ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: ENERGETYKA z. 121 Nr kol. 1261

Stanisław ŁOPATA
Instytut Aparatury Przemysłowej i Energetyki, Politechnika Krakowska

POMIAR ODKSZTAŁCENIA PEŁZANIA WYBRANYCH CZĘŚCI OBWODU ELEMENTÓW RUROCIĄGÓW ENERGETYCZNYCH

Streszczenie. W pracy omówiono nowy sposób pomiaru odkształcenia pełzania wybranych fragmentów obwodu elementów rurociągów. Opisano konstrukcję odpowiednich czopów stanowiących parę pomiarową instalowaną na zewnętrznej powierzchni rur. Przedstawiono możliwość bezpośredniej kontroli pełzania za pomocą sprawdzianów o stałej długości odpowiadającej zadanemu odkształceniu i niezależnej od początkowych zewnętrznych średnic rurociągów stosowanych w energetyce cieplnej.

CREEP MEASUREMENT OF SELECTED PERIMETER SECTION IN POWER PIPELINES

Summary. This paper presents a new method of measuring creep deformation of selected sections of the pipelines perimeter. Some special designed humps are described. Two humps, which are a measurement pair, are installed on outer surface of pipe. Then creep deformation can be checked directly by using of a simple, constant length gauge corresponding to determined permanent strain, independent from original pipelines diameters.

ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ ВЫБРАННЫХ ЧАСТЕЙ ПЕРИМЕТРА ЭЛЕМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Резюме. В работе обслуждено новый метод измерения деформации ползучести выбранных элементов трубопроводов. Описано соответствующию конструкцию бобышек составляющих измерительную пару приваренную к наружной поверхности трубы. Представлено способность непосредственного контроля ползучести с помощью шаблонов опредленной длины отвечающей заданной остаточной деформации и независимой от начальных диаметров применяемых в энергетике труб.

WSTĘP

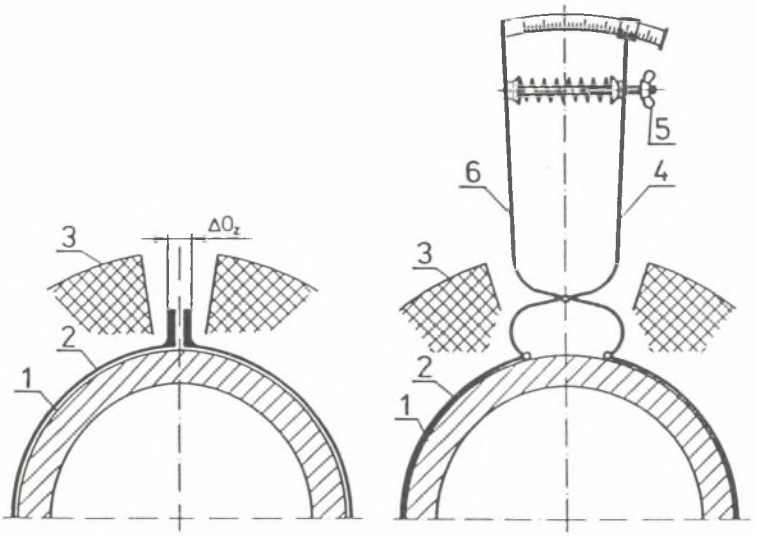
W energetyce krajowej najbardziej rozpowszechnioną, nieniszczącą metodą oceny stanu technicznego wysokociśnieniowych rurociągów pracujących w warunkach pełzania są pomiary ich odkształceń trwałych z wykorzystaniem specjalnych czopów. Są one instalowane w wybranych miejscach, najczęściej w dwu wzajemnie prostopadłych kierunkach, na zewnętrznej powierzchni rur. W praktyce przemysłowej można spotkać różne ich konstrukcje [1 – 4]. Kontrola polega na okresowym pomiarze odpowiednimi mikrometrami zewnętrznych średnic na wspomnianych czopach. Zalecane czasy upływające między kolejnymi pomiarami podawane są od ok. 15 000 do ok. 35 000 godz. [2, 4, 5]. Przy większych prędkościach pełzania mogą one być mniejsze [4]. Pomiary te wykonywane są na obiektach odstawionych z ruchu, ale z reguły warunki temperaturowe za każdym razem są inne. Stąd też do oceny uzyskanych wyników przeliczane są one na tzw. warunki odniesienia. Konieczny jest zatem dodatkowy pomiar temperatury ścianki rurociągu i kabłąka mikrometra.

Opisane badania umożliwiają określenie przyrostu odkształcenia zewnętrznej średnicy rury i prędkości pełzania ich materiału. Porównanie uzyskiwanych wyników z wartościami dopuszczalnymi ułatwia podjęcie decyzji o możliwości dalszej eksploatacji, zwłaszcza w przypadku gdy przekroczony został obliczeniowy czas pracy. Na podkreślenie zasługuje to, że metoda ta uwzględnia faktyczne warunki pracy, złożony stan naprężenia i rzeczywiste własności materiału. Umożliwia to pełne wykorzystanie jego żywotności, stosunkowo dokładną ocenę trwałości i ewentualne, odpowiednio wczesne, przygotowanie remontu lub wymiany.

