

Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

Jeotermal Kuyularda Teçhiz ve Çimentolama

Casing Design and Cementing in Geothermal Wells

S.Özüdoğru

MTA Ege Bölge, Müdürlüğü, Bornova/IZMIR

ÖZET:Yüksek basınç yanısıra jeotermal kuyularda yüksek sıcaklıkta söz konusudur.Bu aşın şartlar kuyu içinde kullanılan muhafaza borusu ve çimento gibi malzemeleri etkiler.Bu nedenle uygun boru ve çimento seçip kullanmak çok önemlidir.

Bu çalışma değişik boru ve çimentoların teknik özellikleri ile klasik bir çimentolama işleminin yapılışından bahsetmektedir.

ABSTRACT Besides of the high pressure,high temperature also present in geothermal wells.These extreme conditions effect the material used in wellbore such as casing and cement.Because of this, it is very important to select and use proper graded casing and cement type.

This study deals with the different casing and cement technical specifications and conventional cement operation.

1.GİRİŞ

Jeotermal enerji alanında sondaj faaliyetleri devlet sektörü eliyle yürütülürken son yıllarda özel sektör kuruluşlarının konuya yakın ilgi duymaya başladığı izlenmektedir.

Bu duruma neden olan en büyük faktör, jeotermal enerjinin başta konut ısıtmacılığı olmak üzere genel amaçlı kullanımına talebin hızla artmaya başlaması,dolayısıyla sahalarda kapasite tespit ve arttırımı için çok sayıda sondaja ihtiyaç duyulması gösterilebilir.

Jeotermal sondaj malzemelerinin pahalı olup

ancak yurtdışından temin edilebilmesi yanısıra gerek sondaj tekniği gerekse spesifik bazı operasyonlar hakkında dilimizde yayınlanmış yeterli eser bulunmaması sektörün önündeki en büyük güçlükler olarak görünmektedir.

Özellikle yüksek sıcaklıklı sahalarda yapılacak sondaj uygulamaları son derece teknik ve dikkatli çalışmayı gerekli kılmaktadır.

Jeotermal enerji sondajları hakkında bulunabilen başvuru kaynaklarının hemen hemen tamamı ingilizce olduğu için bu yazı içeriğindeki birçok teknik terim ingilizce karşılıkları ile verilmiştir.Bazı malzeme ve terimlerin dilimize

çevrilebilen anlamlı karşılığı olmadığı için de sadece İngilizce'de anıldığı şekliyle belirtilmiştir.(Float Shoe,Float Collar,...gibi)

Jeotermal kuyu planlaması ve dizaynı yapılırken en önemli aşamalardan biri kuyu içinde karşılaşılabilecek maksimum sıcaklık ve basınç gözönüne alınarak uygun teçhiz borusu ve çimento cinsinin tespitidir.

Zira sondaj sırasında ve sondaj bitirilip kuyu üretime açıldığında tüm bu malzeme anılan kuvvetler ile termal ve korrosif ortamın etkisi altında kalacaktır.

2.MUHAFAZA BORUSU (CASING)

Jeotermal kuyularda muhafaza boruları,yüzey akiferlerini veya düşük sıcaklıklı akışkan taşıyan zonları kapatmak, formasyonlar arası akışkan geçişini önlemek, kuyu çapını korumak, sondaj sırasında olabilecek kontrolsüz blow-out olaylarını önlemek, kuyu üretiminin sürekli olarak yapılmasını sağlamak gibi amaçlarla indirilir.

Değişik jeotermal sahalarda farklı fiziksel,kimyasal,formasyon (rezervuar) şartları bulunması yanısıra boruların indirileceği derinliklerde farklı olacağından bu borular mikro yapıları,et kalınlıkları,diş ve manşon tipi olarak farklı tiplerde üretilirler.

API (American Petroleum Institute) tarafından sınıflandırılarak standardize edilen borular tanınmaları için değişik kod numaraları ve üzerlerinde farklı renk bantları bulunarak kullanıma sunulurlar.Bunların başlıcaları J55, K55, N80, C75, C95, H40, P110'dur.

