

ÇEŞİTLİ SONDAJ ÇAMURLARININ TIKSOTROPİ ÖZELLİĞİNDE SICAĞLIK BASINÇ VE ZAMANIN ETKİLERİ

Rüştü OVALIOĞLU *)

ÖZET :

Derin sondaj* tekniği son 25 sene içinde büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Bu ilerlemeye paralel olarak sondaj çamurları üzerinde çeşitli deneyler yapılmakta ve çamurla sağlanması gereken bütün müşkülleri karşılayacak «ideal bir sondaj çamuru» elde etmeye uğraşılmaktadır. Sondaj derinliklerinin gittikçe artması, delik içinde sıcaklık ve basıncın yükselmesi neticesini doğurduğundan bu güne kadar kullanılan çamurların bu yeni şartlar altında gayeyi karşılayamadığı ve yenilerinin tertiplenmesi gerektiğini göstermiştir. Bu problemin nedenlerini açığa çıkarmak, sondaj çamurlarını yüksek sıcaklık ve basınç altında deneye tâbi tutmak ve özelliklerindeki değişikliği tesbit etmekle mümkündür. İşte bu gaye ile halihazırda kullanılan çeşitli terkipteki sondaj çamurları bir «Autoklav» içinde değişik sıcaklık ve basınç altında deneye tâbi tutularak «Tiksotropi» özelliğindeki değişimi incelenmiştir.

ZUSAMMENFASSUNG :

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Tiefbahrtechnik hat in der letzten 25 Jahren grosse Fortschritte gemacht. Parallel zu diesen neuen Entwicklungen haben auch die Bohrspülungen eine steigende Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Das Ergebnis dieser Aufmerksamkeit ist zwar keine «Universalspülung», jedoch ist es möglich, Spülungen von bestimmten Eigenschaften herzustellen und die Spülung an der Bohrlochstelle zu überwachen. Die Schwierigkeiten auf diesem Gebiet werden im Lauf der Zeit mit zunehmender Teufe immer grosser. Bei sehr tiefen Bohrungen mit ihren hohen Temperaturen und Drücken erwiesen sich viele der herkömmlichen und bewährten Spülungen als ungeeignet. Es müssten neue entwickelt oder die alten mit neuen Zusätzen behandelt werden.

Um alle diese Schwierigkeiten treffend zu beseitigen und ihre Gründe erklären zu können, sind wir gezwungen, das Verhalten der bisherigen Spülungen im Hinblick auf Temperatur und Druck zu erforschen.

Weil in der Literatur nur spärliche und obendrein ungenaue Angaben über die Einwirkung hoher Temperaturen und hoher Drücke auf die Gelbildung von guten Feldspülungen zu finden sind, galt es bei dieser Arbeit, die Versuchseinrichtung mit einem Autoklav zu entwickeln und die ersten praktischen Zahlenwerte und Hinweise auf diesem Gebiet zu erhalten. Die Versuche haben ergeben, dass die Erhöhung des statischen Druckes auf die Gelbildung von Bohrspülungen nur unwesentlich wirkt.

Der Einfluss erhöhter Temperatur kann dagegen auf die Gelbildung von grosser Wichtigkeit werden. Die Messergebnisse zeigen, dass die Aenderung der Gelstaerke bei verschiedener Temperatur wesentlich von der Zusammensetzung und der Konzentrationsaenderung der Spülung abhaengt. Im allgemeinen erhöht sich die Gelstaerke mit zunehmender Temperatur; und zwar bei Salz- und Gipsspülungen staerker als bei Ton- und Wasserspülungen.

Die zweite Versuchsreihe über die Zeitabhaengigkeit der Gelstaerke haben ergeben, dass die Gelstaerke bei allen Spülungstypen in kurzer Ruhezeit (0 - 30 Min.) sehr stark ansteigt und danach die Steigung mit zunehmender Ruhezeit immer schwächer wird. Je höher die Spülungstemperatur ist, umso schneller ist der Anstieg der Gelstaerke.

Bei logarithmischen Darstellungen liegen die Messergebnisse annaehrend auf einer Geraden. Das beweist, dass es einen Grenzwert der Gelstaerke nicht gibt.

