

ASPECTE PRIVIND INFLUENȚA TEMPERATURII ASUPRA TENSIUNII DE FORFECARE A UNOR ȚIȚEIURI CU DIFERITE CONȚINUTURI DE APĂ DE ZĂCĂMÂNT

M. STOICESCU¹ D. STOIANOVICI¹
T. CRISTESCU¹ N. ROTARESCU¹

Abstract: În această lucrare sunt prezentate rezultatele cercetărilor privind influența temperaturii și a conținutului de apă de zăcământ asupra tensiunii de forfecare a țiteiului. Au fost efectuate experimente de laborator folosind două țiteiuri care provin din zăcăminte din România aștten in a single paragraph, without "tab"-s. The abstract will have 7...10 lines.

Key words: țitei, tensiune de forfecare, vâscozitate, apă de zăcământ.

1. Introducere

În tehnică este importantă cunoașterea comportării materialelor supuse acțiunii unor sollicitări mecanice exterioare, dintre care o însemnătate aparte prezintă curgerea fluidelor. Cu studiul sollicitărilor și al răspunsului la acestea se ocupă reologia. La nivel internațional s-au editat numeroase lucrări de reologie, dintre care cele mai multe se adresează unui număr limitat de specialiști, deoarece se referă la domenii restrânse (industrie alimentară, polimeri, fibre, elastomeri, materiale de construcție etc.), sau sunt corelate cu alte științe. Se impune deci dezvoltarea unor astfel de studii și în domeniul industriei petrolului, dată fiind importanța cunoașterii evoluției cuplului solicitare – răspuns la nivelul tuturor etapelor pe care le parcurge țiteiul de la nivelul zăcământului până la consumator.

Una dintre principalele proprietăți fizice ale fluidelor este vâscozitatea. Vâscozitatea este, de altfel, caracteristica esențială care face distincția dintre fluidele considerate perfecte sau ideale (fără vâscozitate) și fluidele reale (vâscoase), reprezentând modelele de fluid frecvent utilizate în dinamica fluidelor. Prin definiție, vâscozitatea este proprietatea fluidelor de a se opune curgerii datorită dezvoltării unor tensiuni tangențiale. Tensiunile tangențiale, notate cu τ , numite și tensiuni de forfecare, sunt proporționale cu gradientul vitezei normal pe direcția de curgere, dv/dn , numit viteză de deformare sau viteză de forfecare, adică

$$\tau = \mu \frac{dv}{dn} \quad (1)$$

unde μ , coeficientul de proporționalitate, se numește vâscozitate dinamică sau

¹ Catedra Hidraulică, Termotehnică și Inginerie de zăcământ, UPG - Ploiești

coeficient de vâscozitate la forfecare simplă, v este viteza, iar n -direcția de curgere [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Relația (1) este cunoscută sub numele de *legea lui Newton* (ipoteza lui Newton). Unele fluide precum apa, uleiurile minerale pure și alte lichide utilizate în tehnică sau în diferite aplicații practice satisfac relația (1) și se numesc fluide newtoniene.

În cazul fluidelor newtoniene, vâscozitatea nu depinde de parametrii solicitării, fiind influențată semnificativ de temperatură. Inversul vâscozității se numește fluiditate sau compliantă [6]. Numeroase alte fluide însă, de mare importanță în tehnică sau aplicații practice au o comportare nenevtoniană când, în general, vâscozitatea dinamică depinde de viteza de deformare. Corelația tensiune de forfecare – viteză de forfecare, în acest caz, este descrisă de o relație similară expresiei (1), adică

$$\tau = \mu_{ap} \frac{dv}{dn} \quad (2)$$

unde factorul de proporționalitate μ_{ap} , numit vâscozitate aparentă depinde de viteza de deformare, dependență cauzată de modificările structurale apărute în fluid sub acțiunea solicitărilor [5, 6, 7].

În practică se utilizează și noțiunea de vâscozitate cinematică, notată cu ν și definită ca raport între vâscozitatea dinamică și densitatea fluidului ρ ,

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

În general, vâscozitatea scade rapid cu temperatura și crește într-o mai mică măsură cu presiunea. Aceste influențe se manifestă și în cazul petrolului brut, când cunoașterea acestor dependențe este cu atât mai importantă cu cât se știe că afectează atât curgerea prin mediul poros

(zăcământ), cât și prin țevile de extracție și conductele de transport, sau chiar procesul de prelucrare. În literatura de specialitate exista mai multe relații care descriu această variație. În continuare sunt prezentate câteva dintre acestea:

