

ASPECTE ALE EFICACITĂȚII UNGERII CU UNSORI CONSISTENTE

Prof.univ.dr.ing. Nicoleta TEODORESCU,
Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea Inginerie Mecanică și Mecatronică

Abstract: The paper presents an essential element of the maintenance – the greases lubrication and its main characteristics. It is emphasized the importance of the correct viscosity determination; experimental study is exemplified and the ways of application are shown.

1. CONSIDERAȚII INTRODUCTIVE

O ungere adecvată reprezintă unul dintre elementele esențiale ale succesului mentenanței unui mare număr de echipamente. Între ungere și siguranța în funcționare a echipamentelor cu reperi/subansambluri aflate în mișcare reciprocă există întotdeauna o corelație optimă. Multe probleme tehnice sau chiar defectări/cedări pot avea originea în ungere defectuoasă, astfel încât acest subiect este de mare interes printre problemele mentenanței. De exemplu dintre toate defectele tehnice care pot apărea la lagăre aproximativ 54% sunt corelate ungerea (ungere necorespunzătoare sau contaminarea lubrifiantului) [1]. Ungerea se poate face cu substanțe dedicate [fluide (uleiuri), semisolide (unsori consistente sau gaze), în funcție de parametrii tehnici ai aplicației respective (de exemplu la motoare se folosesc uleiuri iar la lagăre de preferință unsori consistente)] sau fluidul de lucru (în cazuri speciale când contaminarea cu lubrifiant este strict interzisă)]. Lucrarea de față se ocupă de problemele ungerii cu unsori consistente. Unsorile consistente sunt dispersii de săpunuri metalice în uleiuri minerale sau sintetice. Săpunurile se obțin de obicei din reacția dintre acizi grași naftenici și metale precum calciul, sodiul, litiul, aluminiul, plumbul etc. În afara săpunurilor unsorile consistente conțin și alți compuși organici sau anorganici, care le conferă anumite proprietăți, necesare în anumite aplicații. De obicei săpunurile prezintă comportare reologică cu prag de curgere de tip Bingham-Schwedoff sau Herschell Bulkeley [2,3]. Cele mai importante proprietăți ale unsorilor consistente sunt[4]: consistența, stabilitatea pe durata funcționării, capacitatea de ungere, contaminarea (cu praf, apă – care pot afecta vâscozitatea și/sau pot produce corodarea pieselor în contact cu lubrifiantul). Corelată cu consistența este definită **vâscozitatea**, ca o măsură a împotrivirii sale la curgere. În timpul funcționării, în proximitatea suprafețelor în mișcare se presupune că unsoarea trebuie să aibă caracteristicile unui fluid sau ale unui semifluid (în funcție de mărimea reopantei), dar îndată ce procesul încetează (în repaus), unsoarea trebuie, ideal vorbind, să-și recapete consistența dorită (în majoritatea cazurilor cea corespunzătoare depozitării sale în container). **Vâscozitatea unsorilor consistente.** Unsorile consistente pot fi suspensii, cu particule solide de formă alungită (în cazul unsorilor care sunt pe bază de săpunuri), sferice sau de forme intermediare. Vâscozitatea suspensiilor depinde de vâscozitatea lichidului, concentrația de solid, forma și

dimensiunea particulelor, coeficientul de fricțiune între particulele solide, reopantă etc. Pentru particule sferice, de exemplu, se poate utiliza relația lui Einstein pentru vâscozitate

$$\eta = \eta_l \cdot (1 + 2,5 \cdot c) \quad (1)$$

în care η_l este vâscozitatea lichidului; c – concentrația de solid.

Pentru suspensii diluate se poate utiliza vâscozitatea relativă dată de relația:

$$\eta_r = 1 + K(c, f, d, d_{i,j}, l) \quad (2)$$

în care K este o funcție de concentrația de solid, coeficientul de frecare dintre particula solidă și faza lichidă, diametrul particulei d , tensorul reopantelor $d_{i,j}$, distanța parcursă de la începutul curgerii (parametru prin care se introduce efectul de tub central, efect caracteristic suspensiilor).

Pentru suspensii relativ concentrate se poate utiliza relația Mooney

$$\eta = \eta_l \cdot e^{\frac{\lambda \cdot c}{1 - a \cdot b \cdot c}} \quad (3)$$

în care λ, a, b sunt constante de material.