3.KUYU İÇİNDE BORUYU ETKİLEYEN KUVVETLER

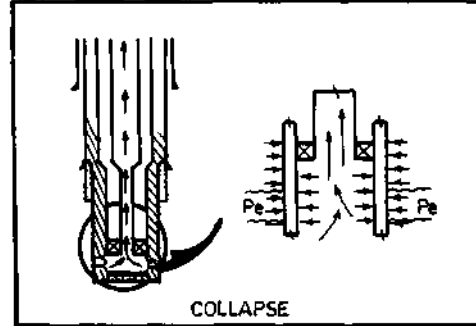
Çimentolanmak üzere kuyuya indirilen boruları kuyu içinde etkileyen birçok kuvvet olup bunların başlıcaları:

- Çökertme Kuvveti (Collapse)
- tç Gerilme Kuvveti (Burst)
- Çekme Kuvveti (Tension)
- Basma Kuvveti (Compression)

Bu kuvvetler haricinde kuyu içindeki boru dizisini etkileyen kuvvetler olarak yüksek sıcaklık ve korrozyon etkili çevresel şartları sayabiliriz.Ayrıca bilinen kuvvetler yanısıra sondaj sırasında kuyuda oluşmuş key hole,dog-leg gibi olumsuzluklar boru üzerindeki yüklerin karmaşık olmasına neden olacaktır.

3.1.Çökertme Kuvveti (Collapse)

Boru dizaynında ilk gözönünde bulundurulması gereken faktör olup.boru dışındaki (anülüs) akışkanın boruya dıştan uyguladığı basınç yüküdür.

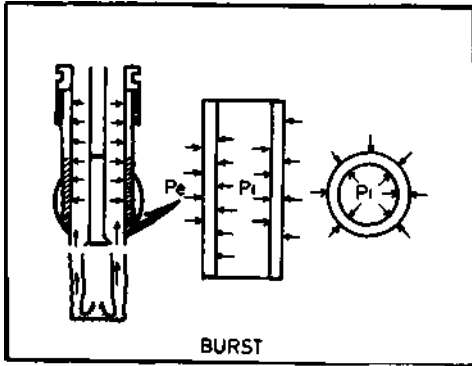


Bu yük boruyu içe doğru çökmeye zorlar.Matematik olarak (Pdış-Piç) olarak ifade

edilebilecek olan bu kuvvetin değeri tabanda maksimum olur.Boru içinin boş olması durumunda ise collapse yükünün boru üzerindeki etkisi daha da fazladır.

3.2.İç Gerilme Kuvveti (Burst)

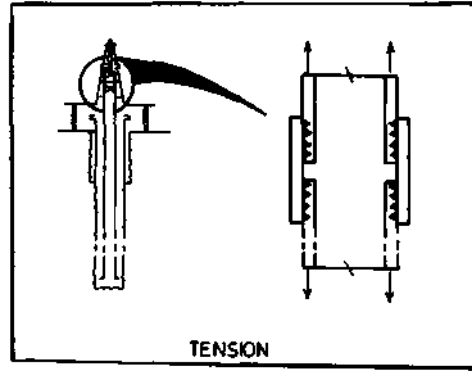
Boru içi basınç ile boru dışı basınç farkı olarak ifade edilebilecek bu kuvvet iç hidrostatik basınçlar, çimentolama basınçları, yoğunluk değişimleri, kuyu üretimi ve kuyu içinde (kuyu başında) gaz birikimleri gibi nedenlerle oluşur.Çimentolama sırasında özellikle öteleme sıvısı basılırken boru dizisinin üst kısmında maksimum değerine ulaşır.



3.3.Çekme,Uzatma Kuvveti (Tension)

Boru dizisi üzerinde, borunun kendi ağırlığı ile oluşan kuvvettir ve boruyu uzamaya zorlar.Her bağlantı eleman (manşon),kendinden sonraki (altındaki) boru dizisinin ağırlığını taşımak zorundadır.Bu nedenle yüzeyde maksimum olup tabana doğru bazı noktalarda ve tabanda sıfıra yaklaşır.Boruların bağlantı elemanları olan manşon ve boru dış tipleri farklı şekil ve ebatlarda üretilirler.API standartlarına göre

manşonlar kısa dişli.STC (Short Thread Coupling),uzun dişli LTC (Long Thread Coupling), diş tipi olarak ise 8 round dişli,Buttres dişli, VAM dişli.Extreme line tiplerinde üretilirler.



3.4.Basma,Sıkıştırma Kuvveti (Compression)

Basma kuvveti,içteki daha küçük çaplı boruyu taşıyan boru (özellikle yüzey boru) da oluşan etkidir.Bunun yanısıra üretim borusu iç kısmında hiçbir boruyu taşımadığından herhangi bir basma kuvveti söz konusu değildir.

