

PRZYCZYNY KOROZJI RUROCIĄGU STALOWEGO STOSOWANEGO DO ZATŁACZANIA WÓD ZŁOŻOWYCH

Robert Jachym¹, Piotr Gotkowski¹, Jarosław Gazdowicz²

¹ Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa

² Łukasiewicz - Instytut Metalurgii Żelaza

Podczas eksploatacji złóż ropy i gazu ziemnego jako produkt uboczny powstają silnie zmineralizowane wody złożowe, w których zawartość związków chemicznych w nich rozpuszczonych waha się w szerokim zakresie, a ich chemiczny charakter zależy od charakterystyki kolektora i często jest zmienny w czasie. Pod względem chemicznym wody złożowe są na ogół wysoko zmineralizowanymi solankami chlorkowo-sodowymi. Oprócz jonów sodu, potasu, magnezu, wapnia oraz jonów chlorkowych, siarczanowych i węglanowych, wody złożowe zawierają zwykle w ilościach śladowych jony innych pierwiastków, takich jak: rad, stront, miedź, brom, jod, mangan, żelazo, rtęć, ołów itp. Do wód złożowych wprowadzane są dodatkowo zanieczyszczenia w postaci środków chemicznych wspomagających proces eksploatacji, takie jak: metanol, glikole, detergenty, inhibitory korozji, wydzielania parafiny, itp.

Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań był fragment rurociągu stalowego preizolowanego o średnicy $\varnothing 80$ mm do zatłaczania odpadów, wykonanego ze stali L360NB (PN-EN 10208-2:2011) (rys. 1a). Celem prowadzonych badań było określenie przyczyn występowania nieszczelności w rurociągu do zatłaczania odpadów (rys. 1b).



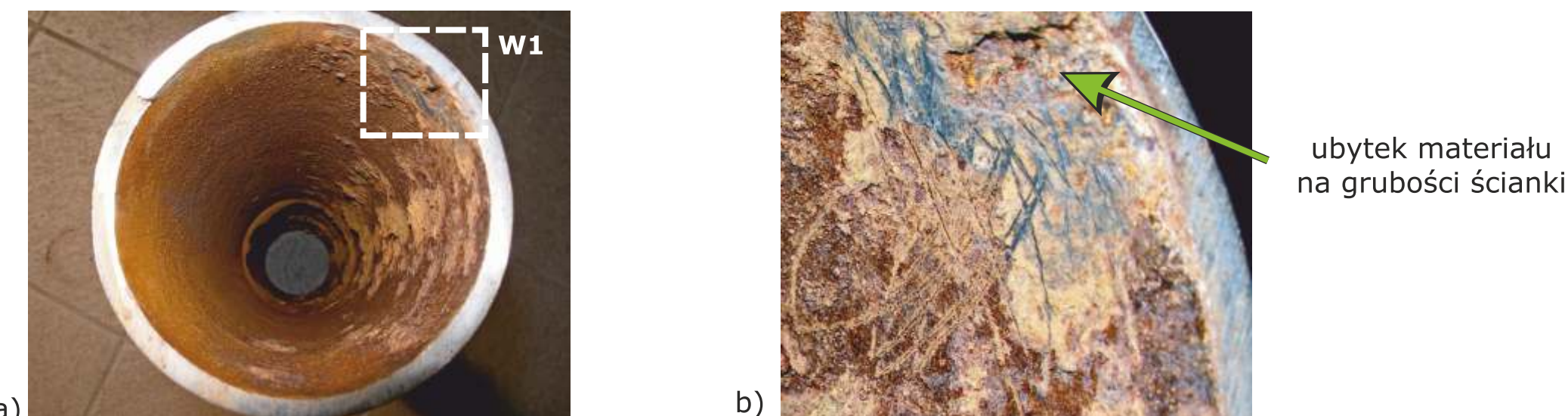
Rys. 1. Fragment rurociągu DN 80 (a), widoczne uszkodzenie ścianki rury (b)

Badania wizualne fragmentu rurociągu

W ramach prowadzonych prac wykonano badania wizualne miejsca uszkodzenia rurociągu (rys. 2a). Średnica otworu znajdującego się w materiale rury wynosiła około 9,0 mm. Na ściankach wewnętrznych rury widoczne były rdzawe osady (rys. 2b, 3a) pod powierzchnią których wykryto występowanie ubytków materiału rury (rys. 3b). Przykładowy widok ubytku przedstawiono na rysunku 3b.