Pentru suspensii foarte concentrate se poate utiliza relația Goodwin

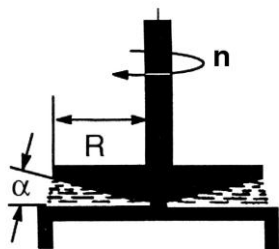
$$\eta = \eta_l \cdot (1 + k_1 \cdot c + k_2 \cdot c^2 + \dots) \quad (4)$$

în care k_1, k_2, \dots sunt constante de material.

Determinarea comportării reologice a unei suspensii se poate face în două moduri conceptual diferite: - stabilirea dependenței dintre proprietățile reologice ale suspensiei și proprietățile reologice ale componentelor sale și respectiv stabilirea unui model matematic (o ecuație de stare reologică), ale cărui constante reologice (de material) se determină prin măsurări vâscometrice, fără a ține seama de proprietățile reologice ale componentelor suspensiei. În lucrarea de față s-a abordat al doilea model care se prezintă în cele ce urmează.

2. DETERMINĂRI EXPERIMENTALE

Cercetarea experimentală s-a realizat pe un reometru cu con și placă - Thermo-Haake Viscotester VT550 controlat prin intermediul unui computer (prevăzut cu un soft dedicat), sistem de măsurare potrivit pentru unsori consistente care prezintă, în general vâscozități ridicate.



$$\alpha = 1^\circ; R = 14 \text{ mm}; \\ n = 0 - 800 \text{ rev/min}$$

Fig. 1. Sistemul de măsurare utilizat la determinările experimentale (cu con și placă)

În fig. 1 este prezentat schematic principiul de funcționare și caracteristicile geometrice ale sistemului de măsurare .

De obicei există recomandări practice pentru corelația turație-diametru arbore și pentru durata de viață a unei unsori (fig.2) [5], de fiecare dată turația de lucru fiind un parametru limitativ. Limita de utilizare a unsoilor consistente se stabilește în funcție de valoarea coeficientului DN, unde: D - diametru în mm; N - turația în rot/min.

De exemplu: 75mm x 100rot/min = 75000 DN; DN→ 100.000÷150.000 pentru lagăr sferic; 200.000÷300.000 pentru rulment cu bile.

În figura 2 [5] este prezentată durata de funcționare, în ore, pentru o unsoare consistentă pe bază de săpun de litiu în funcție de viteza de funcționare a lagărului (în % din viteza maximă de funcționare).