- relația Walter [8],

$$\lg[\lg(10^{-6}\nu + 0,8)] = A + B \lg T \quad (4)$$

unde T este temperatura, iar A și B sunt două constante care pot fi determinate dacă se cunosc vâscozitățile la două temperaturi diferite;

- alta relație [8]

$$\mu = \mu_0 e^{-A(T-T_0)} \quad (5)$$

unde A este o constantă care se poate determina cunoscând vâscozitatea la o anumită temperatură, iar μ_0 este vâscozitatea dinamică la temperatura de referință T_0 ,

- relația lui Andrade [1],

$$\mu = A \exp\left(\frac{B}{T}\right) \quad (6)$$

unde A și B sunt coeficienți care se pot determina experimental;

- relația lui Poiseuille cu care se calculează vâscozitatea cinematică [1, 2],

$$\nu = \frac{1,78 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337\theta + 0,00022\theta^2} \quad (7)$$

unde θ este temperatura în °C.

- relația Gutmann și Simons [9], valabilă practic la orice presiune,

$$\frac{\mu}{\mu_0} = e^{\frac{B}{C+T} - \frac{B}{C+T_0}} \quad (8)$$

unde coeficienții B și C se determină din date experimentale.

Nu am întâlnit însă, în literatura de specialitate, o relație care să descrie direct influența temperaturii asupra tensiunii de forfecare. Pentru un caz specific s-a intenționat găsirea unei astfel de relații prin cercetările al căror rezultat este prezentat în acest articol.

2. Partea experimentală

Experimentele au fost efectuate în cadrul Laboratorului de Hidraulică Generală al Universității “Petrol-Gaze” din Ploiești. În acest scop s-a utilizat un vâscozimetru rotativ, RHEOTEST 2 [10]. Sistemul de măsură utilizat a fost cel corespunzător dispozitivului cu doi cilindri coaxiali și este redat în figura 1. În spațiul inelar al acestora se află substanța de analizat. Cilindrul exterior de rază R este fix și are rolul de recipient pentru proba de analizat.

Prin intermediul unui ax, cilindrul interior de rază r și lungime l se rotește cu viteză unghiulară constantă ω . În spațiul inelar, cei doi parametri τ și dv/dn sunt variabili, fapt pentru care se tinde la un raport al razelor r/R cât mai apropiat de unitate.

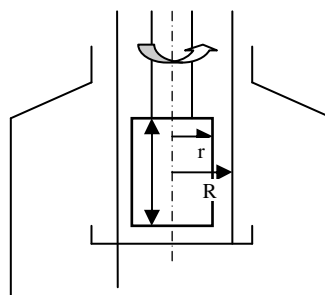


Fig. 1. Schema de funcționare a Rheotest2, sistemul cu cilindri coaxiali

Probele analizate au fost prelevate din rezervoarele de colectare a țiteiului aparținând unor schele de extracție din România. Întrucât țiteiurile cu vâscozitate mare ridică probleme speciale, au fost analizate două țiteiuri cu vâscozități foarte mari (notate cu T1 și T2), având aceleași procente de impurități (apă de zăcământ), de 20%, 40%, și 60%. Probele au conținut din 10ml substanță de analizat, iar sistemul de cilindri a fost de tipul N, având raportul razelor $r/R = 0,98$. Principalele proprietăți fizico-chimice ale țiteiurilor analizate sunt date în tabelul 1. Se poate observa că țiteiurile T1 și T2 sunt țiteiuri cu densități mari și de asemenea cu vâscozități foarte ridicate.

Unele proprietăți fizico-chimice ale țiteiurilor analizate Tabelul 1

	θ °C	ρ kg/m ³	ν 10 ⁻⁶ m ² /s	μ 10 ⁻³ Pa·s	Conținut parafină %
Țitei 1		900	33,33	30	7,18
Țitei 2	23	939,2	1016,725	954,909	neparafinos, uleios

3. Rezultate și discuții

Prin experimentele și calculele efectuate s-a urmărit variația tensiunii de forfecare cu temperatura și conținutul de apă de zăcământ pentru două țiteiuri din România prezentând diferite procente de impurități sub formă de apă de zăcământ. Datele obținute sunt prezentate în tabelele 2 și 3, precum și în figurile 1....4.