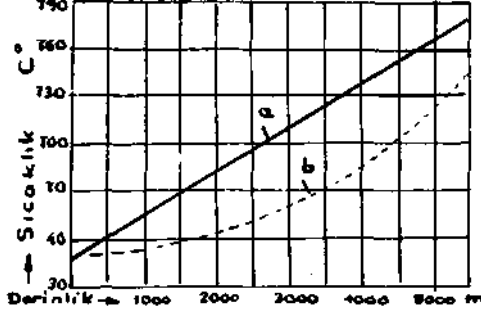
I. Tema ile İlgili Ana Kavramların İzahı:

a) Sondaj deliklerinde sıcaklık ve basınç:

1. Sıcaklık : Çamur sıcaklığının yükselmesine tesir eden ana etken delinen forasyonların «jeotermik ısı» değeridir. Delik tabanında çamur sıcaklığının o derinlikteki jeotermik ısı değerine yüksebilmesi için sondaj faaliyetinin asgari 12 saat sükûnette kalması

gerekmektedir. Sondaj faaliyette iken devrandan dolayı çamur sıcaklığı düşmekte ve delik etrafında «soğuk gömlek =: kühlmantel» teşekkül etmektedir. Buna mukabil faaliyet anında tijlerin sürtünmesinden dolayı yükselen sıcaklık deveran anında düşen ısıyı karşılayacak kadar olabilmektedir. Bir sondaj deliğinin muhtelif noktalarındaki sıcaklık değişimini (Şekil : 1) de [6] görmekteyiz. Bu eğriler Amerikan körfez sahillerinde yapılan bir çok sondaj deliklerinde ölçülen sıcaklıkla-

*) Dr. Müh.; Maden Yük. Müh.
M.T.A. Enstitüsü Maden Etüd Şb. Md.



Şekil: 1 — amur sıcaklığının sondaj derinliğine göre değişimi.

- a) Sknnete iken delik tabanında; b) Sirkülasyon anında delik tabanında.

rın ortalaması olarak elde edilmiştir. Bu bölgenin «jeotermik ısı» değereri (37 m/1°C) olarak bilinmektedir. Jeotermik ısı her bölgede değişiktir. Nitekim Almanya için Frltzsche (33 m/1°C) Richard [6] (30 m/1°C) değerlerini vermekteler. Bu değerler bölgenin jeolojik ve tektonik yapısına göre daha da fark olabilirler. Mesel Rheingraben = Renukuru için (15 m/1")ve Pechelbronn petrol sahasında ise (9 m/1°C) olarak tesbit edilmiştir. Bütün bu değerler derin sondajlarda çamur sıcaklığının bir hayli yükselebileceğini göstermektedir. Bugüne kadar yapılmış derin sondajlarda 200°C nin üzerinde sıcaklıklar llmştr. Hatta İtalya'da yapılan jeotermik sondajlarda ısımın daha yüksek değerler aldığı görülmüştür.

2. Basınç : Delik tabanındaki maksimal basıncı sükûnet halindeki çamurun hidrostatik basıncı olarak kabul edebiliriz. Böylece hidrostatik basıncın derin sondajlarda 500 kg/cm2 yi aşacağı aşıkrdır. Mesel 4000 m. derinliğe inmiş olan bir sondaj deliğinin tabanındaki basınç çamur özgül ağırlığı (d = 1.6) ise 640 kg/cm2 olacaktır. Çamurun tabana yüklediği basınç sirkülasyon anında pompa basıncından dolayı da bir miktar artabildiği gibi tijlerin çekilmesi halinde çamurun tijlere yapışmasıyla da bir miktar azalabilir.

Genel olarak çamurun hidrostatik basıncının zeminin kuyu cidarlarına yaptığı basıncı karşılayacak değerde olması lazımdır. Yani zemin basıncı (1.10 atm./10 m) olduğuna göre (d = 1.1) zgl ağırlığındaki bir çamur bu basıncı karşılayabilirdi. Fakat bir çok özel sebeplerden dolayı özgül ağırlıkları (d = 11-2) arasında değişen çamurlar kullanılmaktadır.

Yukardaki misallerde görüldü ki derin sondajlarda hidrostatik basınç 500 kg/cm2 yi aşmakta ve sıcaklığı da (200°C) nin üzerine çıkmaktadır. Acaba bu yeni şartlar altında çamurun özelliklerinde bir değişme oluyor mu. bunun aydınlatılması gerekmektedir.

b) Sondaj amurunun Görevi ve Tikstropi zelliği :

1. Görevi : Sondaj amurlarının genelle iki asıl görevi vardır :

a) Delik cidarlarında stabilite yaratarak boru indirmeyi gerektirmeksizin mümkün olduğu kadar derinlere inmeyi sağlar.

b) Kırıntılarını = (Cuttingleri) yeryüzüne taşır ve sükûnet anında tikstropi özelliğinden dolayı hemen katılaşarak kırıntılarının dibe kp tijleri sıkıştırmasını önler.