Herhangi bir metale (örneğin çelik) yavaş yavaş çekme (Tension) veya basma (Compression) uygulandığında metalin boyunda nispi bir uzama veya kısalma gözlenir ki buna elastikiyet haddi veya uzama sınırı (Yield Point) denir.

Kuvvetin sürdürülmesi halinde metalin boyunda elastik ve plastik deformasyonlar ardından kopma veya kırılmalar meydana gelir. Bu nedenle kuyuya indirilen borulara gelecek tüm bu yükler yaklaşık olarak hesaplanmalı ve boru gerekli dayanımı sağlayacak tipte seçilmelidir.

3.5. Sıcaklık Etkisi (Thermal Effects)

Jeotermal kuyulardaki kuyu içi yüksek sıcaklık tüm metallerde olduğu gibi özel çelik alaşımlarından oluşan muhafaza boruları üzerinde de etkilidir. Özellikle üretim yapacak rezervuar zonunda ilerleme yapılırken ve üretim sırasında kuyu içi sıcaklığı aşırı derecede artar. Kuyu içinde var olan bu aşırı sıcaklık ortamda bulunan tüm metal malzemeyi genleşme ve uzamaya zorlar. Bu genleşme boruların orijinal dayanım (mukavemet) değerlerini olumsuz yönde etkiler.

Örneğin, API J-55 borular için yapılan testlerde borunun akma dayanımının (Yield Strength), 200 °C de %19, 250 °C de %27, 300 °C de %35 ve 350 °C de %42 azaldığı görülmüştür.

Ayrıca kuyuların açılıp kapatılması, yani kuyu içi sıcaklık değerlerinde büyük oranda değişimler yaratılması da malzemeyi genleşme, büzülme şeklinde çalıştıracığından zamanla malzeme yorgunluğu ve deformasyonlar oluşacaktır.

Kaynama şartlarında, verilen bir basınç değerine tekabül eden bir tek sıcaklık değeri vardır. Dolayısıyla anılan basınç değerine dayanımlı et kalınlığında seçilen borunun, o basınç değerine tekabül eden sıcaklık değerine de dayanması gerekir.

Esasen teçhiz borusu dizaynı gerçek uygulanabilir bir teknik değildir. Bunun nedeni kuyu içindeki gerçek yüklerin saptanmasındaki belirsizlikler ve korrozyon gibi faktörlerin etkisiyle zaman içinde boru özelliklerinin değişmesidir.

Bu tip belirsizlikleri elimine etmek üzere ve boru dizisine beklenenden daha büyük bir yük gelmesi durumunda dizinin gerekli dayanımı gösterebilmesi için bir emniyet faktörü kullanılır.

Sondaj şirketleri özgün kuyu şartlarma göre kendi tespit ettikleri emniyet faktörünü kullanırlar. Bu değerler yıllar süren sondaj ve üretim tecrübeleri sonunda geliştirilmiştir.

Genel olarak kullanılan emniyet faktörleri :

- Çökertme (Collapse) için: 0,85-1,125
- İç Gerilme (Burst) için: 1-1,1
- Çekme (Tensiyon) için: 1,6-1,8

4. KULLANILAN BORU ÇAPLARI VE YARDIMCI EKİPMANLAR

Kuyuya boru ile birlikte indirilen malzeme ve yardımcı ekipmanlar boru inişinin rahat yapılmasını, kuyu içinde düzgün pozisyon almasını, çimentonun sorunsuz basılmasını sağlamak gibi işlevleri yerine getirirler.

İnişte boruya kılavuzluk etmek üzere en alttaki borunun ucuna takılan guide shoe veya yine kılavuzluk görevi ile beraber içindeki yaylı bir check-valf sistemiyle anülüsteki akışkanın boru içine girişine (Back Flow) müsaade etmeyen float shoe, alttan ikinci veya üçüncü boruya takılan üzerine tapaların oturtulduğu yine geri akışa müsaade etmeyen float collar, Borunun kuyu içinde merkezlenerek çimento karışımının boruyu çepeçevre düzgün sarmasını (doldurmasını) sağlayacak merkezleyiciler (Centraliser), boru dizisi boyunca herhangi bir seviyede zayıf bir zon var ise buraya çimento