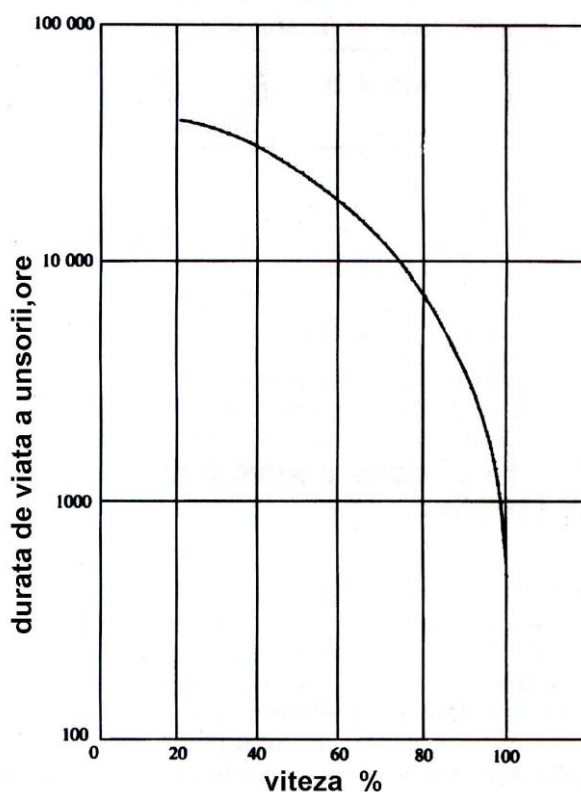


Fig. 2. Durata de viață a unei unsori consistente

Lubrifierea cu unsori consistente prezintă avantaje față de ungerea cu uleiuri: este mai simplă și mai puțin costisitoare, oferă o aderență mai bună și o protecție mai bună împotriva umidității și impurităților. Din cercetările experimentale întreprinse pe lubrifianți [6] rezultă importanța cunoașterii cât mai precise a comportării reologice a lubrifiantului, în special în condițiile corespunzătoare funcționării, vâscozitatea reprezentând una din cele mai definitorii proprietăți care determină o bună ungere și care poate preveni uzura. Chiar și la diferențe mici de temperatură se obține o diferență semnificativă a comportării reologice, ceea ce înseamnă că în funcționare, când parametrii se schimbă, comportarea lubrifiantului se schimbă și ea, și este important de știut exact cât de mult, pentru a putea aprecia dacă lubrifiantul are calitățile necesare aplicației respective, dacă și când trebuie înlocuit. Cunoașterea vâscozității lubrifiantului în exploatare reprezintă un punct de plecare atât la proiectare cât și la planificarea activității de mentenanță. Este necesar să se cunoască proprietățile lubrifiantului **înainte de utilizare**, pentru proiectare. Este util să se verifice proprietățile lubrifiantului după un anumit timp de funcționare (**preventiv**) sau când apar unele simptome specifice defectării conectate cu lubrifiția (**curativ**). De asemenea este obligatoriu să se

analizeze proprietățile amestecurilor de lubrifianți, pentru cazurile de **reungere cu lubrifianți diferiți**.

Au fost făcute determinări experimentale pe unsoare consistentă K2G, la diferite temperaturi și s-a obținut variația vâscozității cu reopanta (fig. 3 - 6).