2. Sondaj amurunda Akma Sınırı ve Tikstropi özelliği :

amurlar normal sıvılardan ayrı bir akıcılık özelliğine sahiptirler. Normal sıvıların bir boru içindeki akımını itici kuvvetle orantılı olduğu halde sondaj amurlarının akmaya başlaması için itici kuvvetin belli bir sınırı değerini aşması gerekmektedir, tşte bu değer çamurun «akma sınırı» denir. Bu değer sabit bir değer olmayıp çamurun sükûnette kaldığı müddetle değişir. Çamur sükûnette ne kadar çok kalmışsa akma sınırının da okadar yüksek olur. İşte amurun akma sınırının zamanla değişmesi özelliğine de «tikstropi özelliği» denir. şu halde sondaj çamurları sükûnette iken katı bir cisim özelliği gösterirler ve sıvı haline geçmeleri için belli bir kuvveti gerektirirler. Bir sondaj çamurunun akma sınırının ne kadar ykseksse, kırıntılarının çamur sükûnette iken dibe çökmeleri de okadar yavaş olur veya hiç olmaz. Nitekim, amur içindeki bir kırıntı parçası genel olarak iki kuvvetin etkisindedir:

1. Yerçekimi = v. (s-d). g aşağıya doğru.

2. Çamurun tutma kuvveti = F.T. yukanya doğru şayet V. (s-d). g = F.T ise kırıntı çamur içinde hareketsiz kalır. Bu eşit-

$$V. (s-d).g$$

likten $T = \frac{V. (s-d).g}{F}$ bulunur.

Eşitlikteki değerler :

V = Kırıntı hacmi

F = » yüzey alan

S = » zgl ağırlığı

d = çamurun özgül ağırlığı

g = Yerçekimi ivmesi

T = amurun akma sınırı

$$V. (s-d).g$$

$T = \frac{V. (s-d).g}{F}$ olduğu müddetçe çamur

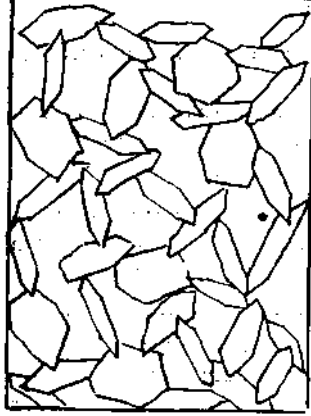
sükûnette- olsa dahi kırıntılar aşağıya çökmezler.

Kırıntıların yeryüzüne nakil pompa basıncı ile normal sıvılarla da mümkün olabilir. Ancak bu takdirde sondaj sükûnette iken dibe çökmeleri önlenemez, bunun için derin sondajlarda mutlaka tiksotropi özelliği olan çamurlar kullanılmalıdır.

c) Tikotropi özelliği Üzerine Teoriler :

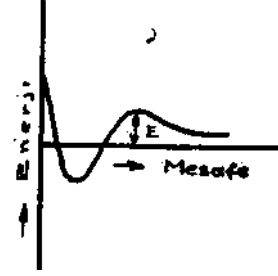
literatürde Tikotropi üzerine çeşitli teoriler Ueri sürülmektedir:

F.L. Usher [7] yapmış olduğu ultramikroskopik deneyler neticesinde koloidal taneceklerin sükûnet halinde iken birbirlerine temas ederek kafes sütrüktürleri meydana getirdiklerini ve böylece tiksotropi özelliğini aldıklarını müşahade etmiştir. Buna mukabil Houwink ve Oakeş tiksotropinin sıvı ile koloidal tanecekleri arasında meydana gelen potansiyel), değişiminden Ueri geldiğini iddia etmekte. W.V. Engelhardt ve W. Wisman aynı görüşü savunup tiksotropi teşekkülünde potansiyel değişimi eğrisinin (Şekil: 2) de gö-



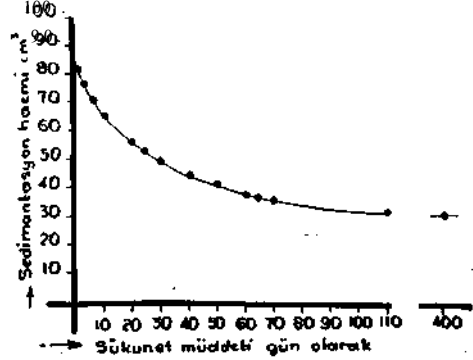
Şekil: 2 — Koloidal tanecekler arasında husule gelen potansiyel değişimi [4].

rüldüğü gibi olduğunu ve koloidal eriyik sükûnette iken taneceklerle sıvı arasındaki potansiyelin senklinal durumuna geçtiğini ve böylece tiksotropinin bozulması için belli bir (E) enerjisine ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Tikotropinin b« şeklinde İzahından koloidal taneceklerin birbirleriyle temas etdiklerini, aralarında mesafeler olup dengede kaldıklarım kabullenmemiz gerekiyor. Halbuki Hofman ve Hausdorf taneceklerin (Şekil: 3) te görüldüğü gibi birbirlerine temas ederek bir kafes meydana getirdiklerini ve za-



Şekil: 3 — Hoffmann ve Hausdorf'a göre [8] koloidal eriyiklerin sedimantasyonunda taneceklerin durumu.

manla taneceklerin sedimantasyon hacminde azalma olduğunu (Şekil: 4) ve bu hacmin santrifujla daha da azalabileceğini göstermişlerdir. Şu halde tanecekler arasında belli bir denge durumunun olmadığını kabul etmek gerekiyor.



