

## UNELE ASPECTE ALE ÎNCERCĂRII HIDROSTATICE LA RUPERE A CONDUCTELOR PENTRU IRIGAȚII

*I.I. Rusu, I. Bartha, D. Zahariea, B. Ciobanu*  
*Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași*

### INTRODUCERE

Creșterea parametrilor funcționali ca și necesitatea siguranței sistemelor sub presiune (conducte, rezervoare) au dus la concretizarea experienței mondiale a exploatării lor sub forma unor norme specifice diferitelor domenii ale industriei, începând de la cele mai obișnuite până la cele de vârf. Diversitatea condițiilor de utilizare a recipientelor sub presiune necesită rezolvarea unor probleme speciale legate de dimensionare ca și de determinarea presiunii de plesnire ca urmare a presurizării.

Experiența de mulți ani din țările industrializate se îmbogățește continuu cu noi încercări în scopul ridicării calității produselor și încadrării în normele tot mai severe de pe piețele externe. Practica arată că defectele de material, de proiectare și de execuție concură în apariția unor concentrări de eforturi periculoase în construcțiile mecanice. De aceea metodele și procedeele de examinare nedistructivă ale recipientelor sub presiune (cu lichide penetrante, cu ultrasunete, cu radiații penetrante, prin curenți turbionari, ș.a.) pot detecta anumite defecte de material și de construcție. Încercările prin presurizare interioară hidraulică sau pneumatică sunt necesare pentru scopuri imediate (verificare, recepție) furnizând o imagine globală a comportării produsului. Încercarea hidrostatică distructivă completează cunoștințele privind limitele proiectării și execuției.

În ideea studierii calității țevilor de oțel sudate longitudinal ca și a îmbinării țevilor prin filet s-a pus problema realizării unei instalații pentru probe hidrostatice cu presiuni până la plesnirea țevilor și punerea la punct a metodicii de încercare și de interpretare a rezultatelor obținute.

Conform cerințelor europene și americane verificările și încercările la țevile din oțel sunt normalizate: verificarea calității materialului; verificarea aspectului și a dimensiunilor; încercarea la tracțiune longitudinală și transversală a materialului țevilor precum și la tracțiune transversală a sudurii; încercarea de îndoire și de aplatizare; verificarea masei; controlul nedistructiv al țevii; încercarea la presiune hidrostatică. Ca probă suplimentară se menționează și proba hidrostatică distructivă (normele API).

### 1. INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ

Instalația experimentală reprezentată în figura 1 este alcătuită din sistemul de realizare a presiunii, probele pentru încercări, sistemul de înregistrare a datelor experimentale precum și sistemul de protecție.

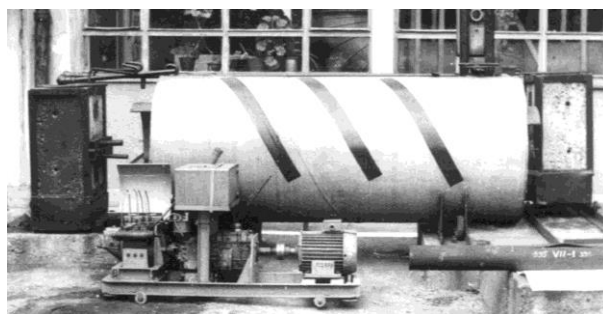


Figura 1. Instalația experimentală-vedere generală.

#### 1.1. Realizarea presiunii

Încercările de presurizare se fac în regim hidrostatic sau cu presiune variabilă. Probele de presiune hidrostatică pot fi descrise ca probele la care presiunea este crescută gradual, până la presiunea de control sau până ce se produce cedarea sudurii sau ruperea materialului țevii sau rezervorului. Ridicarea treptată a presiunii, fără șocuri, poate avea paliere la urcare (eventual la coborâre) pentru a permite efectuarea de măsurători. Presiunile de încercare hidrostatică destinate controlului țevilor în întreprinderea producătoare sunt standardizate și nu sunt destinate pentru a servi ca bază de proiectare, neavând legătură cu presiunea de regim a conductei. În încercările de etanșitate la presiuni impuse de norme se vor urmări scăpările de lichid sau asudarea prin pori sau scăpările de gaz (probe subacvatic).