Variația tensiunii de forfecare pentru țiteiul Tabelul 2

θ °C	Conținut apă		
	20%	40%	60%
0	282	282	1605
10	98	105	514
20	169	138	2408
30	77	66	2054
40	39	133	963
50	101	77	722
60	95	51	481
70	47	34	321

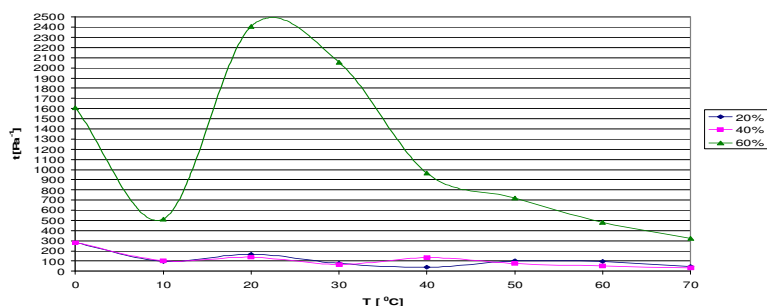


Fig. 1. Variația tensiunii de forfecare în funcție de temperatură la diferite concentrații de apă (T1)

Din datele obținute se constată că la concentrații mai mari ale apei de zăcământ, tensiunea de forfecare a țiteiului T1 variază accentuat și într-o formă aleatorie odată cu creșterea temperaturii până la 20...30 °C, după care scade continuu, pentru ca la concentrații mici (sub 40%) să prezinte o variație foarte mică odată cu creșterea

temperaturii (v. fig. 1), abia sesizabilă, cu tendință de scădere. Din figura 2 se observă că tensiunea de forfecare crește cu creșterea conținutului de apă indiferent de temperatură. Această creștere este mai accentuată în intervalul de temperatură de 20 ... 30 °C, după care se atenuază.

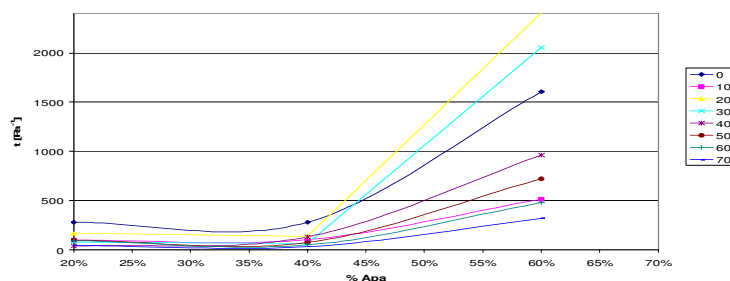


Fig. 2. Variația tensiunii de forfecare în funcție de concentrația de apă la diferite temperaturi (T1)

Variația tensiunii de forfecare pentru țiteiul T2

Tabelul 3

θ °C	Conținut apă		
	20%	40%	60%
0	318	-	-
10	123	218	232
20	44	67	108
30	25	31	41
40	118	105	97
50	60	50	41
60	34	22	22

Din figura 3, se constată pentru țiteiul T2 existența unei variații mult mai neuniforme decât în cazul țiteiului T1 în ceea ce privește variația tensiunii de forfecare cu temperatura pentru diferite valori ale concentrației de apă.

Astfel, la concentrații mai mici de apă tendința este de scădere a tensiunii de forfecare odată cu creșterea temperaturii până la 30 °C, după care urmează o evoluție oscilantă cu tendință de

amortizare asociată cu diminuarea tensiunii de forfecare, în timp ce la concentrații ridicate această comportare se manifestă pe tot intervalul de temperatură considerat (10.....60°C). Și în ceea ce privește variația tensiunii de forfecare cu conținutul de apă la diferite temperaturi s-au înregistrat evoluții foarte diferite față de cele obținute

pentru țiteiul T1. Astfel, la temperaturi joase (<30 °C), tensiunea de forfecare crește cu creșterea conținutului de apă, cu atât mai accentuat cu cât temperatura este mai scăzută, în timp ce la temperaturi mai mari variația tensiunii de forfecare cu concentrația de apă este foarte mică, dar cu tendință de scădere.

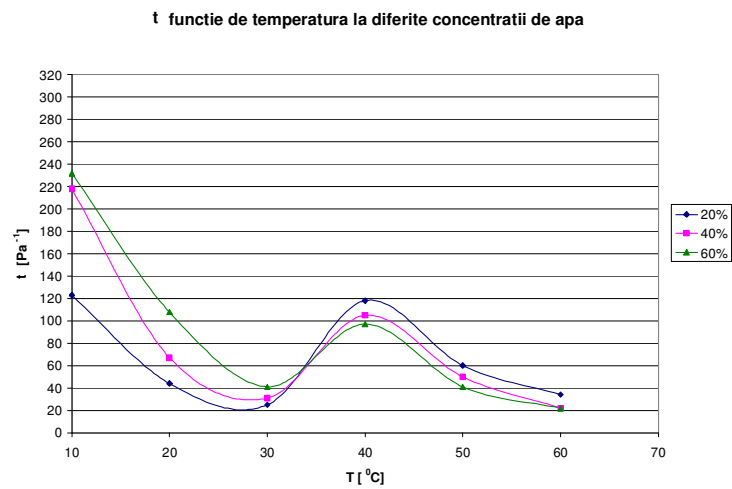


Fig. 3. *Variația tensiunii de forfecare în funcție de temperatură la diferite concentrații de apă (T2)*

