yaxın yerləşdirilməlidir. Əldə edilən film boru divarının alov tərəfinin profilini və istilik mənbəyindən ən uzaq tərəfi göstərəcəkdir.

**Bərklik ölçmələri.** Mexaniki və elektron

bərklik sınaqları əsas metal, qaynaq tikişi və istidən təsirlənən zonaların bərkliyini müəyyən etmək üçün istifadə edilir. Elektron test cihazları nazik materiallarda təlimata uyğun istifadə edilməlidir, əks təqdirdə yanlış göstəricilər əldə edilə bilər. Bərklik sınaqları yalnız əsas materialın uyğunluğu müəyyən edildikdən sonra yerinə yetirilməlidir, çünki bəzi materiallar (məs: sementlənmiş, tökmə materiallar) zədələnmə bilər.

**Metal analizi və mexaniki sınaq.** İstismar müddətinin bitməsinə yaxınlaşan soba hissələri istifadə edilməklə materialın mexaniki və metalik bütövlüyünü qiymətləndirmək üçün hissələri ləğv etməyə və konstruksiyaya görə yerində qiymətləndirilə bilinməyən hissənin çıxarılmasına və sobanın ümumi vəziyyətinin təyin edilməsinə imkan verir. Nümunələrin əldə edilməsi üçün metallurgiya mülahizələrinə aşağıdakılar daxildir: şübhəli yüksək temperatur sürünməliyinin zədələnməsi, həssaslaşma, karbonlaşma, oksidləşmə, ovulma və s. Araşdırma dartılmaya sınaq, optik mikroskopiya, sınaq elektron mikroskopiya (SEM), enerji dispersiyası spektroskopiyası (EDS), X-ray diffraksiyası (XRD) analizləri vasitəsilə aparılır.

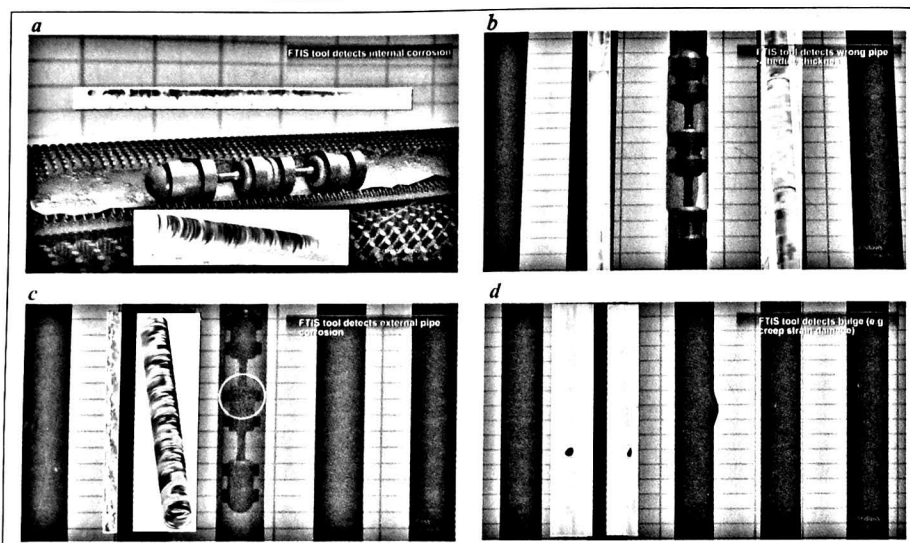
**Təzyiq testləri.** Sobanın istismara başlamasından əvvəl boru kəmərlərində təzyiq testi vizual müayinədə aşkar olunmayan hər hansı bir sızmanı aşkar edə bilər. Bütün təzyiq testlərində təhlükəsizlik tədbirləri, test təzyiqi və temperaturu, şaquli borularda su axının istiqamətlənməsi və s. nəzərə alınaraq yazılı bir prosedura uyğun olaraq həyata keçirilməlidir.

**Ultrasəs müayinəsi.** Austenit poladlarda qaynaq tikişləri anizotrop strukturda malikdir. Austenit kristal dənələri qaynaq oxuna perpendikulyar və qaynaq doldurulması ilə istilik uzaqlaşdığı istiqamətdə böyüyür. Sonuncu qaynaq qatının qoyulması zamanı əvvəlki qatlardan kristalların böyüməsi davam edir. Nəticədə bütün qaynaq qatlarını keçən sütunvari kristallar yaranır (transkristallit struktur).