Aplicarea presiunii în regim variabil poate fi cu presurizare intensivă sau pentru încercări de oboseală (încercare pulsatorie sau încercare ciclică, obținute prin descărcarea presiunii printr-o supapă automată la atingerea presiunii maxime impuse urmată de închiderea supapei la o presiune minimă și reluarea ciclului). Presiunile de încercare specificate de norme pot fi modificate ca urmare a unui acord dintre producător și beneficiar, suplimentându-se cu încercări distructive.

Pentru crearea presiunii în recipientele încercate pot fi utilizate lichide (apă, ulei) sau gaze (aer, abur saturat, gaze necorosive).

Încercările hidraulice sunt de preferat atunci când se studiază solicitarea recipientelor până la distrugere. Se are în vedere faptul că energia acumulată în sistem la încercările pneumatice este de câteva ordine de mărime mai mare decât la cele hidraulice și că la rupere apar efecte periculoase.

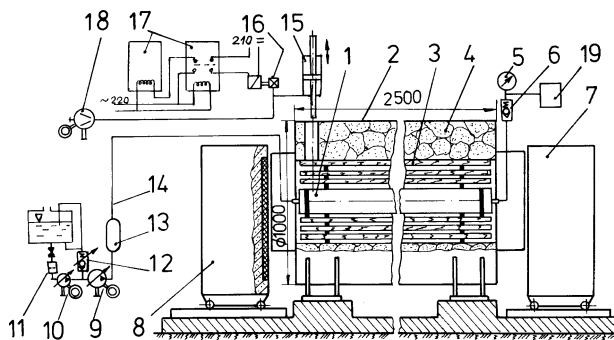
Încercările cu gaze cu recipientul aflat sub apă pun în evidență cu mai mare ușurință neetanșitățile; de aceea sunt de preferat pentru acest tip de încercări. În cazurile când se fac măsurători tensometrice cu traductoare aflate în interiorul recipientului presurizat se utilizează ca lichid de lucru uleiul de transformator pentru a evita umiditatea ce afectează aceste traductoare.

Menținerea presiunii de lucru trebuie să fie asigurată conform standardelor (de la câteva secunde până la sute de ore) la temperaturile apei reci (sub 40°C) sau la temperaturi impuse.

Pentru efectuarea unor încercări cu lichid ce să satisfacă cerințele prezentate s-au utilizat pentru realizarea presiunii două instalații, prima realizată pe baza unei prese pentru verificarea manometrelor, în regim manual, iar a doua, cu pompă volumică de înaltă presiune, funcționând automat.

Presă pentru etalonarea manometrelor (care are presiunea maximă de lucru de 800 de bari) a fost adaptată prin racordarea în locul unuia din cele două manometre (manometrul etalon și manometrul verificat) a racordului spre proba supusă presiunii. Creșterea presiunii s-a făcut lent, cu paliere necesare pentru umplerea corpului pompei prin aspirație de ulei din rezervorul propriu și manevrarea corespunzătoare a robinetelor de refulare și de aspirație.

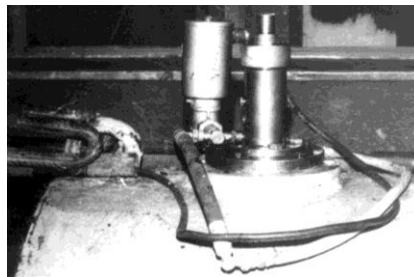
Instalația a fost utilizată pentru realizarea presiunii de încercare de 700 de bari pentru verificarea unor conducte pentru petrol îmbinate prin filet. Instalația automată de realizare a presiunii, figura 2, cuprinde: proba 1 și sistemul de alimentare de înaltă presiune (1000 bari) 9÷13.