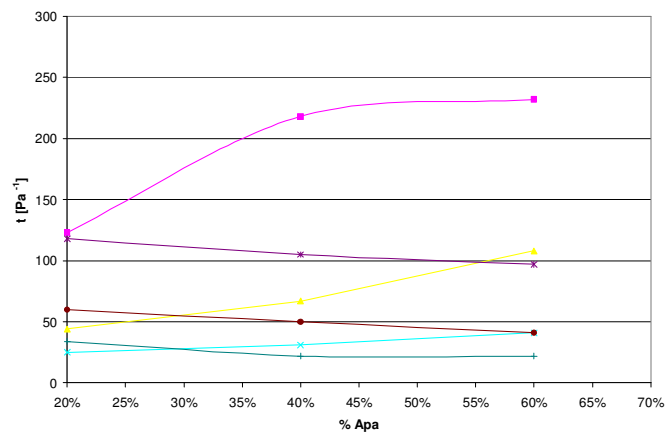


Fig. 4. *Variația tensiunii de forfecare în funcție de concentrația de apă la diferite temperaturi (T2)*

Modul de creștere este de asemenea diferit atât între țiteiuri, cât și cazul aceluiași țitei (v. T2), respectiv creștere cu panta subunitară sau supraunitară. Pickururile din figurile 1 și 3 coincid cu schimbarea vitezei de rotație a aparatului, deci cu schimbarea vitezei de deformare.

4. Concluzii

1. Indiferent de tipul de țitei utilizat și de conținutul de apă de zăcământ, tensiunea de forfecare prezintă o tendință generală de scădere odată cu creșterea temperaturii, scădere care însă se manifestă diferit în funcție de tipul de țitei.
2. Tensiunea de forfecare variază diferit cu conținutul de apă de zăcământ, mai ales la temperaturi și conținut de apă redus în funcție de tipul țiteiului: la țiteiul parafinos (T1) tensiunea de forfecare scade aproape insesizabil cu creșterea conținutului de apă indiferent de temperatură, pentru ca la conținuturi ridicate de apă acesta să crească accentuat mai ales la temperaturi joase; la țiteiul neparafinos (T2) tensiunea de forfecare crește cu creșterea conținutului de apă de zăcământ la temperaturi mai mici și crește ușor la temperaturi ridicate.
3. Este posibil ca această comportare să se datoreze în principal producerii unei inversări a emulsiei de tipul a-t, în emulsie de tipul t-a, sau, la temperaturi mari și datorită evaporării fracțiilor ușoare, fenomene care sunt influențate de tipul țiteiului.
4. Este posibilă o scindare sau o rearanjare a moleculelor mari de hidrocarburi, ceea

ce ar putea duce la o comportare precum cea descrisă.

5. Bibliografie

1. Stoicescu, M.: *Hidraulică generală*, Ploiești. Editura Universității Petrol-Gaze, 2004, p. 36
2. Florea, J., Panaitescu, V.: *Mecanica fluidelor*. București. Editura Didactică și Pedagogică, 1979, p. 27...28
3. Pao, R., H., F., *Fluid Mechanics*. New York and London. John Wiley and Sons, Inc., 1961, p. 169...171
4. Stoicescu, M., Cristescu, T.: *On the Influence of Temperature and Water Content on the Viscosity of some Types of Oil*. În: Revista de Chimie, 59 nr. 8, pag. 906...911, 2008
5. Crețu, I.: *Hidraulică generală și subterană*. București. Editura Didactică și Pedagogică, 1983, p. 21..22, 196
6. Tudose, R. Z., Volintiru, T., Asandei, ș.a. *Reologia compușilor macromoleculari. Introducere în reologie*. București. Editura Tehnică, 1982, p. 36, 218...221.
7. Stoicescu, M.: *Hidraulică aplicată*. Ploiești. Editura Universității Petrol-Gaze, 2008, p.351, 360.
8. Stan, Al. D., Soicescu, M.: *Sisteme de etanșare în tehnica petrolieră*, București, Editura Tehnică, 1993, p. 16
9. Ionescu, D., GH.: *Introducere în hidraulică*, București, Editura Tehnică, 1977, p. 20
- 10.*** Manual d'utilisation Rheotest 2
- 11.Solomon,V.: *Vâscozimetrie și elemente de teorie a vâscozității*. București. Editura Tehnică, 1958