Şekil: 4 — Hoffmann ve Hausdorf'a göre [8] Koloidal bir eriyikte sedimantasyon hacminin zamanla değişimi.

Bütün bu iddialar gösteriyorki tiksotropi özelliği bir çok etkenlere bağlı olarak değişebilmektedir.

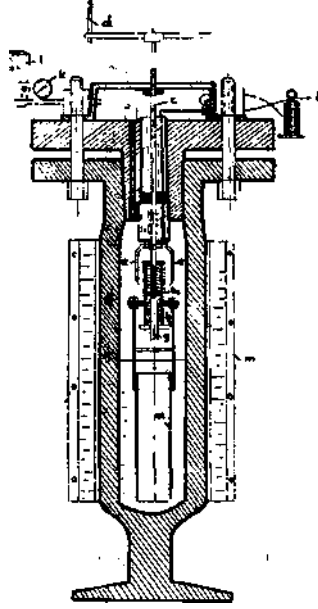
d) Tikotropi Değerinin Ölçülmesi :

Tikotropi, akma sınırının zamanla değişimi olduğuna göre belli bir zaman sükûnette kalan çamurun akma sınırı değerini ölçmek ve sükûnette kaldığı zamanı tesbit etmekle bu zamana ait tiksotropi değeri ölçülmüş olur. Akma sınırı, çamurun bir yüzeyi kavramasına karşı bu yüzeyi harekete geçirebilecek kuvvet olarak kabul edileceği için birimi (dyn/cm²) olarak ölçülür. Pratikte çamurların tiksotropi değerleri önce (o) dakikalık, sonrada (10) dakikalık dinlenmeden sonra ölçülerek kaba bir görüş sağlanır.

n. Deneyler:

a) Tikstropinin muhtelif Basınç ve Sıcaklık Altında Değişiminin İncelenmesi :

1. ölçü Prensibi ve ölçü Aletinin İzahı : Basınç ve sıcaklık değişimi ile tikstropi özelliğinin ölçülmesi (Şekil: 5) gösterilen basınç



Şekil: 5 Autoklavın yapısı.

tikstometresi = Autoklav ile yapılmıştır, ölçü prensibi, daha sonra izah edilecek olan Grodde Tikstometresinin (Şekil: 8) aynıdır. Yani Autoklavda bulunan çamur içine sarkıtılmış olan dörtköşe İçi boş tenek kutu (a) belli bir müddet çamur içinde bekletildikten sonra Autoklav dışındaki (d) kolunun döndürülmesiyle yukarı çekilmekte ve böylece tenek kuturunun yüzeylerini kavrılayan çamurun tutma kuvveti ölçülmektedir, (d) kolunun döndürülmesiyle yukarı çekilen (c) vidalı çubuğu (a) kutusunun asılı bulunduğu (b₁-b₂) yaylarını germekte ve bu germe kuvveti çamurun tutma kuvvetini (Akma sınırın) aştığı an yukarı çekilen (a), (e) kontaklarıyla İrtibatı sağıyarak Autoklav dışında bulunan (f) haber lâmbasının yanmasını sağlamaktadır. Deneylere başlamadan evvel (d) kolunun dönme sayısı ile (b₁-b₂) yaylarının gerilimi arasındaki bağıntıyı bulmak için (b₁-b₂) yaylarına muhtelif ağırlıklar asılarak (Şekil: 6) da görülen eğriler tesbit edilmiştir. Böylece (d) kolunun dönme sayısından (G) gerilim kuv-

vetin hesaplamak mümkün olmuştur. (G) Gerilim kuvvetinden çamurun akma sınırını hesaplamak için şu formülü kullanabiliriz :

$$T = \frac{980 (G + dVa - Ga)}{F_a} \quad (\text{dyn/cm}^2)$$

1. G_a = Dörtköşe kutunun (a) ağırlığı (gr)
2. V_a = Dörtköşe kutunun hacmi (cm³)
3. F_a = » » yüzeyalanı (cm²)
4. G = Gerilim kuvveti (gr)
5. d = çamurun özgül ağırlığı (gr/cm³)
- 980 = Yer çekimi ivmesi (dyn)

Her ölçüden sonra çamurun tekrar karıştırılması gerekmektedir. Bu iş (c) ubuğu ucundaki (g) kertiğinin (a) nın asılı olduğu kollara bağlı olan (h) ya geçirilmesi ve böylece (d) kolunu sağa - sola çevirerek (a) nın hareket ettirilmesiyle mümkün olmuştur. Çamurun muhtelif sıcaklıklara kadar ısıtılması ise Autoklav etrafını kavrılayan (m) elektrik ısıtacıyla sağlanmıştır. Çamur üzerine muhtelif basınçlar basınçlı hava tüpünden verilmiş ve bu (k) manometresi ile ölçülmüştür.