Do kontroli przyrostu zewnętrznego obwodu rurociągów proponowane były także specjalne, niekiedy dość złożone przyrządy [6]. Przykładowe rozwiązania pokazano na rys. 1.

Jak widać z rys. 1, podstawowym elementem takich przyrządów jest stalowa taśma usytuowana na obwodzie rury. W założeniu przemieszczenia jej końców winny być przenoszone na elementy szczękowe bądź ramiona. Niekiedy miały one zamocowaną skalę pomiarową umożliwiającą bezpośredni odczyt przyrostu obwodu rury. Niektóre konstrukcje umożliwiały pomiar podczas pracy obiektu, inne wymagały jego wyłączenia. Przyrządy takie nie znalazły jednak zastosowania, mimo iż mierzone przez nie przyrosty, obejmując cały obwód rury, są znacznie większe niż przy pomiarze przyrostu średnicy. Można dodać, że powyższe umożliwiłoby zmniejszenie błędów wyznaczanych wielkości charakteryzujących pełzanie rurociągów [7]. Powodem braku zainteresowania tymi konstrukcjami były ich wady związane z długotrwałą eksploatacją w trudnych warunkach.

Wyznaczone oboma zaprezentowanymi powyżej sposobami odkształcenia będą miały tę samą wartość, w przypadku gdy badane rury będą zowalizowa-

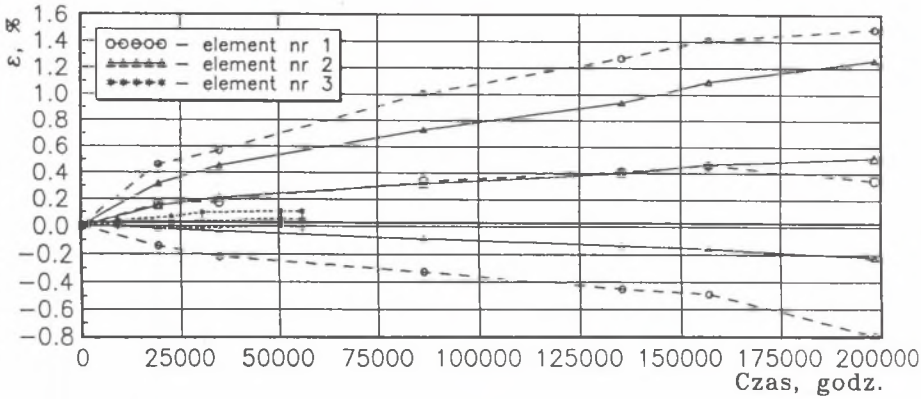


Rys. 1. Przyrządy do pomiaru obwodowego odkształcenia rurociągów: 1– rura; 2 – stalowa taśma; 3 – izolacja; 4, 6 – ramiona nożycowe ze skalą; 5 – nakrętka (ΔO_z – przyrost zewnętrznego obwodu rury wskutek jej pełzania)

Fig. 1. The gauge for the pipeline circumferential deformation measurement: 1 – tube; 2 – steel strip; 3 – insulation; 4, 6 – shearing arms with scale; 5 – screw cap (ΔO_z – the pipe outer perimeter increment on account of its creep)

ne. Jednak w praktyce najczęściej, w większym lub w mniejszym stopniu, ma ono miejsce [8]. Dlatego mierzone na czopach przyrosty średnic zależą od kierunku, dla którego dokonywany jest pomiar. W przypadku pewnej owalizacji przekroju ich wartości mogą być nawet ujemne. Powoduje to, że określane odkształcenia wskutek pełzania mają ujemne wartości, co wydaje się dość niezwykłe. Należy tutaj dodać, że w tego typu przypadkach owalizacja z reguły nie przekracza wartości dopuszczalnych. Powyższe związane jest z dążeniem takich elementów do przyjęcia pod wpływem ciśnienia wewnętrznego i pełzania dokładnie okrągłego kształtu. Przykład tego typu zachowania przedstawiono na rys. 2.

Duże odkształcenia w jednym kierunku, niekiedy zbliżone lub nawet przekraczające wartość dopuszczalną, mogą wzbudzać zaniepokojenie służb eksploatacyjnych. Zmniejszać może je fakt, że średnie ich wartości, po uwzględnieniu wspomnianych „ujemnych" odkształceń w jednym z kierunków, mogą nie osiągać niebezpiecznych granic. Niemniej sytuacja taka sprawia, że decyzja związana z bezpieczeństwem dalszej eksploatacji może być bardzo trudna.



Rys. 2. Krzywe pełzania zowalizowanych elementów rurociągów parowych (9,8 MPa, 535°C) – podano wartości dla wzajemnie prostopadłych kierunków i odpowiednie średnice: nr 1 i 2 – rura ϕ 168 x 14 mm, owalizacja początkowa, odpowiednio: 7,18% i 3,83%, materiał – stal 12 HMF; nr 3 – rura ϕ 273 x 26,5 mm, owalizacja początkowa 1,79%, materiał – stal 13HMF

Fig. 2. The creep curves of the out–of–round power pipeline elements (9,8 MPa, 535°C) – determined values for reciprocally orthogonal directions and corresponding diameters: nr 1, 2 – pipe ϕ 168 x 14 mm, initial ovality 7,18 % and 3,83%, material – steel 12HMF; nr 3 – pipe ϕ 273 x 26,5 mm, initial ovality 1,79%, material – steel 13HMF

Dotychczas w literaturze dotyczącej przedstawianego zagadnienia brak jest jednoznacznej interpretacji takich wyników badań.