Kristalda dalğanın istiqamətindən asılı olaraq səs sürəti uzununa dalğalarda  $\pm 15\%$ , eninə dalğalarda  $\pm 35\%$  dəyişir. Həmçinin dalğanın sönmə əmsalı dəyişir. Nəticədə bütün qaynaq olunmuş metalda transkristallit strukturun akustik xassələrində dəyişmələr müəyyən edilir. O tamamilə anizotrop olur. Bu qaynaq tikişi təsadüfi dənə yerləşməli iridənəli izotrop mühitdən fərqlənir.



Nəzarət metodu	Qalınlıq aralığı, mm	Nəzarət parametrləri		Nəzarət xüsusiyyətləri
		Tezlik, MHz	Bucaq, dər.	
Eninə dalğalarla	2-10	5.0	70-75	Adi və ya xüsusi cüt kristallı problemlər
Uzununa dalğalarla	10 və yuxarı	1.8-2.5	50-70	Xüsusi cüt kristallı problemlər



Şəkil 4. Radiant borularda zədələnmələrin FTIS aləti ilə təyin edilməsi:

a – daxili korroziya; b – qalınlıq fərqi; c – xarici korroziya; d – qabarıq və ya çöküklər (sürünməlik zədələnməsi)

Ultrasəs dalğalarının austenit qaynaq tikişinə keçidi və yayılmasına təsir edən əsas faktorlar: dənə ölçüsü (austenit kristalın ölçüsü), austenit kristalların böyümə istiqaməti, ferritin miqdarı və onun qaynaq kəsiyi üzrə paylanması, karbidin miqdarı və onun yerləşməsi, intermetallidlər, mikroçatlar və mikroparçalanmalar, qaynaq ətrafı zonada dənə ölçüsüdür. Ultrasəsin austenit qaynaq tikişlərinin müayinəsi zamanı yayılması əsasən kristalın, ərimə metallarının sərhədlərində baş verir (cədvəl).

Neft-kimya sənayesinin vacib sahələrindən olan piroliz sobalarının ilanvari borularının Ultrasəs müayinəsi üçün "Quest Integrity" firmasının istehsal etdiyi FTIS (Furnace Tube Inspection System) piq (donuzcuq) alətləri istifadə edilə bilər. Həmin cihazlar müasir texnologiyada modern cihazlardır. FTIS radiant boruların daxilinə yerləşdirilməklə su axını ilə hərəkət etdirilir. Bu alətlərin üstünlüyü borunun daxili və xarici səthində baş verə biləcək zədələnmələrin 3D görüntülü təqdim edilməsidir (şəkil 4).

#### Nəticə

Texnoloji sobalar neft-kimya sənayesindəki

mühüm komponentlərdir və proses avadanlıqlarının zərərinin qiymətləndirmələri təhlükəsiz, yüksək effektiv və uzunmüddətli işin təmin edilməsi üçün böyük əhəmiyyətə malikdir. Bu yüksək temperaturlu həcmərin müayinəsinin ənənəvi üsulları yüksək səviyyəli subyektiv analizlərə və ya termocütün qeyri-dəqiq məlumatlarına əsaslanır. Boruların istismarının vaxt aralığının dəyişdirilməsi, emal sənayesində xərclərin azaldılması və məhsuldarlığın təmin edilməsi vacibdir.

Sobanın etibarlılığı dövrü daxili yoxlamalar və müntəzəm monitorinqlərdən asılıdır. Boruların yoxlanmasının bu üsulları onların vəziyyətinə dair məlumatların toplanmasına kifayət qədər kömək göstərir. Tipik yoxlama proqramlarına yanma kamerasının, gövdə və komponentlərin xarici vizual müayinəsi, boruların və qızdırıcı gövdənin infraqırmızı istilik müayinəsi və boru səthinin termocüt müayinələrini əhatə edir. Müayinədən əvvəl yoxlama üçün lazım olan vasitələrin mövcudluğu, düzgün iş şəraiti və dəqiqliyi yoxlanmalıdır.

#### Ədəbiyyat siyahısı

1. Quliyev A.Ə. Xüsusi fiziki-kimyəvi xassəli materiallar. – Bakı: ADNSU, 2016, s. 96.
2. Al-Meshari A., Al-Rabie M., Al-Dajane M. Failure Analysis of Furnace Tube // Journal of Failure Analysis and Prevention, 2013, № 13, pp. 282-291.
3. Reihani A., Razavi S.A., Abbasi E., Etemadi A.R. Failure analysis of welded radiant tubes made of cast heat-resisting steel // Journal of Failure Analysis and Prevention, 2013, pp. 186-192.
4. Jakobi and Gommans. Typical failures in pyrolysis coils for ethylene cracking // Materials and Corrosion, 2003, № 11, p. 54.