kaçışını önlemek üzere çimento sepeti (Cement Basket),kuyu cidarında bulunan çamur kekini sıyırarak çimentonun boru ve formasyonu sıkıca tutturmasını sağlamak üzere kek sıyırıcı (Wall Cleaner),çimento karışımı ile öteleme sıvışırım birbirine karışımını önlemek üzere alt.üst tapalar ve en üst boruya takılan çimento karışımı ile öteleme sıvışırım içinden basıldığı ve operasyon öncesi içine tapalar konulan çimentolama başlığı (Cement Head), çimentolama başlığının bağlandığı en üst borunun rotary masasında askıya alınması için (Casing Spider) belli başlı yardımcı ekipmanlar olarak sayılabilir.

Bahsedilen tüm bu malzemeler klasik bir çimentolamada kullanılan malzemeler olup,yaklaşık bin metre ve daha derine boru indirilip çimentolanması sırasında oluşan yüksek hidrostatik basıncın formasyonu yutarak buraya çimento kaçabilme riskine karşı kademeli çimento operasyonu uygulanır.Bu uygulamada kaçak yapabilecek zonun hemen üstüne klasik çimentolamada ki float collar yerine kullanılan kademeli çimento aleti (DV veya Multiple Stage Cémenter) takılır.Bu dizaynla kuyu birinci aşamada tabandan DV aletine.bu prizlenmeden sonra ise bu seviyeden yüzeye kadar çimentolanır

Bir diğer boru çimentolama tekniği de boru içinden indirilen takım dizisinin özel olarak imal edilmiş float collara (Stab-in float collar) vira edilerek çimentolamanın bu takım dizisi içinden yapıldığı metottur.

5.ÇBMENTO ÇEŞİTLERİ VE KATKI MADDELERİ

Çimento; kil, şist, kireçtaşı (veya kalsiyum karbonatça zengin diğer maddeler) ve kil ile şistin içinde yeterli miktarda yoksa bazı demir ve alüminyum oksitlerden meydana gelmiştir.

Bu malzemeler çok iyi harmanlanarak uygun oranlarda olmak üzere ya kuru ya da su ile karıştırılır.(Kuru işlem,yaş işlem)

Bu ham karışım;döner,meyilli bir fırının üst tarafına basılır.Fırın 1427-1530 °C 'de yanarken düzenli oranda ve yavaşça alt uca doğru hareket eder.Bu yüksek sıcaklık malzemede bazı kimyasal reaksiyonlara sebep olur ve Klinker dediğimiz malzeme meydana gelir.

Klinker.belirli miktarda alçıtışı ile birlikte Portlant çimentosunu meydana getirir.

API çeşitli amaçlar için üretilen çimentoları sekiz ayrı sınıfta toplamıştır.

5.1.API (A,B) Sınıf Çimentolar

Portland çimentosu olarak bilinen bu çimento bazı özel şartlar söz konusu olmadığı zaman,özellikle petrol kuyuları için yüzeyden 1850 metreye kadar olan çimentolamalar için üretilir.

API tarafından tavsiye edilen su çimento oranı ağırlıkça 0.46 (19.7 İt/torba) dır.

Portland tipi çimentolar jeotermal kuyularda katkısız olarak kullanılamazlar.Çünkü Portland çimentosu belli bir süre 230 °F (110 °C) 'den daha fazla sıcaklığa maruz kalırsa mukavemet

gücünü giderek kaybeder.Bu mukavemet kaybı kimyasal reaksiyonlar nedeniyle çimentonun prizlenmesi sırasında oluşur.

Mukavemet düşümü devam ederken çimentonun yapısında meydana gelen poroz yapıda artar.

5.2.API (C) Sınıf Çimento

Bu çimento da petrol kuyularında 1850 metreye kadar olan derinlikler için kullanılır.Portland çimentodan daha fazla Ca,S (Tri-Calcium Silicate) içerir ki bu madde çimento üretiminde fırınlanma sırasında oluşur ve çimentoye basma dayanımı (Compression) dayanımı kazandırır.

Su çimento oranı 0.56 (24 İt/torba) dır.Portland çimentosundan daha pahalı olup aynı test şartlarında pompalanabilme zamanının daha kısa olduğu gözlenmiştir.

Öte yandan kalsiyum kloritli Portland çimentosu,hızlandırıcısız bu tip çimentodan daha fazla dayanıma sahiptir.