Poniżej przedstawiono nowy sposób pomiaru odkształcenia obwodowego wybranego fragmentu obwodu elementów rurociągów spowodowanego ich pełzaniem. Jednocześnie sposób ten pozwala wyeliminować z pomiarów dość kłopotliwe mikrometry.

PODSTAWY METODY I KONSTRUKCJI UKŁADU POMIAROWEGO

Przedstawione we wstępie niniejszej pracy metody pomiaru odkształcenia pełzania rurociągów z wykorzystaniem czopów lub specjalnych przyrządów pozwalają oceniać zmiany zachodzące na całym obwodzie. Naturalnie dotyczy to miejsc, w których je zainstalowano. Jak już zauważono, wyniki otrzymywane przy zastosowaniu obu metod będą pokrywać się, w przypadku gdy kształty badanych elementów będą dokładnie okrągłe. Drugi z opisanych sposobów praktycznie nie znalazł zastosowania. W przypadku pierwszego przyjmuje się, niezależnie od kształtu rurociągu, że do oceny miarodajne może być odkształcenie średnie obliczane na podstawie pomiarów średnic dokonywanych w kilku kierunkach. W praktyce najczęściej są dwa wzajemnie prosto-

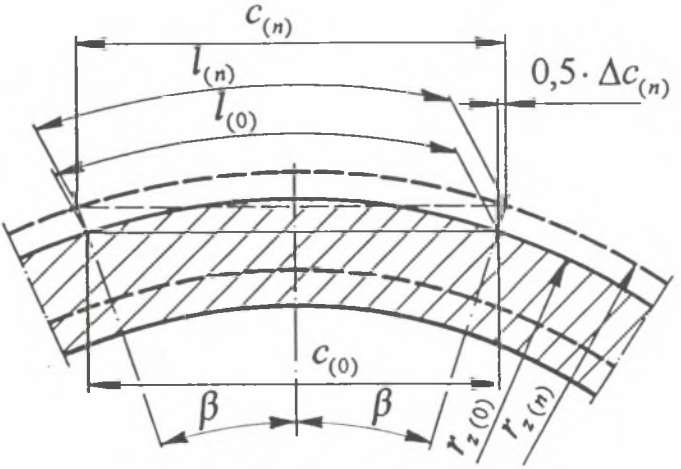
padłe do siebie, sporadycznie cztery przesunięte co 45°. Jednakże dla odcinków zowalizowanych a także dla łuków i kolan wyniki będą zależały od usytuowania czopów. Przestawienie o pewien kąt układu kierunków może dawać znaczne różnice, zwłaszcza gdy do obliczeń średniej brane są pod uwagę tylko dwa.

Poniżej zostanie przedstawiona metodyka kontroli pełzania wybranego fragmentu zewnętrznego obwodu rury. Odkształcenie takiej części określa zależność, rys. 3:

$$\varepsilon = \frac{l_{(n)} - l_{(0)}}{l_{(0)}} \cdot 100\% = \frac{\Delta l_{(n)}}{l_{(0)}} \cdot 100\% \tag{1}$$

Zakładając, że promień rury w zakresie kąta środkowego 2β będzie stały, wzór (1) można zapisać w postaci:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{\Delta l_{(n)}}{l_{(0)}} \cdot 100\% = \frac{\Delta r_{z(n)}}{r_{z(0)}} \cdot 100\% = \frac{c_{(n)} - c_{(0)}}{c_{(0)}} \cdot 100\% = \\ &= \frac{\Delta c_{(n)}}{c_{(0)}} \cdot 100\% = \frac{0{,}5 \cdot \Delta c_{(n)}}{r_{z(0)} \sin \beta} \cdot 100\% \end{aligned} \tag{2}$$



Rys. 3. Schemat odkształcenia w wyniku pełzania wycinka rury opisanego przez kąt środkowy 2β

Fig. 3. The creep deformation scheme of the pipe sector described by the central angle 2β

gdzie we wzorach (1) i (2) oraz na rys. 3:

