

NERŪDIJANČIOJO PLIENO X8CrNiTi18–10 SUVIRINTŲJŲ JUNGČIŲ ĮTAKOS VAMZDŽIŲ EKSPLOATACINIAM PATIKIMUMUI TYRIMAS

Raimondas Skindaras¹, Jonas Bendikas², Vigantas Kumšlytis³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹Raimondas.Skindaras@vgtu.lt; ²Jonas.Bendikas@vgtu.lt; ³Vigantas.Kumšlytis@vgtu.lt

Santrauka. Chemijos ir energetikos pramonėje iš austenitinės klasės chromnikelinių nerūdijančių plienų dažnai gaminamos svarbios konstrukcijos, naudojamos agresyviuose ir pavojingose žmogaus gyvybei aplinkose, todėl joms keliami ypač aukšti ilgaamžiškumo ir patikimumo reikalavimai. Pateikiamas iš chromnikelinio austenitinės klasės X8CrNiTi18-10 plieno vamzdyje atsiradusių įtrūkių tyrimas. Šis vamzdis 90 000 valandų buvo naudotas agresyvioje terpėje, veikiant aukštai temperatūrai ir slėgiui. Įtrūkių atsiradimo priežastims nustatyti buvo atlikti cheminės sudėties, stiprumo, kietumo bandymai ir metalografiniai struktūrų tyrimai. Šie bandymai ir tyrimai padės užkirsti kelią galimoms avarijoms, tiksliau prognozuoti ir įvertinti vamzdių, pagamintų iš šios klasės plieno, eksploatacinį patikimumą ir ilgaamžiškumą ateityje.

Reikšminiai žodžiai: X8CrNiTi18–10, įtrūkiai, austenitinis plienas.

Įvadas

Tiriamasis objektas sudarytas iš dviejų tarpusavyje suvirintų austenitinės klasės vamzdių. Prie senojo Ø 219×8 mm vamzdžio, naudoto 90 000 valandų, privirintas naujas Ø 219×10 mm vamzdis. Vamzdyno metalą eksploatuojant veikia termomechaninės apkrovos ir koroduojanti agresyvi aplinka. Terminės apkrovos sukelia nuolatinę aukštą 450 °C temperatūrą, mechanines apkrovas – darbinės terpės slėgis sistemos viduje, lygus 4–6 MPa. Esant tokioms eksploatacinėms sąlygoms dažnai susiduriama su labai aktualia problema – įtrūkių susidarymu. Šis tyrimas padės tiksliau prognozuoti ir įvertinti vamzdių, pagamintų iš šios klasės plieno, eksploatacinį patikimumą ir ilgaamžiškumą ateityje. Norint įvertinti įtrūkių atsiradimo priežastis, buvo atlikti cheminės sudėties, mechaninių savybių, kietumo bandymai bei metalografiniai struktūrų tyrimai.

Ilgą laiką naudojant vamzdynus, atsiranda nedidelių pakitimų: mažėja vamzdyno sienelių storis, vyksta struktūriniai plieno pokyčiai ir virsmai, sukelti mechaninių savybių pablogėjimą, medžiagos degradaciją, ir panašiai. Austenitiniai plienai yra gausiai legiruoti chromu, nikeliumu ir kitais elementais. Iš ilgą laiką aukštoje temperatūroje laikytame tokiam pliene ant grūdelių ribų, ypač jų sandūroje, išsiskiria chromo karbidai ar kitokie junginiai. Tai sukelia tarpkristalinę koroziją, kuri grūdelių ribomis plinta į medžiagos gilumą. Šie korozijos produktai silpnina arba visai suardo tarpatominius ryšius tarp grūdų. Suiurus tarpgrūdeliniam ryšiui susidaro papildomi įtempiai,

lengviau deformuojantys medžiagą, ir susidaro įtrūkiai. Titanu stabilizuotuose plienuose įtrūkiai susidaro lengviau, ypač terminio poveikio zonose. Į visa tai bus kreipiama daugiausia dėmesio tiriant įtrūkių susidarymo priežastis vamzdyje.