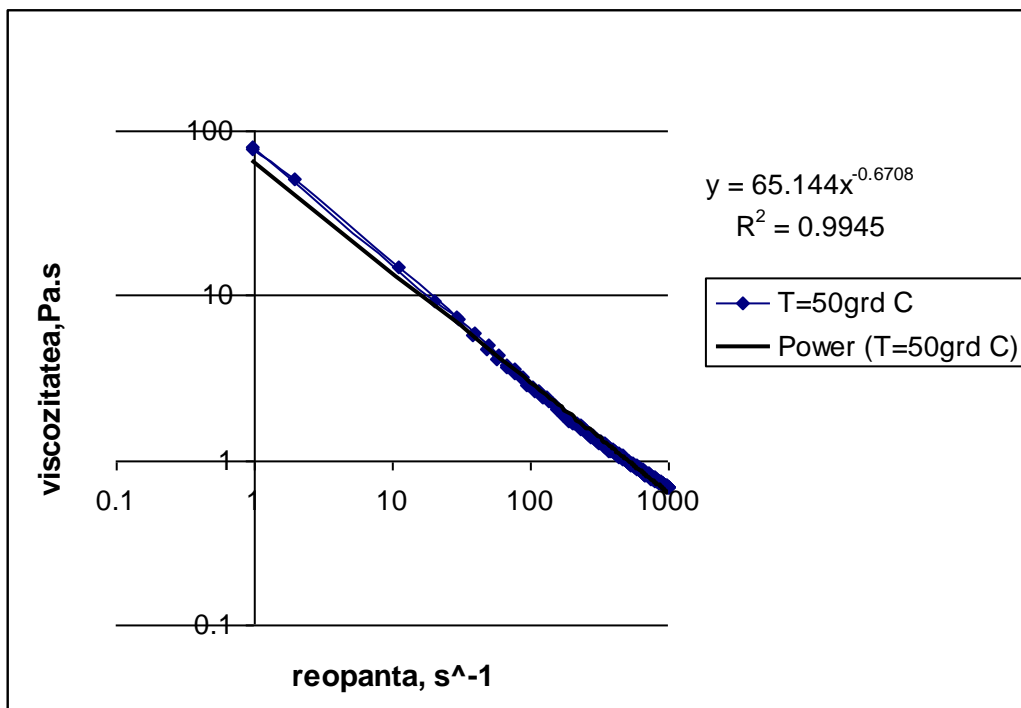


Fig. 3. Variația vâscozității cu reopanta la 50°C

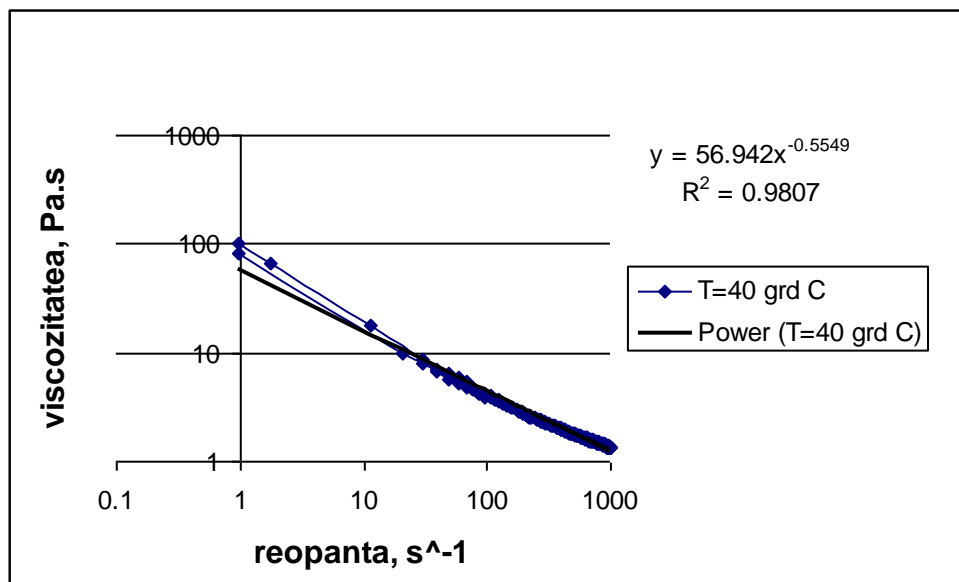


Fig. 4. Variația vâscozității cu reopanta la 40°C

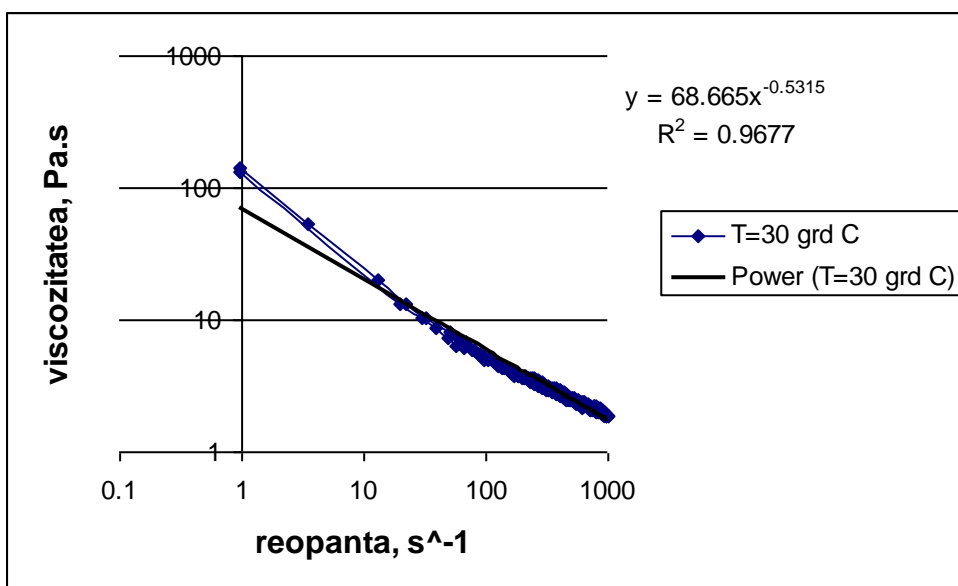


Fig. 5. Variația vâscozității cu reopanta la 30°C.