Rys. 2. Uszkodzenie rurociągu DN 80 widok zewnętrzny (a), widok od strony wnętrza rury (b)



Rys. 3. Widok ogólny powierzchni wewnętrznych rurociągu DN 80 (a), fragment powierzchni z widocznym ubytkiem materiału (b)

Analiza składu chemicznego fragmentu rurociągu

Pierwiastek	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	Ti
L360NB	0,13	1,02	0,20	0,016	0,007	0,05	0,04	0,01	0,07	0,028	0,003	0,003
Wymagane dla L360NB*	$\leq 0,2$	$\leq 1,6$	$\leq 0,45$	$\leq 0,025$	$\leq 0,02$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	$\leq 0,1$	$\leq 0,25$	0,015	$\leq 0,1$	$\leq 0,4$
										0,06		

* skład chemiczny stali L360NB wg wymagań normy EN 10208-2:2011 **

Tablica 1. Wyniki analizy składu chemicznego próbki pobranej z rurociągu (% wag.)

Badania własności mechanicznych

Próbie statycznego rozciągania materiału rodzimego przeprowadzono zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie PN-EN ISO 6892-1:2016-09.

Próbka	R_{eT} , MPa	R_{mT} , MPa	A_{5T} , %
R1	419,2	580	26,7
R2	433,1	589,6	28,0
Wymagane dla L360NB*	min. 360	min. 460	min. 22

* własności mechaniczne stali L360NB wg wymagań normy EN 10208-2:2011

Tablica 2. Wyniki próby statycznego rozciągania materiału rodzimego

Przyczyny awarii

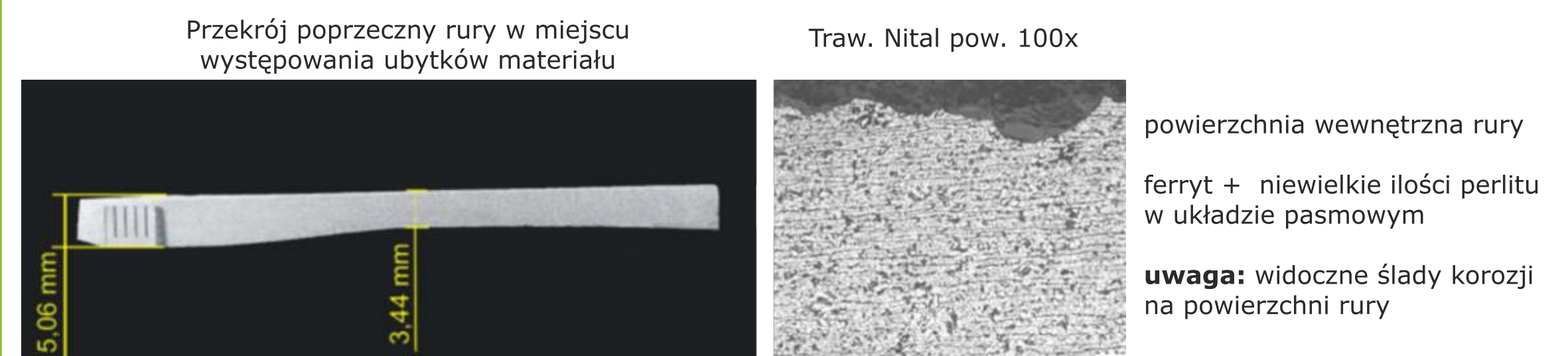
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że przyczyną wystąpienia perforacji oraz kolejnych ubytków materiału w ściance rury rurociągu DN 80 wykonanego ze stali L360NB była korozja podosadowa.

Korozja podosadowa ma miejsce w obszarach, gdzie na powierzchni utworzy się osad - mogą to być produkty niesione przez wodę /roztwór, takie jak cząstki stałe w wodzie, czy luźne produkty korozji. W obecności roztworu na styku materiał podłoża osad tworzy się ogniwo galwaniczne stężeniowe (ogniwa różnicowego napowietrzenia) część podłoża otoczona roztworem o dużym stężeniu tlenu stanowią bieguny dodatnie - katody, natomiast części pokryte osadami stykają się z roztworem o mniejszym stężeniu tlenu i tworzą bieguny ujemne - anody. Zniszczeniu korozyjnemu ulega obszar podłoża pod osadami korozyjnymi.

W osadach stwierdzono wysoką zawartość siarki i chloru. Ponieważ rurociągiem transportowano zanieczyszczoną wodę, można przyjąć, że w wodzie tej w wyniku rozpuszczenia siarczanów utworzył się kwas siarkowy. Kwas ten pozostając na powierzchni wewnętrznej rury ulegał zażęczeniu pod powierzchnią osadów, co skutkowało wzrostem intensywności reakcji kwasu na metal. Reagujący kwas siarkowy z materiałem rury tworzył osady o porowatej budowie, co zwiększało powierzchnię penetracji kwasu na powierzchnię ścianki rury.