Tyrimo metodika

Bandymai atlikti su senojo ir naujojo vamzdžio medžiagomis. Įtrūkių atsiradimo priežastims tirti atlikti šie bandymai:

- Suvirintųjų vamzdių bandymas skvarbiaisiais dažalais paviršiaus defektams nustatyti pagal LST EN 10246–11:2001 „Neardomasis plieninių vamzdių bandymas. 11-oji dalis. Besiūlių ir suvirintų plieninių vamzdių bandymas skvarbiaisiais skysčiais paviršiaus defektams išaiškinti“, LST EN 571–1:1998 „Neardomasis bandymas. Bandymas skvarbiaisiais dažalais. 1-oji dalis. Bendrieji principai“ (1 pav.).
- Cheminės sudėties tyrimas ir atitikimo įvertinimas pagal GOST 5632–61, LST EN 10297–2:2005.
- Tempimo bandymas pagal LST EN 10002–1:2003 „Metalai. Tempimo bandymas. 1-oji dalis. Bandymo metodas aplinkos temperatūroje“, LST EN 10002–5:2000 „Tempimo bandymas. 5-oji dalis. Aukštatempatūrinio bandymo metodas“.
- Smūginio tūsumo bandymas atliktas pagal LST EN 10045–1:1998 „Metalinės medžiagos. Šarpio smūginio tūsumo bandymas. 1-oji dalis. Bandymo metodas“, LST EN 875:1998 „Metalinės medžia-

gos. Ardomieji siūlių bandymai. Smūginio tašumo bandymai. Bandinių vieta, įpjovos orientacija ir tyrimas“. Smūginio tašumo bandymas buvo atliktas taikant Šarpio metodą, naudojant 300 J smūgio jėgą, 0–20 °C temperatūroje. Bandinių matmenys – 10×10×55 mm su „V“ formos 2 mm gylio įpjova.

- Kietumo bandymai atlikti taikant Brinelio ir Vickerso metodus pagal LST EN 1043–1:1998 „Metalinės medžiagos. Virintinių siūlių ardomieji bandymai. Kietumo bandymas. 1-oji dalis. Lankinio suvirinimo sujungimų kietumo bandymas“, LST EN ISO 6506–1:2006 „Metalai. Brinelio kietčio nustatymas. Bandymo metodas“, LST EN ISO 6507–1:2006 „Metalai. Vickerso kietčio nustatymas. Bandymo metodas“.
- Mikrokietumo bandymas pagal LST EN 1043–2:1998 „Metalinės medžiagos. Virintinių siūlių ardomieji bandymai. Kietumo bandymas. 2-oji dalis. Suvirintų sujungimų mikrokietumo bandymas“, LST EN ISO 6507–1:2006 „Metalai. Vickerso kietčio nustatymas. Bandymo metodas“.
- Makroskopinis ir mikroskopinis medžiagos tyrimas pagal LST EN 1321:1998 „Metalinės medžiagos. Ardomieji siūlių bandymai. Siūlių makroskopinis ir mikroskopinis tyrimas“.
- Skaičiavimai baigtinių elementų metodu naudojant ANSYS programinį paketą.

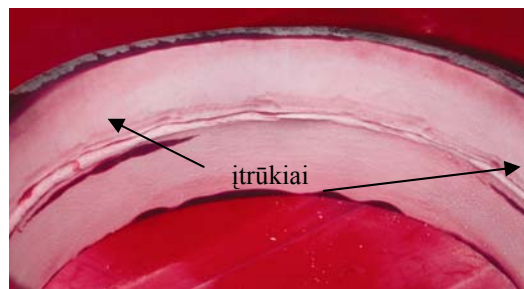
Tyrimų rezultatai

Bandymo skvarbiaisiais dažalais metu nustatyta tiksli įtrūkių forma ir vietos. Nustatyta įtrūkių atsiradimo vieta – senojo vamzdžio terminio poveikio zonoje, statmenai vamzdžio ašies. Iš viso aptikti keturi įtrūkiai, kurių ilgis siekia iki 10 cm.