2. Deneye Tabi Tutulan amur Cinsleri ve özellikleri :

Özet kısmında da belirtildiği gibi deneyler tamamen pratikte kullanılan sondaj çamurları üzerine yapılmıştır. Sondaj tekniğinde kullanılan çamurlar genel olarak üç grup altında toplanabilir :

1. Kil + Su karışımı amurlar
2. Kil + Tuzlu su karışımı amurlar
3. Kil + Jips + Su karışımı amurlar.

Bu yukarıda belirtilen çamurlardan (7) muhtelif özellikte çamur tipi hazırlanarak deneye tabi tutulmuşlardır. Çamurların hazırlanması ve 48 saat dinlendirilmeden sonra Tablo: I de gösterilen özellikleri D.E.A. Şirketinin Wietze/Almanya Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Deneye tabi tutulan çamurların terkip ve özellikleri şöyledir :

Çamur No.: 1

Terkibi: 4.25 İt. su + 20 gr. NaOH + 1.5 kg. kil + 800 cm³ B77 % 10 luk özelliği: Bak. Tablo I. Sütun 1.

Çamur No.: 2

Terkibi: Uygun terkipte hazırlanan bu amur Hardesse 6 sondajında kullanıldıktan sonra deneye tabi tutulduğu için ilk terkipi değişmiştir.

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun 2.

Çamur No.: 3

Terkibi Uygun terkipte hazırlanıp Platen-
dorf 6 sondajında kullanıldıktan
sonra deneye tabi tutulmuştur.

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun.

Çamur No.: 4

Terkibi: Platendorf 6 sondajında kullanı-
lmıő, çamura deneyden önce % 0.2
NaOH + 0.5 CaSO₄ + % 2 B77
+ % 1 NaCl ilve edilmiştir.

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun 4.

Çamur No.: 5

Terkibi: 3 İt. kil + su karıőımlı normal
Çamura 1 İt. B77 % 10 luk +
1200 gr NaCl ilve edilmiştir.

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun 5.

Çamur No.: 6

Terkibi: 8 İt. su + 2.4 kg kil + 32 gr.
NaOH + % 1 B77 + : 1 jips
+ % 1 NaCl

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun 6.

Çamur No.: 7

Terkibi : 8 İt. su + 4 kg kil + 30 gr.
NaOH + 2 İt. BT % 10 luk +
100 gr. NaCl + 200 gr. jips +
% 3 clarsol FBI

zelliği: Bak. Tablo I. Sütun 7.

3. Deneylerin Yapılıő Tarzı:

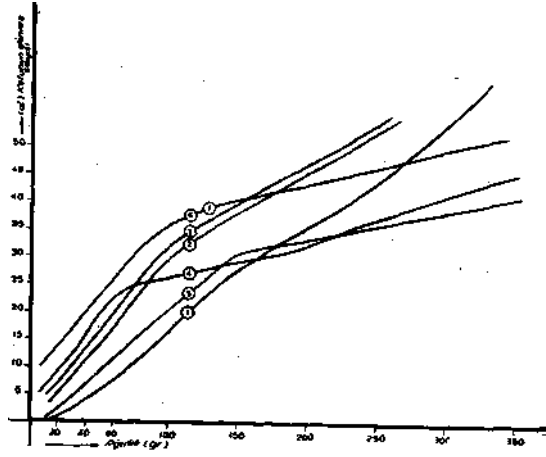
Hazırlanan ve özellikleri kontrol edilen çamurlar dört gün daha dinlendirildikten sonra deneye tabi tutulmuşlardır, lu sıcaklığı olarak (20° - 50° - 80° - 120°C) lerli tesblt edilmiştir. Daha yüksek sıcaklıkların mevcut elektrik ısıtacıyla sağlanması mümkün olmamıştır. Bir deney süresi boyunca sıcaklığın sabit tutulması devreye bağlanmış olan bir Reosta tarafından $\pm 3^\circ\text{C}$ lik bir hata payı e mümkün olmuştur. Basınç altında yapılması gereken deneyler için basınçlı hava tüpleri kullanıldı. Tüplerin basıncı azami 150 at. olduğu için ancak bu basınçtan daha kk değerler altında deney yapılabilirdi. Basınç altında yapılan bir kaç tecrübe deneyi gösterdi ki basıncın tikstrotpl değişimi üzerine önemli bir etkisi olmamaktadır. Bu bakımdan deneyler önce tüpün verebileceği azamt basınç altında sonra basınçsız olarak yürütüldü. Yani ilk deney serisinden son deney serisine kadar (120-0 at, 120-0 at, 100-0 at, 90-0 at, 70-0 ati 60-0 at, 55-0 at) değerleri tatbik edildi. Yalnız (120°) deki ölçüler çamurun kaynama-sını önlemek için (0) at yerine (10) at altında yapılmıştır.