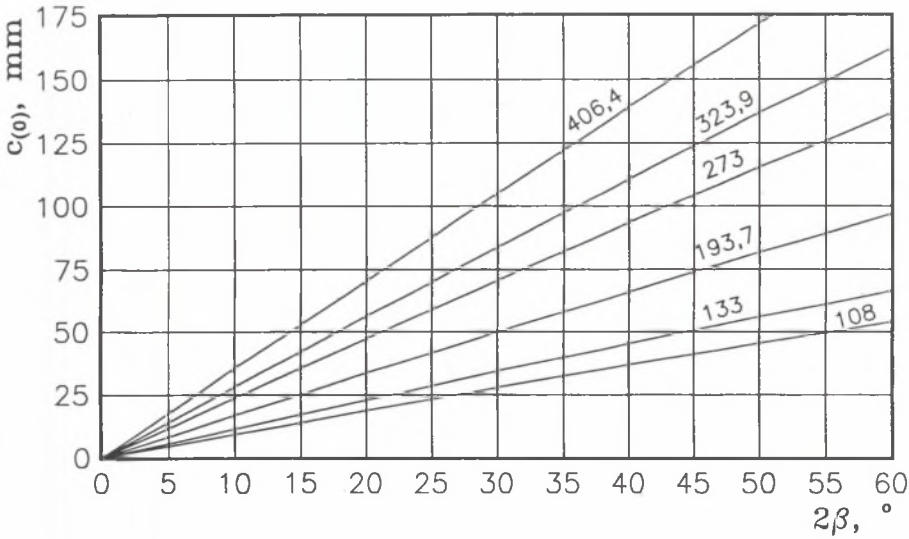
$l_{(0)}$, $r_{z(0)}$, $c_{(0)}$ – początkowa długość łuku, promienia i cięciwy (pomiar bazowy, np. przed oddaniem obiektu do eksploatacji), mm,

$l_{(n)}$, $r_{z(n)}$, $c_{(n)}$ – długość łuku, promienia i cięciwy po upływie pewnego czasu eksploatacji, mm,

$\Delta l_{(n)}$, $\Delta r_{z(n)}$, $\Delta c_{(n)}$ – przyrost długości łuku, promienia i cięciwy od początku eksploatacji do n–tego pomiaru, mm.

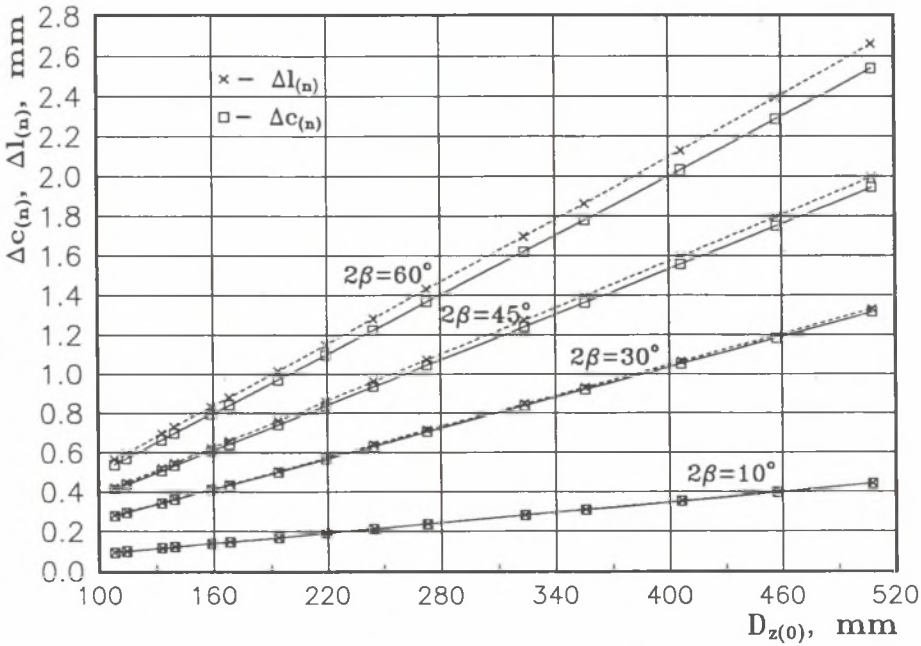
Pomiar długości promienia lub części obwodu, bądź ich przyrostów jest praktycznie niemożliwy, albo trudny do zrealizowania w warunkach przemysłowych. Możliwy jest natomiast pomiar długości cięciwy wyznaczonej przez kąt 2β. W tym celu należałoby np. zainstalować na zewnętrznej powierzchni rury dwa czopy o odpowiedniej konstrukcji, przesunięte względem siebie o wspomniany kąt 2β i stanowiące parę pomiarową usytuowaną w płaszczyźnie prostopadłej do osi rurociągu.

Zakładając poprawny kształt rur stosowanych w energetyce cieplnej, określono wartości cięciw oraz ich przyrostów w zależności od przyjętego kąta środkowego, początkowej średnicy i zadanego odkształcenia pełzania. Dla porównania obliczono także przyrosty odpowiadających łuków. Uzyskane wyniki obliczeń przedstawiono na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Początkowa długość cięciwy w zależności od wartości początkowej zewnętrznej średnicy rury (wartości obok krzywych) i kąta środkowego 2β

Fig. 4. The initial chord lenght depended on the pipe initial outside diameter value (values near curves) and the central angle 2β



Rys. 5. Przyrost długości cięciwy $\Delta c_{(n)}$ i odpowiadającego jej łuku $\Delta l_{(n)}$ dla zadanego kąta środkowego 2β i odkształcenia obwodowego $\varepsilon = 1\%$ w zależności od wartości początkowej średnicy rurociągu $D_{z(0)}$

Fig. 5. The increment chord lenght $\Delta c_{(n)}$ and the corresponding arc $\Delta l_{(n)}$ for determined central angle 2β and the creep strain $\varepsilon = 1\%$ depended on the pipeline initial outside diameter value $D_{z(0)}$