1 lentelė. Cheminė sudėtis

Table 1. Chemical composition

Elementas	Al	C	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	S	Si	Ti	V	Fe
Senas vamzdis	0,058	0,044	17,28	0,070	1,71	0,20	0,008	11,06	0,026	0,009	0,32	0,30	0,035	Likusi dalis
Naujas vamzdis	0,060	0,067	17,00	0,230	1,21	0,19	0,016	9,87	0,035	0,015	0,47	0,58	0,030	Likusi dalis
X8CrNiTi18–10 (GOST 5632–61)	–	<0,08	17,0–19,0	–	1,0÷2,0	–	–	9,0–11,0	<0,035	<0,020	<0,80	5x%C	–	–
LST EN 10297–2:2005 X8CrNiTi18–10	–	<0,08	17–19	–	<2,0	–	–	9,0–11,0	<0,045	<0,03	0,8	5x%C C<0,7	–	–



1 pav. Įtrūkių vietos ir formos nustatymas skvarbiaisiais dažalais senajame vamzdyje

Fig. 1. Identification of crack location and form in the old pipe with using penetrant testing (PT) inspection

Ilgą laiką aukštoje temperatūroje ir agresyvioje terpėje naudojant austenitinius plienus vyksta mechaninių savybių degradacija, bet dažniausiai atliekant mechaninius bandymus to nepastebima, nes degradacijos procesas nebūna labai pažengęs ir plienas atitinka minimalius norminių dokumentų mechaninių savybių reikalavimus. Todėl, norint nustatyti įtrūkių susidarymo priežastis, turi būti daug skiriama dėmesio mikrostruktūrai ir cheminei sudėčiai tirti. Sumažėjęs legiravimo elementų ar padidėjęs kenksmingų priemaišų kiekis (gaminant vamzdžius) metale gali sukelti įtrūkių susidarymą ir katastrofinę konstrukcijos irimą. Cheminė sudėtis tirta naudojant „ArcMet Spark“ spektrometrą. Bandymo rezultatai pateikti 1 lentelėje.

Atlikus cheminės sudėties tyrimus nustatyta, kad abiejų austenitinės klasės vamzdžių, pagamintų iš X8CrNiTi18–10 plieno, cheminė elementų sudėtis atitinka medžiagų standartus. Lyginant senojo ir naujojo vamzdžio cheminę sudėtį tarp legiravimo elementų kiekio didelio skirtumo nėra, išskyrus vario (Cu 0,23 % ir 0,070 %) kiekį.

Tačiau standarte jo kiekis nereglamentuotas, todėl šis faktorius nėra esminis. Šis bandymas paneigė teiginį, kad įtrūkiai galėjo atsirasti dėl sumažėjusio legiravimo elementų kiekio ilgai naudotame senajame vamzdyje.

Tempimo bandymas atliktas (2 lentelė) esant skirtingoms temperatūroms. Nustatyta takumo riba, stiprumo riba ir santykinis pailgėjimas. Bandymui naudota „Instron 1115“ statinio bandymo mašina. Pradinis Ø 4 mm bandinių deformavimosi greitis bandymo metu – $4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

2 lentelė. Mechaninių savybių bandymo rezultatai

Table 2. Mechanical properties test results

Elementas	Temp., °C	R _{p0,2} , MPa	R _m , MPa	A5, %
Senas vamzdis	20	254	566	62,3
	440	172	410	36,7
	750	131	200	36,9
Naujas vamzdis	20	460	655	62,2
	440	369	494	30,6
	750	280	332	21,6
X8CrNiTi18–10 (GOST 5632–61)	20	>216	>490	40

Tempimo bandymas parodė didelį mechaninių savybių skirtumą tarp senojo ir naujojo vamzdžio medžiagos. Stiprumo savybių sumažėjimas rodo ilgai naudotos medžiagos degradaciją. Agresyvi aplinka ir aukšta temperatūra per ilgą laiką sukelia struktūros pokyčius, auga grūdėliai, chromo karbidai difunduoja į grūdelių pakraščius, jungiasi į karbidų kolonijas, dėl to susilpnėja austenitinis plienas. Tačiau gauti rezultatai atitiko standarte reglamentuojamas vertes.

Smūginio tašumo bandymas atliktas taikant Šarpio „V“ formos įpjovą (3 lentelė). Bandymo metu naudota 300 J smūgio energija esant 0–20 °C temperatūrai. Bandinių matmenys 10x10x55 mm su „V“ formos 2 mm gylio įpjova. Gauti rezultatai parodė, kad seno vamzdžio smūginis tašumas 175 J mm² didesnis, negu reglamentuoja standartas, ir tai negalėjo turėti įtakos įtrūkių atsiradimui.