Badania metalograficzne makro- i mikroskopowe

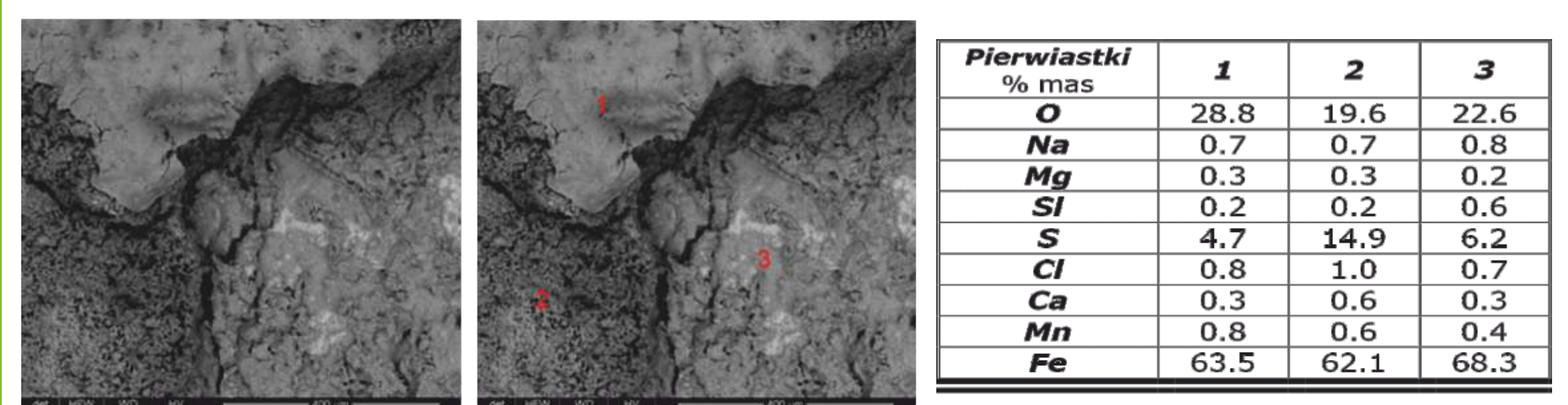
W tablicy 3 zamieszczono zdjęcia makroskopowe przekroju poprzecznego rury w miejscu występowania ubytków materiału. W tablicy 3 przedstawiono również mikrostrukturę materiału rodzimego w pobliżu powierzchni wewnętrznej rury.



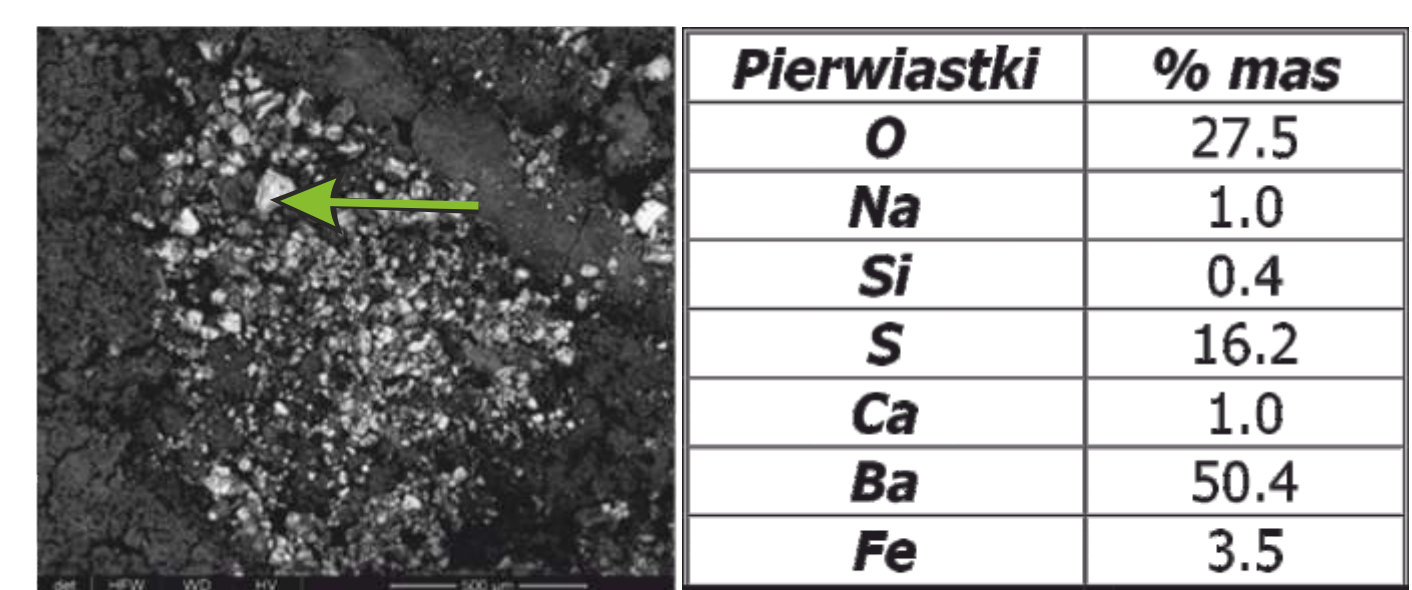
Tablica 3. Wyniki badań metalograficznych