Związki między wymienionymi wielkościami opisane są następującymi wzorami:

$$c_{(0)} = 2r_{z(0)} \sin\beta = D_{z(0)} \sin\beta$$

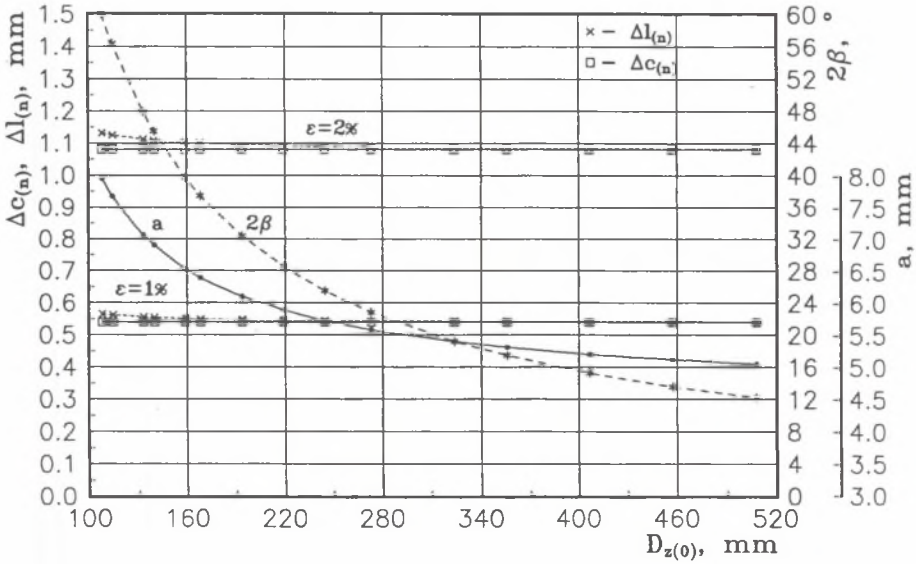
$$\Delta c_{(n)} = \varepsilon \cdot c_{(0)} \tag{3}$$

$$\Delta l_{(n)} = \frac{2\beta}{360} \cdot \varepsilon \cdot \pi D_{z(0)}$$

Oba powyższe rysunki przeanalizowano mając na uwadze zapewnienie wystarczającej dokładności pomiarów z wykorzystaniem dostępnych obecnie urządzeń pomiarowych. I tak, dla rurociągów o małych średnicach, tj. 108,0 – 159,0 mm, dla odkształcenia $\varepsilon = 1\%$ przyrost cięciwy o ok. 0,6 mm, spełniający

postawione założenie, byłby osiągany przy przyjęciu kąta środkowego równego ok. 50°. Odpowiadająca mu początkowa długość cięciwy wynosiłaby ok. 50 mm. Przy wzroście średnic te same przyrosty byłyby zapewnione przy zmniejszających się kątach. Możliwe zatem jest przyjęcie dla celów kontroli i badań odkształceń pełzania rurociągów ich fragmentów obejmujących część obwodu, w których początkowa długość cięciwy byłaby stała i niezależna od początkowej średnicy zewnętrznej. Przy zachowaniu stałego kąta środkowego ze wzrostem średnic stosowanych rur wzrastają długości cięciw i ich przyrosty dla danego odkształcenia.

Biorąc pod uwagę powyższe, a także uwzględniając wstępne konstrukcje czopów pary pomiarowej, przy założeniu podobieństwa dla wszystkich średnic wysokociśnieniowych rurociągów, przyjęto stałą początkową długość cięciwy $c_{(0)}$ = 54 mm. Dla tej wartości na rys. 6 przedstawiono zmianę kąta środkowego 2β oraz odpowiadające mu przyrosty $\Delta c_{(n)}$ i $\Delta l_{(n)}$ w zależności od początkowej zewnętrznej średnicy rur.