Her basınç ve her sıcaklık altında yalnız 10 dakika bekleme sonrası tikstrotpl değerleri lld. 10 dakika bekledikten sonra Autoklavın (d) kolu sabit bir hızla (1 devir/5 saniye) dndrlp haber lmbası yanana kadar

Tablo : I

Deney amurlarının özellikleri

Çamur No.	1	2	3	4	5	6	7
Özgül ağırlık	1,16	1,30	1,29	1,32	1,33	1,19	1,24
Kum miktarı	0,6	0,6	0,8	1,0	—	0,7	—
Viskozitesi	105/150	82/116	84/117	117/00	132/213	178/244	100/141
pH - Değer	11,5	—	11,5	12,5	8,8	13,0	10,0
Pres suyu (cm ³)	4,1	3,6	9,5	4,8	2,4	2,9	3,6
Filtre okeltisi (mm)	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,9
Tuz miktarı %	0,65	1,65	1,30	1,55	23,20	1,50	—
Alkalitesi	0,98	0,45	2,0	—	—	0,6	0,07
Na ₂ SO ₄ ÷ CaSO ₄ %	Zayıf	Zayıf	—	0,6	Zayıf	Kuvvetli	Kuvvetli



Şekil: 6 — Çeşitli deneylerde (d) kolunun dönme sayısı ile antoklav yaylarının gerilimi arasındaki bağlantı.

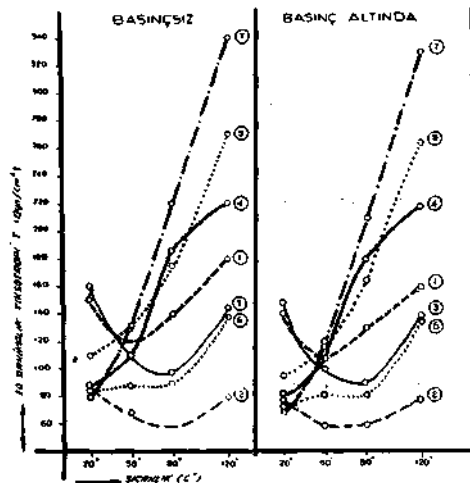
yapılan devir sayısı tesbit edildi. Sayılan devir sayısından (Şekil: 6) daki diagram yar-

dımıyla (G) gerilim kuvveti ve $T = \frac{F}{980}$

(G \neq dV — Ga) formülünden de (T) tiksotropi değeri hesaplandı. Deneylere ait neticeler (Şekil: 7) de görülmektedir.

ölçüler için kullanılan alet bir çok bakımlardan zorluklar yaratmıştır.

Basınç altında iken çamurun karıştırılması mümkün olmadığı gibi, (d) kolunun devir sayısından «Akma sınırı» gibi küçük değerleri ölçmek her zaman dakik olmamıştır.



Şekil: 7 — Deney neticelerinin grafiklerle gösterilmesi.

Ayrıca (b, — b₂) yaylarının sıcaklıktan dolayı esnekliklerini kaybetmeleri de imkân dâhilinde idi.- Aletin gayeyi karşılayacak bir çok noksanları vardı. Bütün bu eksikliklerden doğabilecek hataları bertaraf etmek için uzun zaman alan çok sayıda ölçüler alma ve tekrarlama yoluna gidildi.

4. ölçü Neticeleri:

Deneylere ait rakamların grafikte gösterilmeleri (Şekil: 7) de görülmektedir. Grafikteki eğrilerin durumundan şu neticeleri çıkarmak mümkündür :

1) Eğrilerin farklı durumlar arzette'eri çamurların farklı konsantrasyon ve terkiplerinden ileri gelmektedir. Şu halde çamur terkiplerinin tiksotropi değeri üzerinde önemli etkisi vardır.

2) Genel olarak sıcaklık artışı tiksotropi değerinde de bir artış yaratmaktadır.

3) Bu artış tuzlu ve jipsli çamurlarda killi çamurlara nazaran daha fazla olmaktadır.

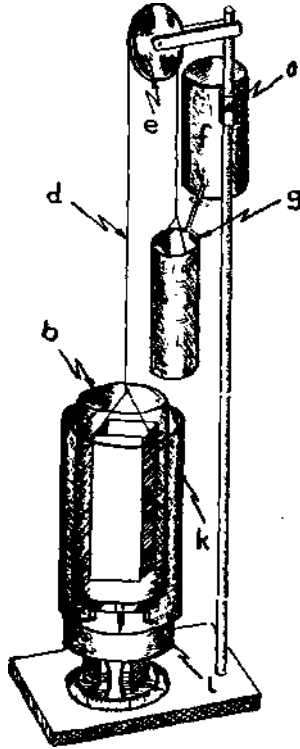
4) Killi çamurlarda 50" 80°C arasında tiksotropi değeri düşmektedir.