Kietumo bandymai atlikti naudojantis „Krautkramer TIV“ kietumo matavimo matuokliu, remiantis Vikerso ir Brinelio metodais. Gauti senos medžiagos tyrimo rezultatai neviršija nei didžiausių, nei mažiausių kietumo reikšmių, kurias reglamentuoja GOST 5632–61. Per didelis kietumas ir sumažėjęs plastiškumas, ypač terminio poveikio zonoje, galėjo sukelti įtrūkių atsiradimą medžiagoje.

Kietumo tyrimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Mikrokietumo bandymas atliktas remiantis Vikerso metodu esant 200 g apkrovai (HV_{0,2}), naudojant „ZHV 10“ matuoklį. Toliau pateikti rezultatai matuojant išilgai vamzdžio ašies ir išilgai sienelės storio (2 ir 3 pav.). Pastarasis matavimas atliktas matuojant nuo vidinio paviršiaus į išorinį.

3 lentelė. Smūginio tašumo bandymo rezultatai

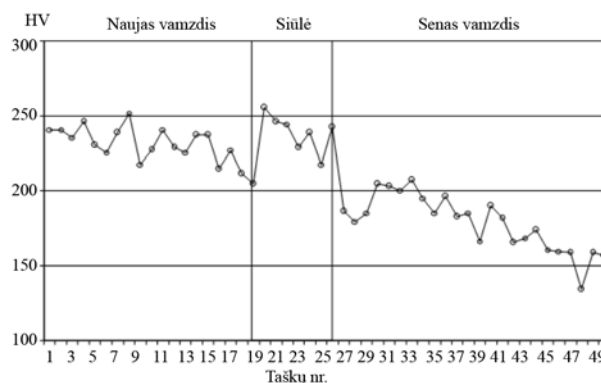
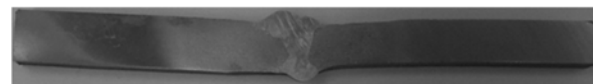
Table 3. Impact resistance test results

Elementas	Temperatūra, °C	Smūgio darbas KV, J	Suardymo energija KV, J	Smūginis tašumas KV, J/mm ²
Senas vamzdis	20	76	140	175
		75		
	0	30	61	76
		31		
Naujas vamzdis	20	57	116	145
		59		
	0	25	51	64
		26		
X8CrNiTi18–10 (GOST 5632–61)	20	–	–	128

4 lentelė. Kietumo bandymo rezultatai

Table 4. Hardness test results

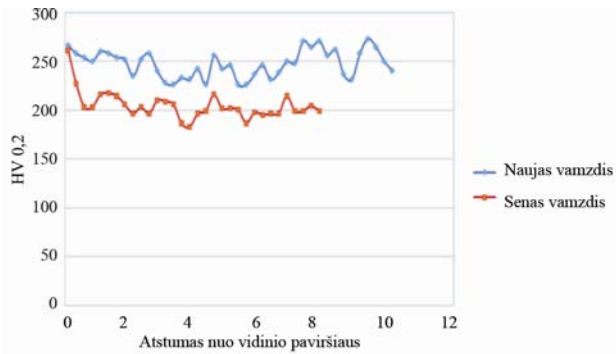
Elementas	Kietumas HV	Kietumas HB
Senas vamzdis	179	170
Seno vamzdžio terminio poveikio zona	174	167
Naujas vamzdis	272	258
Naujo vamzdžio terminio poveikio zona	255	247
X8CrNiTi18–10 (GOST 5632–61)	135–218	128–207



2 pav. Mikrokietumas išilgai vamzdžio ašies

Fig. 2. Microhardness on the section along the pipe axis

Iš gautų rezultatų matyti, kad dėl medžiagos degradacijos ir struktūrinių pokyčių senojo vamzdžio mikrokietumas labai sumažėjęs. Analizuojant matavimus išilgai vamzdžio ašies pastebėtas didesnis siūlės kietumas, kuris po suvirinimo terminio poveikio zonoje sumažėjo, lyginant su pagrindinės medžiagos kietumu. Matuojant išilgai senojo vamzdžio sienelės storio akivaizdžiai matomas didesnis kietumas – iki 0,5 mm nuo vidinio paviršiaus.