Badania osadów fragmentu rurociągu za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego

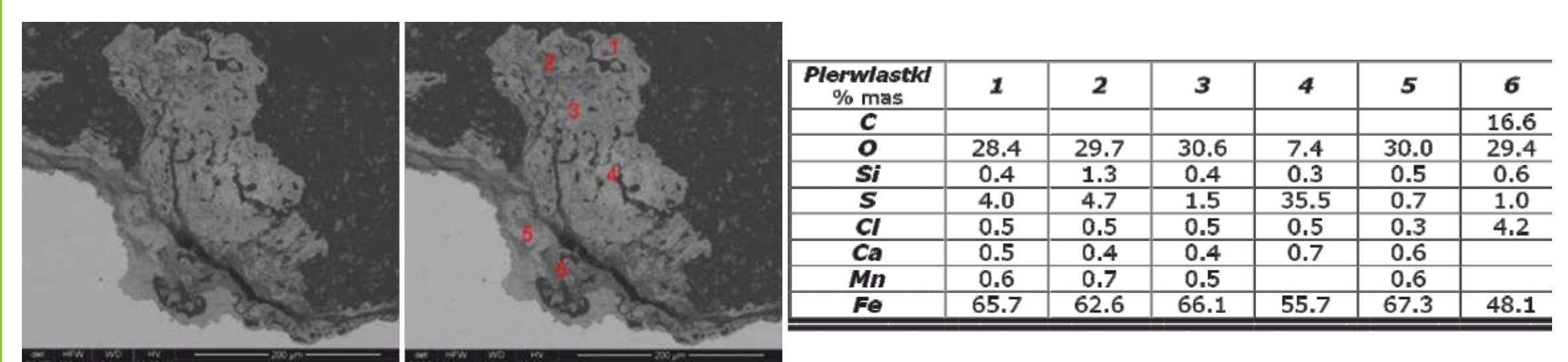
Materiałem do badań był wycinek rury zawierający perforację, przedstawiony na rysunku 2. Na rysunkach od 4 do 6 zamieszczono wyniki badań osadów przy perforacji na powierzchni wewnętrznej rury. Obecne na powierzchni osady różniły się zarówno morfologią jak również składem chemicznym. Dominującymi pierwiastkami w osadach było żelazo i tlen oraz siarka i chlor. W osadach o rozwiniętej powierzchni stwierdzono ponadto wysoką zawartość krzemu oraz obecność takich pierwiastków jak glin, sód, magnez, potas i wapń (rys. 4 i 5). W miejscu, gdzie nastąpiło odpadnięcie warstwy wierzchniej osadów, stwierdzono wysoką zawartość siarki (rys. 5). Na powierzchni osadów ujawniono obecność skupisk cząstek zawierających głównie tlen, siarkę oraz bar (rys. 5). W badanych osadach stwierdzono, że dominującymi pierwiastkami są tlen i żelazo, ponadto stwierdzono znaczącą rozpiętość zawartości siarki w osadach od 0,7% do 35% (rys 6). W osadach rejestrowano ponadto obecność krzemu, chloru i wapnia na poziomie dochodzącym do 1 %. W osadach zalegających na dnie wżeru stwierdzono niską zawartość siarki oraz znaczne ilości tlenu i żelaza. Lokalnie w osadach stwierdzono wysoką zawartość węgla i chloru. W warstwie osadów stwierdzono obecność pasm charakteryzujących się wysoką zawartością węgla. Pasma te znacznie osłabiają ciągłość warstwy osadów (rys. 6).



Rys. 4. Wyniki identyfikacji składu chemicznego osadów na powierzchni rury



Rys. 5. Skupisko cząstek zawierających tlen, siarkę oraz bar na powierzchni osadów



Rys. 6. Wyniki identyfikacji osadów na powierzchni wżeru



Łukasiewicz - Instytut Spawalnictwa
Bl. Czesława 16-18 | 44-100 Gliwice
tel: +48 32 33 58 200 | fax: +48 32 231 46 52
www.is.gliwice.pl | e-mail: is@is.gliwice.pl

75
OD 1945
INSTYTUT
SPAWALNICTWA

62.

MIĘDZYNARODOWA
KONFERENCJA
SPAWALNICZA

Nowoczesne spawalnictwo
- nowoczesna przyszłość



INTERNATIONAL CONGRESS

Konferencji towarzyszy
Kongres Międzynarodowego
Instytutu Spawalnictwa (IIW)