5) Basınç artışının (deneylerde tatbik edilen 0-120 atü. değerleri arasında) tiksotropi üzerine etkisi azdır. Basınç tiksotropi değerinde cüz'i bir azalma yaratmakta ve bu azalma düşük sıcaklıklarda yüksek sıcaklıklardakine nazaran daha fazla olmaktadır.

b) Tiksotropinin Zamanla Değişimi Üzerine Deneyler

1. ölçü Aleti ve ölçü Prensipleri ;

Tiksotropinin zamanla değişimini tahkik için «Grodde Tiksometresi» kullanılmıştır. (Şekil: 8) de görülen alet basit buna mukabil çamurların tiksotropi değerlerini (100°C) nin altındaki sıcaklıklarda ölçmek için gayet kullanışlı ve hassastır. Ölçü prensibi Autoklavın aynıdır. Yani hafif metalden yapılmış dört köşe içi boş bir (a) kutusu (b) kabı içinde bulunan deney çamuru içine sarkıtılmakta ve arzu edilen müddet bekletildikten sonra (f) su kabının (g) musluğu açılarak (e) makarasından geçen (d) ipi ile (a) ya bağlı olan (c) kabına su akıtılmaktadır, (a) kutusunu çamurun' tutma kuvvetinden kurtararak yukarı çekilmesini sağlayan (c) kabı içindeki su miktarından çamurun belli bir müddet sonraki tiksotropi değeri (dyn/cm2) cinsinden hesap edilmektedir.



Şekil: 8 — Grodde tiksometresi.

Alete ait değerler Őyledir :

$$G_a = (a) \text{ kabının ağırlığı } \ll 114.1 \text{ gr.}$$

$$V_a = \gg \gg \text{ hacmi } = 12.2 \text{ cm}^3$$

$$F_a = \gg \gg \text{ Yüzey alanı } = \frac{980}{2} \text{ cm}^2$$

$$G_c = (c) \text{ kabının ağırlığı } = 59.4 \text{ gr.}$$

$$G_s := (c) \text{ kabına toplanan suyun ağırlığı } = \dots \text{ gr.}$$

$$d = \text{ çamurun özgül ağırlığı } = \dots \text{ gr/cm}^3$$

$$T = \frac{980}{F_a} (G_s + G_c + dV_a - G_a) \text{ (dyn/cm}^2\text{)}$$

formölünde değerler yerine konulduğu takdirde

$$T = 2 (G_s + 59.4 + d \cdot 12.2 - 114.1)$$

k

$$T = 2 (G_s + k) \text{ formölü bulunur, (k) -}$$

değerini çamurun muhtelif özgül ağırlıklarına göre aŐađıdaki tabloda grldektedir.

Özgül ağırlık	d	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Korektr	k	-42.50	-41.28	-40.06	-38.84	-37.62	-36.40	-35.18

Deney anında çamurun ısıtılması (e) elektrik ocağı ile sađlanmıŐtır.

2. llerin YapılıŐ Tarzı :

Tiksotropinin zamanla değişimi, çamurun iyice karıŐtırılıp belli bir (t) müddetle sükûnette bırakılarak (T) - akma sınırının tesbiti Şeklinde olmuştur. Bütün llerde sükûnet müddeti olarak (1-3-10-30-90-270- ve 900) dakika ve sıcaklık olarak da (20°C - 50°C - 80°C) değerleri alınmıŐtır. Çamurun deney müddeti boyunca buharlaŐarak st yüzeyinin kurur-maması için üzerine bir miktar ağır yağ dökülmüŐtür, ve (80°C) deki ller ancak 90 dakikaya kadar yapılabilmiŐtir.

Deneyler her çamur için asgari iki defa tekrarlanmıŐ ve böylece hataların önlenmesi sađlanmıŐtır.