3 pav. Mikrokietaumas išilgai vamzdžio sienelės storio

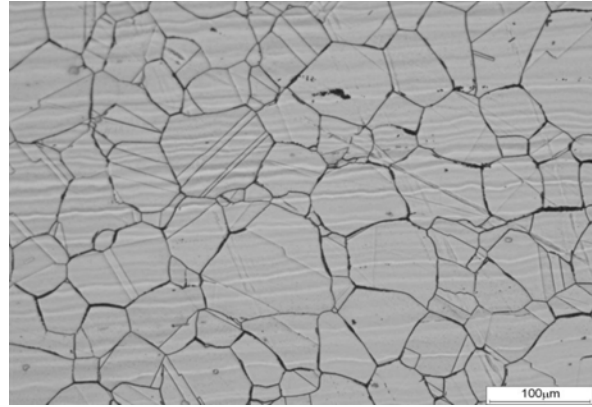
Fig. 3. Microhardness variations along the pipe thickness

Padidėjusį mikrokietaumą lėmė vidinius paviršius veikusi agresyvioji terpė, slėgis ir temperatūra. Mikrostruktūros tyrimai bus aptariami toliau straipsnyje nagrinėjant įtrūkių atsiradimo priežastis.

Įtrūkių susidarymo priežastims nustatyti buvo atlikti išsamūs plieno struktūros tyrimai. Mikrostruktūros tirtos naudojant „Nikon“ mikroskopą. Atliekant tyrimą bandinių paviršiai šlifuoti abrazyviniu popieriumi, poliruoti ir ėsdinti su $Mi16Fe$ reagentu, kad išryškėtų medžiagos mikrostruktūra. Šio tyrimo tikslas – atlikti kokybinį medžiagos mikrostruktūros įvertinimą.

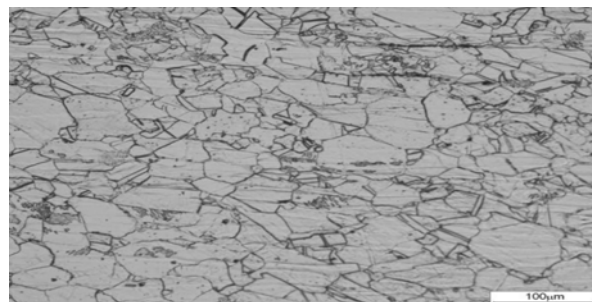
Iš gautų struktūrų matyti (4–11 pav.), kad tai tipiškos austenitinio plieno mikrostruktūros. Jas palyginus išryškėja, kad seno vamzdžio struktūra yra vienfazė, grūdai stambesni. Dėl didelio grūdelių dydžio lengviau plinta ir susidaro struktūriniai mikroįtrūkiai. Grūdelių ribos yra stipresnės už pačius grūdelius. Kuo pliene grūdėliai smulkesni, tuo didesnė tūrio dalis metale tenka grūdelių riboms, didesnė metalo takumo riba, smūginis našumas, ir priešingai. „S–5500“ modelio mikroskopu gautos mikrostruktūros rodo tipišką užterštos medžiagos, ilgą laiką naudotos aukštoje temperatūroje, struktūrą. Puikiai išsiskiria dislokacijų linijos, įvairių priemaišų ir karbidų išsidėstymas grūdų ribose, chaotiškai išsibarstę chromo karbidai, tarpgrūduliniai mikronevientisumai. Agresyvi aplinka ir aukšta temperatūra per ilgą naudojimo laiką sukelia struktūros pokyčius: auga grūdėliai, chromo karbidai difunduoja į grūdelių pakraščius, jungiasi į karbidų kolonijas, smulkių, dispersiškų karbidų grūdeliuose beveik nelieka.

Toliau mikrostruktūros buvo tiriamos atlikti naudojant „S–2600“ modelio „Hitachi“ mikroskopą. Iš bandinių, padarytų šalia įtrūkio vietos, matomi išilgai grūdų ribų besiformuojantys mikroplyšiai. Grūdų ribose kaupiasi chromo karbidai, nitridai ir kiti metališkieji junginiai, kurie laikui bėgant ir sukelia tarpkristalinę koroziją.