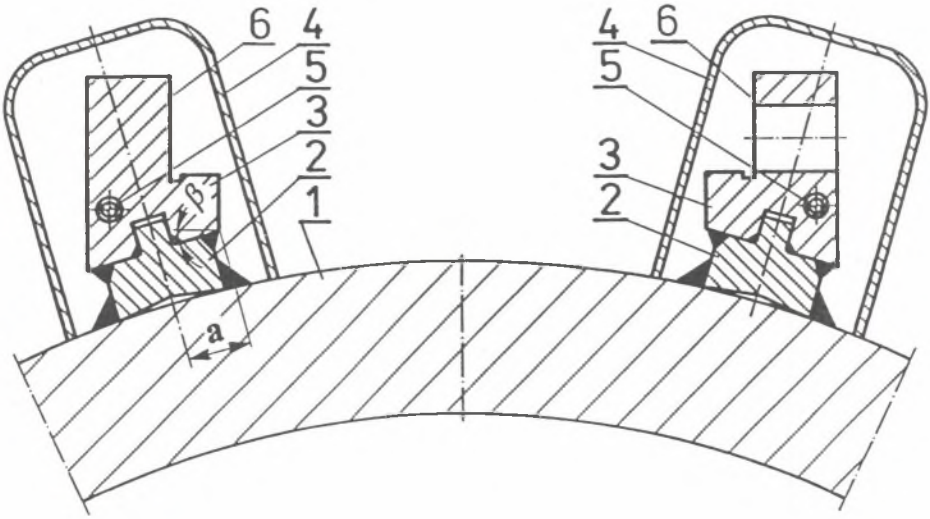


Rys. 6. Kąt środkowy 2β rozstawienia czopów pary pomiarowej i wartość odcinka a wzajemnego przesunięcia ich części składowych (patrz rys. 7) oraz przyrost cięciwy $\Delta c_{(n)}$ i jej łuku $\Delta l_{(n)}$ w zależności od początkowej zewnętrznej średnicy rury dla różnych odkształceń pełzania ε (wykres sporządzono dla początkowej długości cięciwy $c_{(0)}$ = 54 mm, stałej dla wszystkich średnic rur)

Fig. 6. The central angle 2β of the measuring pair humps spacing and the segment value a the reciprocal displacement of their parts (see Fig. 7) and the chord increment $\Delta c_{(n)}$ and its arc $\Delta l_{(n)}$ depended on the pipe initial outside diameter for different creep strain ε (the diagram drawn up for the initial chord lenght $c_{(0)}$ = 54 mm constant for all pipe diameters)

Jak widać z rys. 6, przy zmianie kąta rozstawienia czopów pary pomiarowej odpowiednio do danej początkowej średnicy zewnętrznej, przyrost cięciwy $\Delta c_{(n)}$ dla danego odkształcenia jest stały. Możliwa zatem jest jego kontrola za pomocą jednego dla wszystkich średnic rurociągów sprawdzianu. Jego długość odpowiadałaby określonemu odkształceniu, np. dopuszczalnemu.

Konstrukcję pary czopów pomiarowych, przystosowaną do wykorzystania na stosowanych do budowy wysokociśnieniowych obiektów rurach, pokazano na rys. 7 [9].



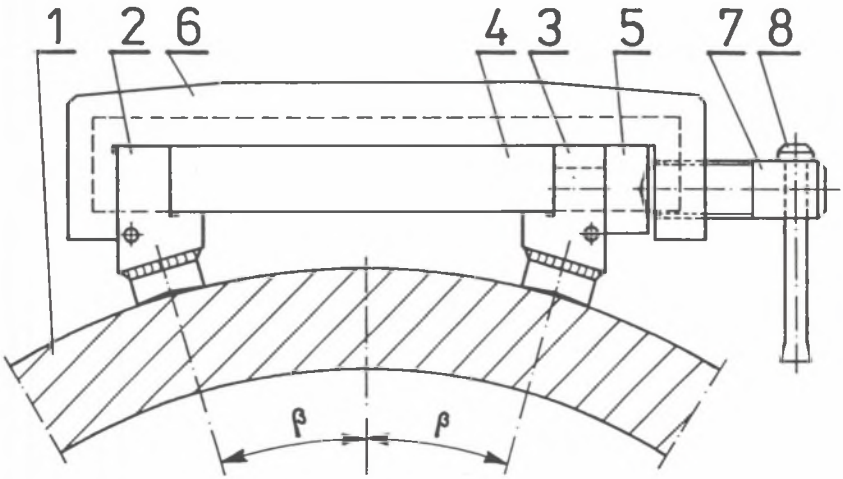
Rys. 7. Czopy pary pomiarowej do pomiaru pełzania wybranego fragmentu obwodu rurociągu: 1 – rura; 2 – część dolna czopa; 3 – część górna czopa; 4 – osłona; 5 – zawleczka; 6 – powierzchnia pomiarowa

Fig. 7. The measuring pair humps for the creep deformation measurement of the selected part of the pipeline perimeter: 1 – tube; 2 – bottom part; 3 – top part; 4 – shield; 5 – cotter pin; 6 – measuring surface

Każdy czop składa się z dwóch części, przy czym dolna może być wykonana z materiału takiego samego jak materiał rurociągu, a górna ze stali żaroodpornej, np. 1H18N9T. Związane to jest z koniecznością zabezpieczenia ich przed korozją i zendrowaniem. Aby zapewnić podobną konstrukcję czopów dla wszystkich stosowanych średnic, przy zachowaniu stałej początkowej odległości między powierzchniami pomiarowymi równej początkowej długości cięciwy, powierzchnia części górnej przylegająca do dolnej powinna być pochylona pod kątem β, a całość przesunięta o odcinek a, rys. 7. Wartości a w zależności

od początkowych zewnętrznych średnic rur przedstawiono na rys. 6. Obie części czopa połączone są spoiną warsztatową przed właściwym montażem na rurociągu. Czopy ochraniane są przed przypadkowymi uszkodzeniami osłonami zabezpieczającymi, mocowanymi np. zawleczkami.

Dla poprawnego zamocowania gotowych czopów przewidziano prosty układ montażowy. Składa się on z zacisku – obejmy oraz szablonu o długości równej początkowej długości cięciwy. Elementy te skręcone odpowiednio z czopami umożliwiają ich ustawienie i przyspawanie na zewnętrznej powierzchni rurociągu, w strefie gdzie przewidywany jest pomiar miejscowego odkształcenia. Układ montażowy pokazano na rys. 8. W danej płaszczyźnie można zainstalować większą ilość par pomiarowych.