3. Deney Neticeleri ve Pratik Yn :

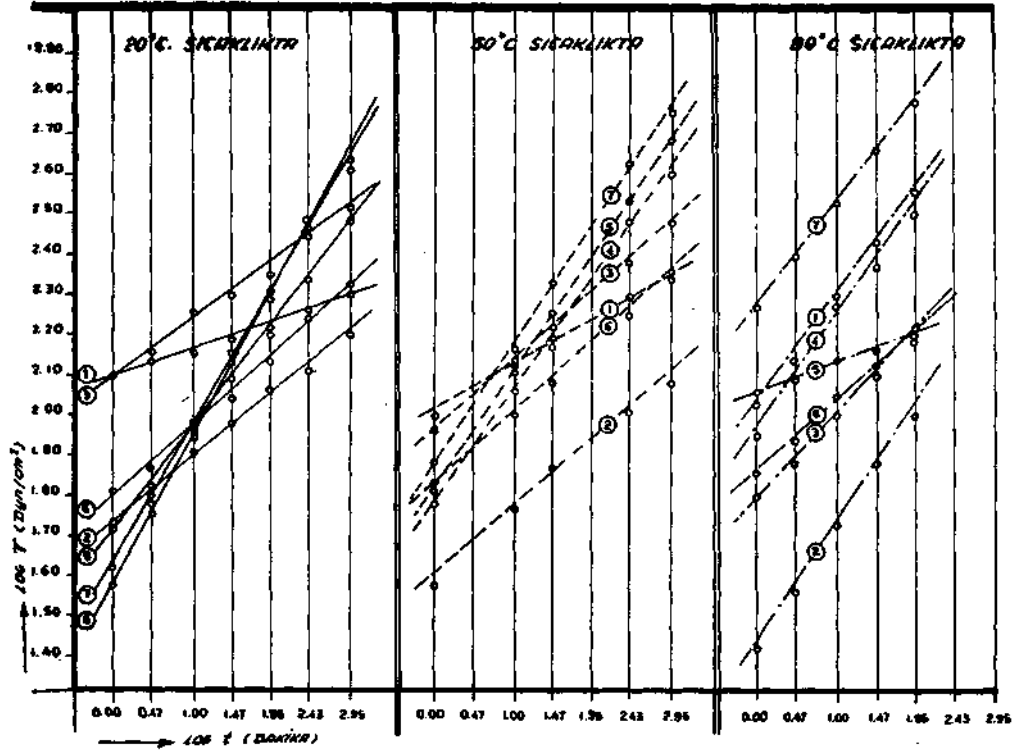
Deneylere ait değerler ve bu değerlere ait normal ve logaritmik eğriler (Şekil: 9-10) görülmektedir.

Grafiklerin tartıŐmasından Şu neticeleri çıkarmak mümkündür .;

1. Bütün çamurlarda tiksotropi değerini sükûnet müddetine bağlı olarak baŐlangıçta hızla sonraları ise gittikçe zayıflayan bir artış göstermektedirler.

2. Sıcaklık ne kadar yüksekse tiksotropinin zamanla artışı da o nisbette çabuk olmaktadır.

3. Değerlerin logaritmik verileri doğru-lar üzerine düŐtüđüne göre tiksotropinin zamanla artıŐında bir devamlılık vardır. Böylece



**Şekil : 9 — eşitli sondaj çamurlarında
tikotropi değerlerinin sıcaklık ve zamanla
değişiminin logaritmik grafiği.**

Hoffman ve Hausdorf'un tikotropi üzerindeki düşüncelerinin yerinde olduğunu kabul etmek gerekiyor.

4. Grafiklerdeki eğrilerin denklemleri genel olarak $T = At$ ve bunun logaritması ise $\log T = \log A + b \log t$ olduğuna göre tikotropinin zamanla değişimi bu formüllerle hesaplanabilir.

5. Tikotropinin zamanla değişimi logaritmik olarak bir doğru boyunca arttığına göre yalnız (t_j) ve (t) zamanları için ölçülen değerlerin doğrusunu uzatmak suretiyle muhtelik zamanlara ait tikotropi değerini hesaplamak mümkün olacaktır.

REFERANSLAR

- [1] V. Engelhardt, W. : Kolloidchemische Grundlagen der Spülungstechnik. Erdöl u. Kohle (1944) No. 35/36, S. 620 - 634.
- [2] Grodde, K.H. : Beiträge Zur Rheologie disperser Systeme, Sonderabdruck aus Erdöl u. Kohle (1953), S. 608-631
- [3] Hofmann, U. and Housdorf, A. : Über das Sedimentvolumen und die Quellung von Bentonit. Kolloid - Z. 110 (1945), H. 1.
- [4] Houwink, R. : Elastizität, Plastizität und Struktur der Materie. Verlag Theodor Sternkopf, Oresden a. Leipzig, (1950) S. 45 - 46 ve 332 - 337.
- [5] Oakes, D.T. : Elektrokinetic Phenomena in Colloidal Clays. (Dissertation) University of Oklahoma.
- [6] Richard, : Das Verhalten der Spülung bei hohen Temperaturen und DrOeken. Erdöl - Zeitungsbl. (1952), H. 12. S. 143 - 146.
- [7] Usher, F.L. : Proc. Roy. Soc. A. 125 - 143 (1929)
- [8] Wissmann, W. : Die thixotrope Sol - Gel - Umwandlung und das Fließverhalten Von Bentonit - Spülungen. Sonderdruck aus Bergb. Wiss. 2 (1955) Heft 5, S. 134 - 138.