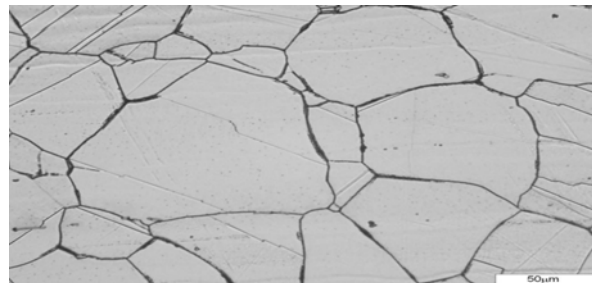
4 pav. Seno vamzdžio mikrostruktūra

Fig. 4. Old pipe material microstructure



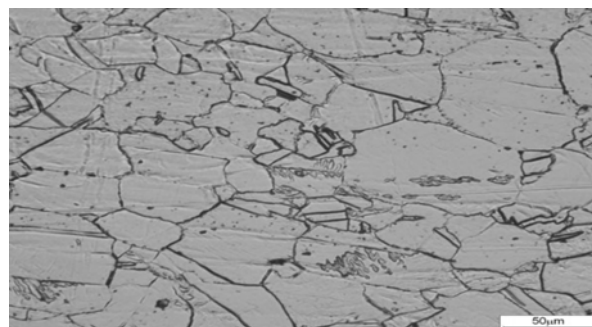
5 pav. Naujo vamzdžio mikrostruktūra

Fig. 5. New pipe material microstructure



6 pav. Seno vamzdžio mikrostruktūra

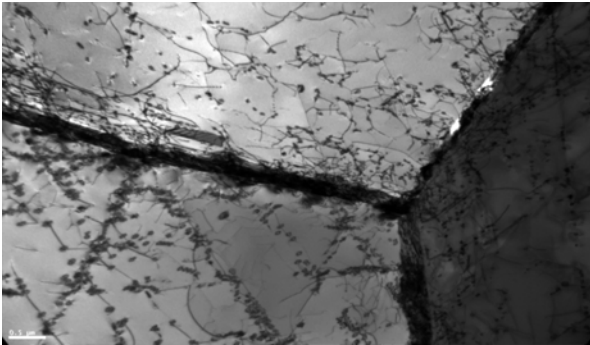
Fig. 6. Old pipe material microstructure



7 pav. Naujo vamzdžio mikrostruktūra

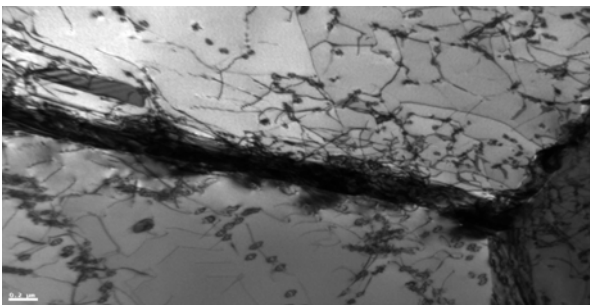
Fig. 7. New pipe material microstructure

Struktūros, gautos tiriant su „S-5500“ modelio „Hitachi“ mikroskopu:



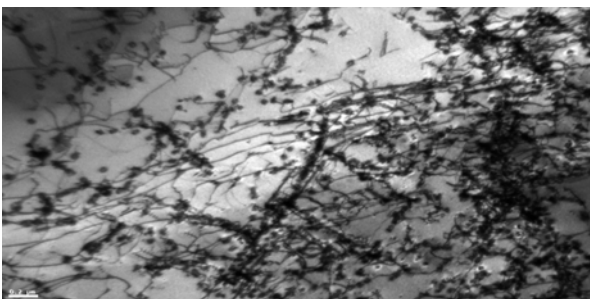
8 pav. Seno vamzdžio struktūra, padidinta 25 000 kartų

Fig. 8. Old pipe material microstructure, enlargements ranged 25 000 times



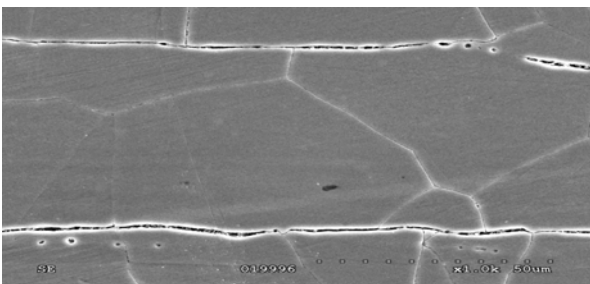
9 pav. Seno vamzdžio struktūra, padidinta 50 000 kartų