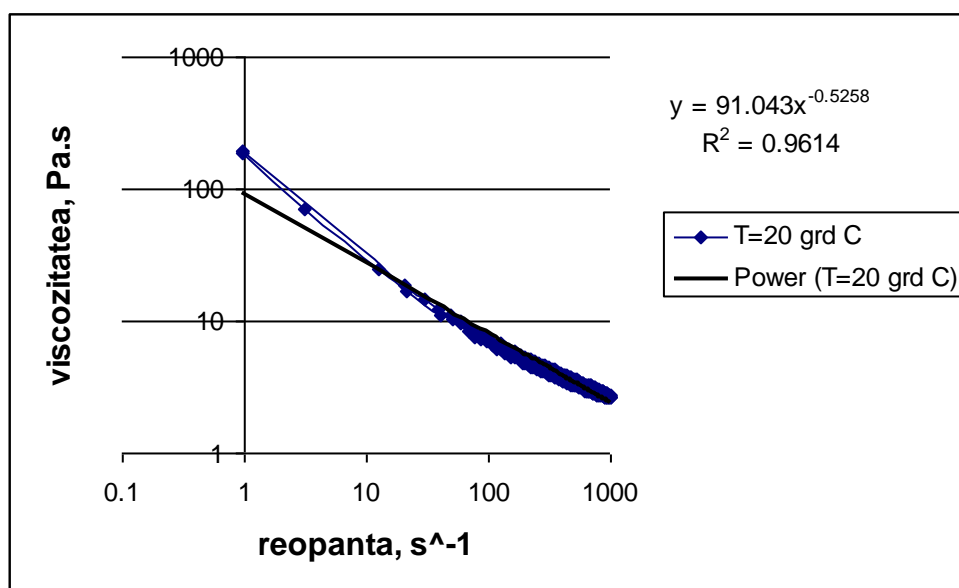


Fig. 6. Variația vâscozității cu reopanta la 20°C.

În figura 7 este prezentată variația vâscozității cu temperatura la diferite reopante care pot fi caracteristice pentru anumite aplicații.

Exemple de aplicare practică pentru lagăre: – determinarea vâscozității necesare pentru o anumită geometrie a lagărului, cu utilizarea, de exemplu, a relației de calcul 5; - calculul temperaturii care se dezvoltă în timpul funcționării, pentru o anumită geometrie, la turația de lucru, pentru un anumit lubrifianț (caracterizat de vâscozitatea sa în condițiile specifice de funcționare ale lagărului), cu utilizarea, de exemplu a relației de calcul 6. Relațiile de calcul 5 și 6 sunt recomandate a fi utilizate pentru uleiuri dar se pot folosi și pentru unsori consistente, caz în care vâscozitatea nu este o constantă în raport cu reopanta, ca în cazul uleiurilor, ci este vorba de vâscozitatea efectivă. Indiferent de lubrifianț, este absolut necesar să se țină seama de variația vâscozității cu temperatura.