Rys. 8. Układ do montażu czopów pary pomiarowej na rurociągu: 1 – rura; 2, 3 – czop; 4 – szablon; 5 – element pośredniczący; 6, 7, 8 – elementy obejmy zaciskowej

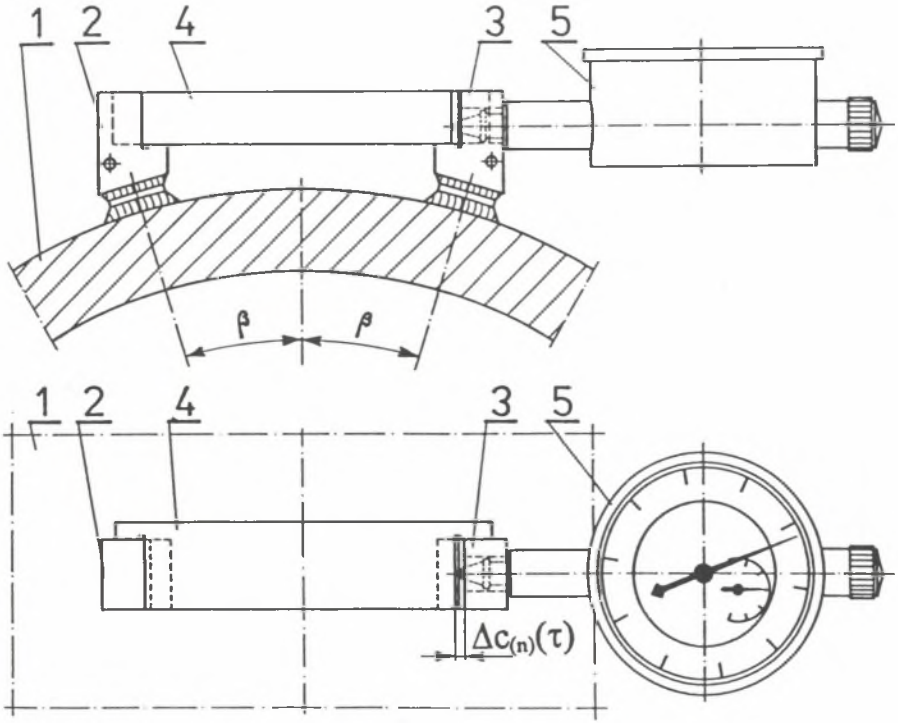
Fig. 8. The gauge used for fitting the measuring pair humps: 1 – tube; 2, 3 – hump; 4 – pattern; 5 – interceded element; 6 – tightened clamping ring elements

Z upływem czasu, wskutek pełzania rurociągu, zmienia się położenie czopów stanowiących parę pomiarową. Ocena odkształcenia obejmującego wycinek rury możliwa jest poprzez:

- bezpośredni pomiar odległości między wewnętrznymi, równoległymi do siebie powierzchniami pomiarowymi obu czopów,
- pomiar przyrostu odległości między czopami z wykorzystaniem elementu pośredniczącego o stałej długości umieszczonego między nimi,
- wykorzystanie sprawdzianów określonego odkształcenia.

Odpowiednie pomiary mogą być przeprowadzane z wykorzystaniem mikrometrów, czujników zegarowych lub przystosowanych układów optycznych. Przyrządy te zapewniają odczyt z dokładnością 0,01 mm, a w przypadku dwóch ostatnich nawet 0,001 mm.

Sposób pomiaru przyrostu odkształcenia cięciwy zawartej między osiami obu zainstalowanych czopów w miejscu przecięcia z zewnętrznym obwodem rury, z zastosowaniem czujnika zegarowego, pokazano na rys. 9. W tym przypadku w jednym z czopów wykonany jest otwór, przez który możliwe jest włożenie ruchomej końcówki zegara. Na czas pomiaru między czopy umieszczany jest odpowiedni element pośredniczący. Jego robocza długość jest ok. 1 mm krótsza od początkowej długości cięciwy. Zapewnia to jego włożenie nawet przy zbliżeniu się czopów do siebie, np. przy temperaturze rurociągu niższej od temperatury odniesienia. Wielkość szczeliny, która powstaje mię-



Rys. 9. Pomiar odkształcenia pełzania wybranego fragmentu rurociągu: 1 – rura; 2, 3 – czop; 4 – wzorzec; 5 – czujnik zegarowy

Fig. 9. The creep deformation measurement of the selected pipeline part: 1 – tube; 2, 3 – hump; 4 – standard; 5 – dial indicator

dzy jednym czopem a wspomnianym elementem, po dosunięciu go do drugiego czopa, może być mierzona także układem optycznym wyposażonym w śrubę mikrometryczną. Wówczas otwór wykorzystywany przy stosowaniu czujnika jest zbędny, a oba czopy są identyczne.

Mierzona odległość $\Delta c_{(n)}(\tau)$ (rys. 9) jest funkcją czasu eksploatacji rurociągu. Wykorzystując podane wcześniej zależności, bardzo łatwo jest przeliczyć otrzymane wyniki pomiarów na wielkości charakteryzujące pełzanie.