Fig. 9. Old pipe material microstructure, enlargements ranged 50 000 times



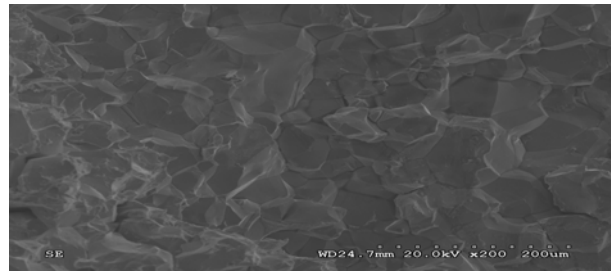
10 pav. Seno vamzdžio struktūra, padidinta 50 000 kartų

Fig. 10. Old pipe material microstructure, enlargements ranged 50 000 times



11 pav. Besiformuojantys įtrūkiai senajame vamzdyje išilgai pagal grūdų ribas

Fig. 11. Cracks along the grain border visible on the cross-section of the metallographic specimen



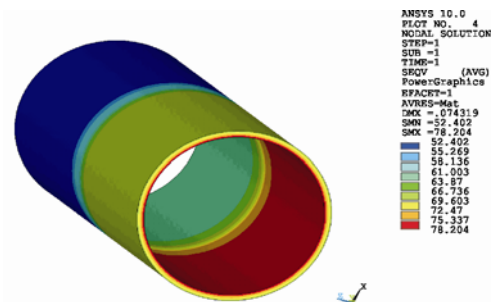
12 pav. Įtrūkio paviršiaus topografija, padidinta 200 kartų

Fig. 12. Crack surface topography, enlargements ranged 200 times

Pateiktoje nuotraukoje (12 pav.) matyti tipiškas dėl tarpkristalinės korozijos atsiradęs įtrūkis. Aiškiai matomi mikroplyšiai ir jų plitimas pagal grūdų ribas.

Atlikti matematiniai skaičiavimai baigtinių elementų metodu įrodė, kad geometrinis vamzdžių nesutapimas neturėjo įtakos įtrūkiams atsirasti. Gauti rezultatai parodė, kad didžiausi veikiantys įtempiai yra apskritiminiai.

Matematinis modeliavimas baigtiniais elementais buvo atliktas neatsižvelgiant į rumbelės aukštį. Vidinius vamzdžių paviršius veikia 6,4 MPa apkrova. Tai darbinis slėgis, veikiantis eksploatacijos metu.



13 pav. Suminiai įtempiai

Fig. 13. Reduced stress

Tiriant nustatyta, kad įtrūkiai (13 pav.) susidarė dėl tarpkristalinės plieno korozijos. Kietajame tirpale sumažėjus chromo kiekiui iki 12 %, plienas netenka korozinio atsparumo. Grūdelių paviršiuje išsiskyrę chromo karbidai sukelia liekamuosius įtempius, mažinančius korozinį atsparumą. Chromo karbidai išsiskiria tik pliene, ilgą laiką veikiamame aukštos 500–700 °C temperatūros ir agresyvios terpės. Nagrinėjamu atveju medžiagos eksploataavimo temperatūra buvo 450 °C ir tai neturėjo sukelti tarpkristalinės korozijos. Iš to galima daryti išvadą, kad eksploataavimo metu nusižengta šiam temperatūros režimui. Kaip minėta anksčiau, nuo 500 °C susidaro sąlygos plisti tarpkristalinei korozijai. Tai turėjo įtakos vamzdžio eksploatacijos minimaliam 100 000 valandų projektiniam ilgaamžiškumui. Buvo dirbta 90 000 valandų. Siekiant

ateityje išvengti panašių problemų, brangaus vamzdynų remonto, norint pratęsti naudojimo laiką, siūloma įdiegti sienelių temperatūros matavimo prietaisus. Ypač rekomenduojama įdiegti šiuos prietaisus tiems nerūdijantiems austenitinės klasės vamzdynams, kurių darbo temperatūra artima 500 °C. Taip bus išvengta sienelių perkaitinimo ir pavojingos tarpkristalinės korozijos.