**Figura 2.** Instalația automată de realizare a presiunii.

Realizarea presurizării se face prin introducerea în recipientul încercat, umplut cu apă, a unei cantități de motorină furnizate de pompa de înaltă presiune (9) cu debit reglabil. Agregatul de alimentare cu motorină mai cuprinde: filtrul (11), pompa de joasă presiune (prealimentare) (10) reglabilă, supapa de întoarcere (12) și colectorul de înaltă presiune (13). Prin conducta de înaltă presiune (14) fluidul sub presiune ajunge la proba (1). Pompele sunt de tip volumic, acționate electric.

Unele norme prevăd aplicarea în timpul presurizării țevilor a unor lovituri cu un ciocan cu masă impusă (SR 1111-95: 0,5 kg; API 5L și 5LX: 0,9 kg). Pentru aplicarea șocurilor mecanice exterioare s-a conceput și construit un dispozitiv alcătuit dintr-un cilindru pneumatic (15) cu tijă bilaterală, montat în poziție verticală, ridicarea pistonului făcându-se cu ajutorul aerului comprimat, căderea fiind liberă, figura 3.

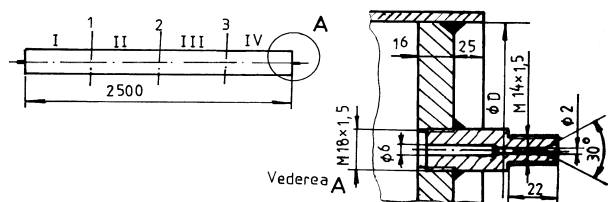


**Figura 3.** Dispozitivul de aplicare a șocurilor.

Greutatea părții mobile și cursa sunt reglabile. Comanda se realizează prin controlarea refulării aerului comprimat prin robinetul cu acționare electromagnetică (16). Intervalele dintre semnalele de deschidere și închidere a robinetului electromagnetice (16) sunt reglabile și realizate de relee de timp (17). Alimentarea cu aer comprimat se realizează de la un compresor (18) cu debit reglabil.

## 1.2. Probele presurizate

Încercările de țevi s-au făcut la o lungime de eșantion ce depășește de 10 ori diametrul conductelor, conform normelor. Încercarea conductelor pentru petrol (Dn100, grosime perete 0,9 mm) s-a făcut pentru verificarea rezistenței îmbinării filetate a două porțiuni de țevă, una având filet la interior iar cealaltă la exterior. Capetele țevelor au avut capace sudate, din același material cu al țevii, cu piese de racord filetate și sudate. Încercările țevelor sudate longitudinal s-au făcut pe eșantioane cu lungimea de 2500 mm, cu capace sudate, figura 4. La prima probă s-a produs burdușirea capacului ce avea grosimea de 8 mm sudat pe colț, ca urmare grosimea s-a crescut la 16 mm și capacul a fost introdus în conductă.



**Figura 4.** Proba de încercat.

Piesa de racord asigură o îmbinare de etanșare cu strângere pe care a corespuns la toate regimurile de lucru.

Necesitatea utilizării pentru aripile de irigație a unor conducte cu diametrul nominal de 100 mm realizate din tablă cu grosimea de 0,9 mm a pus probleme deosebite privind încercarea hidrostatică la rupere. Încercarea s-a efectuat pe două eșantioane având lungimea de minim 10 Dn cu diametrul interior măsurat volumetric ( $\phi 100,02 \pm 0,1676$  mm). Materialul țevii a fost oțelul de ambutisare adâncă A3K03. După sudarea pe generatoare țevile au fost atât la zincate la interior cât și exterior. Pentru asigurarea etanșării la capete s-au utilizat capace metalice cu grosimea de 6 mm asamblate prin alămire. În urma presurizării s-a înregistrat creșterea diametrului țevii și curbura puternică a capacelor spre exterior urmate de pierderea etanșării. S-a trecut la varianta realizării unui capac asamblat prin alămire care să cuprindă țeava la exterior pe o lungime de 20 mm. Și în acest caz creșterea diametrului conductei a avariat zona de etanșare. În ultima variantă s-a aplicat câte un inel exterior între capacul lipit și porțiunea liberă a țevii. În acest caz deformarea țevii prin creșterea diametrului s-a produs până la aceste inele, zona de etanșare fiind solicitată doar la întindere.