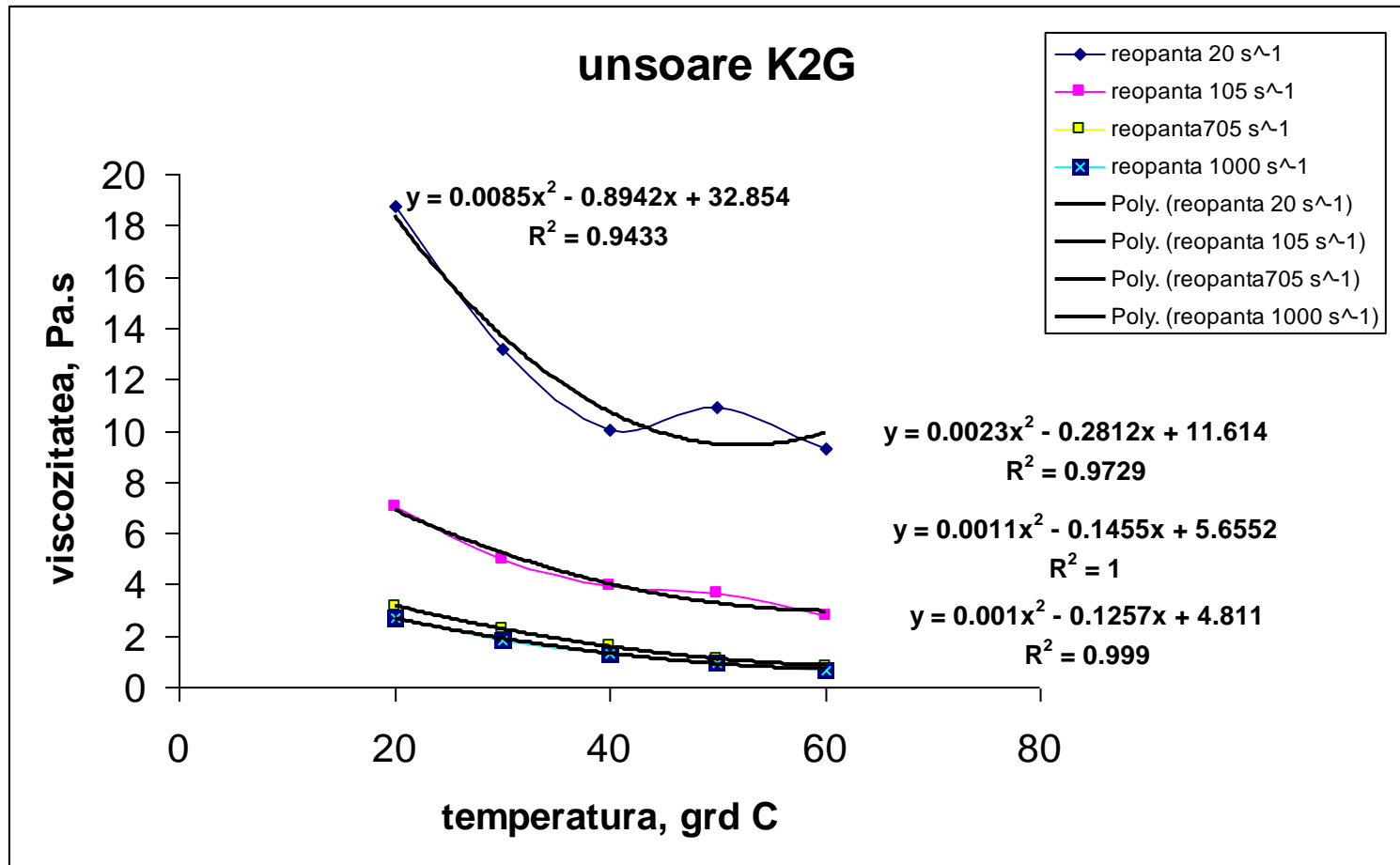


Fig. 7. Variația vâscozității cu temperatura având ca parametru reopanta.

Vâscozitatea dinamică (în $\text{daN} \cdot \text{s}/\text{m}^2$) se determină cu relația:

$$\eta = 2,96 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{P}{d^{2,4} \cdot l \cdot n} \quad (5)$$

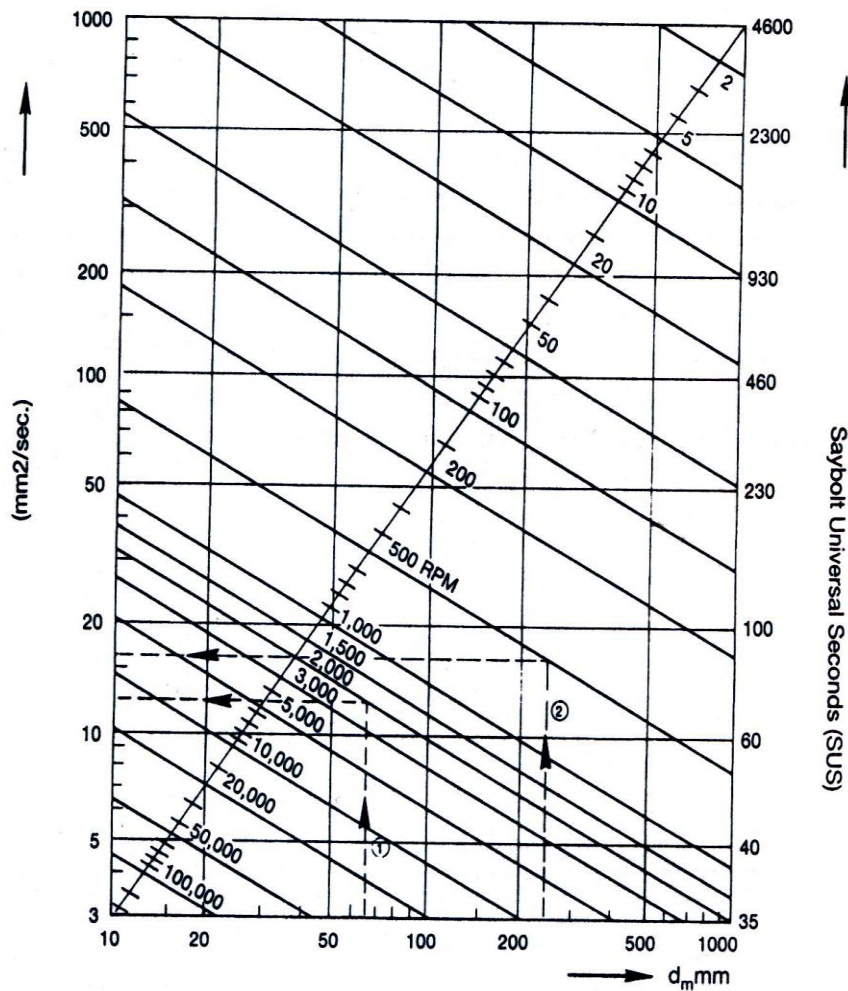
în care P este forța de încărcare a lagărului (daN); d, l – geometria lagărului (m); n – turația (rot/min).