Išvados

1. Bandymo skvarbiaisiais dažalais metu buvo nustatyta tiksliai įtrūkių forma ir susidarymo vieta – terminio poveikio zona.
2. Atlikus cheminės sudėties tyrimus nustatyta, kad abiejų austenitinės klasės vamzdžių, pagamintų iš X8CrNiTi18–10 plieno, cheminė elementų sudėtis atitinka medžiagų standartus.
3. Tempimo bandymas parodė didelį senojo ir naujojo vamzdžio medžiagos mechaninių savybių skirtumą: seno vamzdžio $R_{p0,2} = 254$ Mpa, $R_m = 566$ Mpa, naujo vamzdžio $R_{p0,2} = 460$ Mpa, $R_m = 655$ Mpa. Stiprumo savybių sumažėjimas rodo ilgai naudotos medžiagos degradaciją, tačiau gautos vertės nebuvo mažesnės, negu reglamentuoja standartas.
4. Smūginio tašumo bandymo rezultatai parodė aukštas vertes, gautas matuojant kambario temperatūroje: seno vamzdžio $KV = 175$ J/mm². Standarte nurodyta ne mažiau kaip 128 J/mm².
5. Pagrindinės medžiagos ir terminio poveikio zonos kietumo bandymo rezultatai neviršija standarte nurodytų verčių, todėl įtrūčiai negalėjo susidaryti dėl metalo plastiškumo sumažėjimo.
6. Mikrostruktūrų tyrimais ilgą laiką aukštoje temperatūroje eksploatuotame pliene nustatyta, kad įtrūčiai susidarė dėl tarpkristalinės plieno korozijos. Nustatyti chromo karbidai, išsiskyre ant grūdelių ribų (ypač jų sandūroje), dislokacijų linijos ir kiti junginiai. Grūdelių paviršiuje išsiskyre chromo karbidai sukėlė liekamuosius įtempimus, mažinančius korozinį atsparumą.

Tai lėmė tarpkristalinę koroziją, kuri plito grūdelių ribomis į medžiagos gilumą. Šie korozijos produktai susilpnino ir visai suardė tarpatominius ryšius tarp grūdų. Taip pradėjo formuotis mikroįtrūčiai. Visiškai suirus tarpgrūdelinei ryšiui susidarė papildomi įtempiai, kurie deformavo medžiagą, dėl to senajame vamzdyje atsirado įtrūkių.

7. Atlikti matematiniai skaičiavimai baigtinių elementų metodu parodė, kad didžiausi veikiantys įtempiai vamzdyje yra apskritiminiai. Tai paspartino įtrūkių susidarymą statmenai vamzdžio ašies.

Literatūra

- ASM Handbook. Metallography and structures* 9. 2000. USA, *Journal of materials research* 23(1). 2008.
- Kulikauskas, L. 1997. *Medžiagotyra. Konstrukcinės medžiagos*. Vilnius: Technika.
- Metals Handbook. Atlas of Microstructures of Industrial Alloys* 7. 2000. USA.
- Valiulis, A. V. 2007. *Legiruotieji plienai ir jų suvirinimas*. Vilnius: Technika.

THE IMPACT OF THE WELDED JOINTS MADE OF X8CrNiTi18–10 STAINLESS STEEL ON THE RELIABILITY ESTIMATION OF PIPES

R. Skindaras, J. Bendikas, V. Kumšlytis

Abstract

The chrome-nickel stainless steels of austenitic class applied in chemistry and energy industry are often used in the production of exceptional structures employed in an environment aggressive and dangerous for human life. Therefore, it is particularly significant for durability and reliability requirements. The article explores cracks that appeared in a tube made of X8CrNiTi18–10 austenitic steel. The examined pipe has worked for 90 000 hours under high temperature and pressure in an aggressive media. To establish reasons for developed cracks, chemical composition, strength, hardness testing and metallographic structures have been examined. The performed investigations will prevent from potential emergencies and help with a more accurate assessment of the pipes made of particularly this class of steel in order to ensure operational reliability and durability in the future.

Keywords: X8CrNiTi18–10, cracks, austenitic steel.