Incinta protejată are diametrul interior de 600 mm și permite încercări de țevi cu diametrul de 250 mm la lungimea de 2500 mm. S-a avut în vedere și posibilitatea altor tipuri de încercări pentru armături de reglare și închidere și racorduri cu utilizări în schemele de acționare hidrostatică și pneumostatică.

### 1.3. Înregistrarea datelor experimentale

Alimentarea cu motorină sub presiune se realizează printr-un capăt al conductei iar la capătul opus se racordează manometrul (5) și sistemul automat de inscripționare a datelor (19), figura 2, protejate împotriva șocurilor de supapa de sens unic (6) care poate reține și presiunea de rupere. S-au utilizat manometre metalice cu tub Bourdon clasa de precizie 0,6; 1,6 și 2,5. S-a realizat înregistrarea automată a presiunii cu baza de timp fixată precum și citirea de la distanță a indicațiilor manometrului.

### 1.4. Protecția personalului și instalațiilor

După umplerea conductei (1) cu apă în poziție verticală și cu alimentare prin partea de jos cu evacuarea completă a aerului, se introduce în incinta (2), figura 2. Pentru evitarea oricăror incidente în timpul probelor incinta este protejată la interior cu saci de nisip (4) și grila de lemn (3), iar la capete se apropie blocuri de beton (7) (1,0x0,6x0,4 m) care au plăci de cauciuc la capetele conductei. Suplimentar, s-au sudat la incintă inele de capăt ce izolează complet conducta în timpul probei.

La presiunile la care se produce ruperea se manifestă puternic efectele compresibilității lichidului, astfel că apar forțe de reacție deosebit de puternice, uneori cu componentă axială. Se poate produce deplasarea violentă a conductei și la un experiment unul dintre blocurile de capăt a fost deplasat cu cca. un metru, ceea ce a impus ancorarea blocurilor de capăt. La una dintre probele îmbinate prin filet s-a produs distrugerea brizantă, cu fragmentarea conductei, unul din fragmente care avea dimensiunile de cca. 270x70x1 cm fiind înfipt complet în materialul de protecție din incintă.

Conducta este liber rezemată la capete pe suporturi, prevăzându-se și două coliere metalice cu joc ce rețin conducta în momentul ruperii.

Conductele de alimentare cu înaltă presiune au fost fixate la capete pentru a se evita smulgerea lor. Manometrul și legătura sa au fost protejate într-o incintă vitrată. Citirea indicațiilor s-a făcut de la distanță, printr-o lunetă dispusă pe axul manometrului. Înregistrarea automată a datelor s-a făcut în laborator, conducta încercată fiind în exterior.

Pe toată durata încercării, personalul s-a aflat la distanțe de peste 10 m, evitându-se orice intervenție asupra instalației sub presiune. Măsurile constructive și de procedură au corespuns pe deplin din punct de vedere al protecției personalului și instalațiilor.

## 2. EFECTUAREA ÎNCERCĂRILOR

Încercările s-au efectuat cu un regim de creștere a presiunii lent și continuu pentru a asigura un regim hidrostatic al presiunii. Reglajul creșterii presiunii s-a efectuat prin modificarea turației la arborele pompei de înaltă presiune.

La probele încercate s-a înregistrat presiunea din conductă din 5 în 5 secunde în prima perioadă de creștere a presiunii (creștere aproximativ liniară) și apoi din 10 în 10 secunde la ajungerea în palier, până la rupere.

### 3. REZULTATE EXPERIMENTALE

În urma încercărilor hidrostatice distructive s-au stabilit presiunile de rupere pentru două probe la care s-au înregistrat valori de 42,5 bar și respectiv 42,2 bar. S-a constatat rupere la distanță de sudură, în materialul de bază, cu alungiri importante (subțierea materialului în zona rupturii).