Temperatura se poate determina, într-o primă aproximare, cu relația:

$$T = T_0 + \left(\frac{d^3 \cdot n^3 \cdot \eta}{6400 \cdot a^2 \cdot \left(\frac{l}{d}\right)} \right)^{0,385} \quad (6)$$

în care a este rugozitatea; T_0 – temperatura ambiantă ($^{\circ}\text{C}$); d (cm).

Se poate calcula vâscozitatea lubrifianțului sau se poate determina, pentru o anumită aplicație valoarea sa minim necesară, dintr-o nomogramă, așa cum se poate vedea din fig. 8, în funcție de dimensiunile lagărului și rotația în rot/min.



În fig.8 pe ordonată se citește vâscozitatea cinematică minimă necesară pentru un rulment cu bile (în partea stângă este dată în mm^2/s iar în partea dreaptă în SUS= Saybolt Universal Seconds) în funcție de diametrul rulmentului (pe abscisă) și turație, în rot/min (pe diagonală).

6. CONCLUZII

Din măsurările experimentale efectuate s-a obținut o comportare nenevtoniană a unsoilor consistente (caracterizată de existența pragului de curgere și comportare dependentă de timp – tixotropie, proprietăți care au fost mai pe larg analizate în lucrarea [6]). Vâscozitatea depinde atât de temperatură cât și de reopantă, condiții care în timpul funcționării se pot schimba, motiv pentru care trebuie determinată vâscozitatea în condițiile specifice de lucru pentru a trage concluzia dacă ungera va fi sau nu eficientă. Rezultatele determinărilor experimentale pot fi utile la: - alegerea unsoii (pe baza determinării vâscozității când se cunoaște geometria lagărului și parametrii funcționali – încărcarea lagărului și turația); - determinarea temperaturii în funcționare pentru o unsoare dată (de o anumită vâscozitate), pentru un lagăr a cărui geometrie și parametrii funcționali se cunosc.

Monitorizarea ungerii (prezentată mai detaliat în [7]), prin care se pot detecta modificările proprietăților unsoii consistente, respectiv dacă ea devine improprie respectivei aplicații, este o metodă economică (nu necesită oprirea echipamentului și demontarea lui), recomandată în mentenanță, pe baza căreia se poate stabili schimbarea lubrifiantului/reungerea.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bloch, H., *Practical Machinery Management for Process Plants – Improving Machinery reliability*, Vol. 1, Gulf Publishing Company, Huston, Texas, 1998.
- [2] Jinescu V. V., “*Proprietățile fizice și termomecanica materialelor plastice*” Ed. Tehnică București 1979.
- [3] Teodorescu, N., *Reologie aplicată*, MATRIXROM, 2004
- [4] Bloch, H., Geitner F., *Practical Machinery Management for Process Plants – Major Process Equipment Maintenance and Repair*, Vol. 4, Gulf Publishing Company, Huston, Texas, 1996.
- [5] Summers-Smith J.D., *A tribology casebook*, Mechanical Engineerin Publications, London, 1997.
- [6] Teodorescu N., *Revista de Chimie* vol.56 Nr. 1, 2005 p.27-34.
- [7] Teodorescu N. *Mentenanță generală în domeniul ingineriei mecanice* Editura AGIR 2008.