Zgodnie z wcześniejszymi spostrzeżeniami przyjęcie stałej początkowej odległości między czopami, niezależnej od początkowej średnicy zewnętrznej rur, powoduje, że temu samemu odkształceniu odpowiada taki sam przyrost. Stąd też do oceny określonego odkształcenia, w tym dopuszczalnego, można wykorzystać sprawdzian, którego długość odpowiadałaby np. wartości odkształcenia 0,5%, 1%, 2% itd. Ocena polegałaby na kontroli możliwości umieszczenia go między czopami. Do momentu, kiedy w warunkach odniesienia nie byłoby to możliwe, znaczyłoby to, że rzeczywiste odkształcenie w badanym rejonie nie osiągnęło przyjętej wartości. Istotny jest fakt, że w tym przypadku nie potrzeba przyrządów pomiarowych. Wystarczy prosty sprawdzian o określonej długości części roboczej odpowiadającej danemu odkształcenu, jeden dla wszystkich stosowanych średnic rurociągów.

UWAGI KOŃCOWE

Przedstawiona nowa metoda pomiaru odkształcenia pełzania rurociągów pozwoli na dokonywanie oceny ich wybranych stref. Te ostatnie ograniczone są dwoma podobnymi czopami specjalnej konstrukcji stanowiącymi parę pomiarową. Założenie w danej płaszczyźnie rury większej ich ilości umożliwi pełniejszą analizę odkształceń na całym obwodzie i dokładniejsze określenie średnich wartości wielkości charakteryzujących pełzanie. Jest to ważne dla odcinków zowalizowanych a zwłaszcza dla kolan i łuków. Strefy, o których mowa wyżej, mogą być zawężane przez zmniejszenie kąta środkowego, tj. kąta rozstawienia czopów pary pomiarowej. Należy jednak pamiętać, że wówczas mierzone odkształcenia będą mniejsze.

Zaletą metody jest możliwość wykorzystania do kontroli i badań pełzania prostych sprawdzianów o długości części roboczej odpowiadającej zadanemu odkształceniu. Pozwala to wyeliminować z tego typu pomiarów kłopotliwe mikrometry. Ważne jest także to, że w proponowanym rozwiązaniu jeden sprawdzian danego odkształcenia, w tym np. dopuszczalnego, wystarczy do kontroli stanu wszystkich wymiarów rur stosowanych w energetyce cieplnej.

LITERATURA

[1] Katalog Elementów Rurociągów. Czopy do pomiaru pełzania materiału. Karta Katalogowa KER–81/2.87.
[2] Thoraval G.: Creep of high temperature steam piping: EDF experience with fossil–fired power plants from 1955 to 1987. Nuclear Engineering and Design 116, 1989, s. 389–398.
[3] Wiśniewski W.: Diagnostyka techniczna wytwórczych urządzeń energetycznych w elektrowniach. PWN, Warszawa 1991.
[4] Drop M., Kruczalak H., Włoczyk E.: Instrukcja kontroli odkształceń trwałych (pomiary pełzania). ZP–BE „Energopomiar". Gliwice 1977.
[5] Антикайн П.А.: Надежность металла паровых котлов и трубопроводов. „Энергия". Москва 1973.
[6] Krzywda Z., Dobosiewicz J.: Instrukcja pomiaru pełzania przewodów parowych. ZEOPd, Katowice 1961.
[7] Łopata S.: O dokładności pomiarów pełzania wysokociśnieniowych rurociągów parowych. Materiały Konferencji Naukowej pt. „Problemy badawcze energetyki cieplnej". Warszawa 8–9 grudnia 1993, s. 192–199.
[8] Młynarski F., Łopata S., Taler J. i inni.: Badania pełzania rurociągów pary o wysokich parametrach w Siłowni KM HTS. Opracowanie ZMiUE Politechniki Krakowskiej (nie publikowane). Kraków 1974–1993.
[9] Łopata S.: Układ do pomiaru odkształcenia pełzania rurociągów. Zgłoszenie patentowe Nr P–299480, 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Gerard KOSMAN

Wpłynęło do Redakcji 10.08.1994 r.

Abstract

This paper presents a new measuring method of the creep deformation of some power pipeline elements. The method is usful in the case of out–of–round segments, particularly pipeline elbows and bends. The method described gives possibility to determine characteristic creep values and estimation of technical condition of selected sections of the pipeline outer perimeter. It is realized by the measurement of the chord lenght or its icrement after different service period. To do this, it is required to install two humps on outer pipeline surface, which are constituting measuring pair. In this paper the measuring pair construction is shown and the central angles of the hump spacing determined, depending of the initial diameter of used power

pipeline. The constant initial chord lenght equivalent to the distance between two humps of measuring pair has been assummed. Its value is 54 mm and was determined so, to ensure the necessary accurancy of measurements. There is a simple way to fix the pair of humps worked out. There is also shown a possibility of examination and monitoring of the creep deformation using simple control gauges, whose working lenghts meet the specified strain, e.g. the permissible strain. Using of one control gauge is sufficient for all pipeline dimensions.