Ruperea se produce pe generatoarea conductei, figura 5 și începe de la exterior. Cordonul de sudură fiind mai gros decât materialul conductei, la o sudură bună, ruperea se produce în alte zone. Deformarea conductei în direcție radială, atrage după sine scurtarea eșantionului încercat, ceea ce a dus la concluzia că nu este necesară utilizarea unui cadru metalic și a unor tije longitudinale pentru preluarea eforturilor axiale.



a)



b)



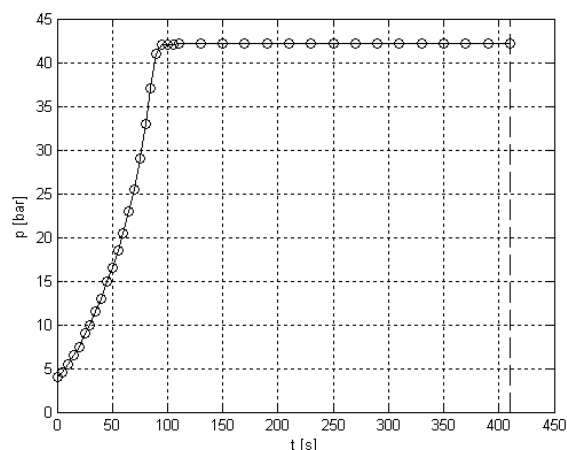
c)

**Figura 5.** Aspecte ale probei rupte prin presurizare.

a) zona de etanșare și poziția rupturii; b) vedere frontală; c) vedere laterală.

În figura 6 se reprezintă curba de variație a presiunii în timp pentru proba 2, cu presiunea de rupere 42,2 bar și timp de încercare de 410 s. Intrarea curbei în palier marchează începutul deformării plastice care progresează până în momentul ruperii. Se recunoaște o asemănare cu legea lui Hooke pe prima porțiune a caracteristicii (deformații elastice).

Având în vedere că se încearcă un ansamblu (conducta și capacele de etanșare) din materiale diferite și cu suduri diferite asemănarea totală cu caracteristica clasică a deformațiilor elastice nu este posibilă. Încercarea hidrostatică furnizează o caracteristică globală a ansamblului.



**Figura 6.** Variația presiunii în timp pentru proba 2.

Dispersia valorilor obținute este redusă (valorile presiunii de rupere fiind apropiate și previzibile pentru încercări ulterioare: proba 1-42,5 bar; proba 2-42,2 bar). După rupere se constată deformarea permanentă în sensul creșterii diametrului cu 5-8 mm. Cercetările efectuate au arătat că probele hidrostatice distructive oferă indicații globale asupra procesului tehnologic de fabricație, cu evidențierea unor posibile direcții de orientare tehnologică spre îmbunătățirea produselor.

### Bibliografie

1. Cioclov D., *Mecanica ruperii materialelor*. Ed. Academiei României, București, 1977.
2. Nicholas R. W., *Pressure Vessel Engineering Technology*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam/London/New York, 1971.
3. Pavel A., *Probleme practice privind ingineria securității tehnice*. Centrul de Informare și Documentare pentru Resurse și Industrie, 1990, 3, pag. 5-37, 4, pag. 5-49, 5-6, pag. 5-60.
4. Renert M., *Probleme de diagnostic tehnic*. Tehnologii, Calitate, Mașini, Materiale. Ed. Tehnică, București, 1987, Vol. 2, pag. 245-257.
5. Rodabaugh E. C., George H. H., *Design and Strength of Welded Pipe Line Branch Connections*. Proc. Of the ASCE, J. of Pipeline Div., Vol. 83, Paper 1193, PL1, 1957, pag. 1-34.
6. Rusu I. I., Călărășu D., Zahariea D., *Asupra încercării hidrostatice la rupere a țevilor din oțel*. Bul. Științific al Universității „Politehnica”, Timișoara, 44 (58), Mecanică, 1999, pag. 541-548.
7. Stronge W. J., Yu T.X., *Dynamic Models for Structural Plasticity*. Springer-Verlag, London, 1993.
8. Williams J. G., *Stress Analysis of Polymers*. Longman, London, 1973.

**Recomandat spre publicare: 07.05.04**