5.3.API (G,H) Sınıf Çimentolar

Yüzeyden 2400 metreye kadar olan çimentolamalarda kullanılır.Çok değişik sıcaklık şartlarına hitap edebilmeleri için geciktirici veya hızlandırıcılarla modifiye edilirler.

Kimyasal olarak API B sınıf çimentoya benzerdirler.Ancak şiddetli kimyasal ve fiziksel şartlarda yapıları bozulmaz.İlk ürettikleri haliyle hızlandırıcı,geciktirici veya viskozite kontrol edici maddeler içermezler.Bu malzemelerin yüzde olarak miktarları kuyu şartlarına göre katılır.

5.4. API (D,E,F) Sınıf Çimentolar

Bu çimentoların bir kısmına bir organik bileşiktir kısmına ise bir kimyasal madde ile geç prizlenme özelliği kazandırılmıştır.En yaygın geciktiriciler lignin tipinde olanlardır.

Portland çimentodan çok daha pahalıdırler. Taşıdıkları özelliklere ihtiyaç duyulmadıkça kullanılmamalıdırler.

Çimentoya değişik amaçlarla bir takım katkı maddeleri ilave edilir.Bu katkı maddeleri esas olarak geciktiriciler ve hızlandırıcıdırler. Bunların yanı sıra hafifleticiler, ağırlaştırıcılar, sürtünme azaltıcılar ve ağırlaştırıcılar sayılabilir.

Hızlandırıcılar,kondüktör ve yüzey kuyuda çimentonun prizlenmesini hızlandırarak aşırı bekleme süresini azaltmak amacıyla kullanılır .En yaygın olanları :

- .HA-5
- Kalsiyum Klorit
- Sodyum Klorit
- Diacel A
- Cal Seal

Geciktiriciler ise çimento karışımının pompalanabilirlik süresini uzatmak üzere derin kuyularda kullanılır.Sıcaklığın yükselmesiyle çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyon hızı artar.Bu ise prizlenme süresini ve pompalanabilirliği azaltır. Yaygın olarak kullanılanlar :

- Kalsiyum Lignosülfanat
- Sodyumcarboxymethylhydroxyethylcellulose türevleri
- Organik Asitli Lignin Malzemelerinin karışımı

Hafifleticiler, anülüste bulunan çimento sütununun yaratacağı hidrostatik basıncı azaltmak üzere kullanılır. Bunlar :

- Bentonit
- Pozzolan
- Diatomaceous Earth
- Şişirilmiş Perlit ve Gibs

Ağırlaştırıcılar ise bentonit çamurunda old"ÖM gibi hematit, barit ve kumdur.

6. UYGULAMA TEKNİĞİ

ö.1. Gerekli Hesaplamalar

Boru iniş ve çimentolama öncesi bir takım hesaplamalarla gerekli sayı ve miktarda malzemenin temini ve hazırlanması için çalışma yapılır.

- indirileceği derinliğe göre boru dizisinin havadaki ve çamur içindeki ağırlığı,
- Borunun tabana indiği kabul edilerek boru üzerine gelecek çökertme, basma, çekme, iç gerilme kuvvetleri hesaplanıp emniyet faktörü ile birlikte bu yüklerle dayanabilecek boru cinsi tespit edilmesi,
- Anülüs ve boru içi hacimlerinin hesaplanması,
- Anülüs ve boru içinde hacimleri istenen yoğunlukta doldurabilmek için gerekli olan çimento, su, eğer kullanılacaksa kimyasal madde miktarları,
- Çimento basımı sonrası, çimentoyu öteleyecek

öteleme sıvısı miktarı ve öteleme sıvısı basılırken oluşacak basıncın hesabı,

- Operasyonun her aşamasının ne kadar süreceğinin yaklaşık olarak hesabı (özellikle kullanılacak geciktiricinin miktarı için çok önemli),

6.2. Boru İniş Öncesi Kuyunun Hazırlanması

Jeotermal kuyularda kondüktör ve yüzey boru indirilirken sıcaklık, basınç ve sapma yönüyle boru inişi ve çimentolama büyük özellik arzmezken ara boru ve üretim borusunun indirileceği seviyeler ya boru arkasına alınarak kapatılacak tali rezervuar geçilmesi veya kuyunun üretim yapacağı ana rezervuar zonuna yaklaşılması dolayısıyla sirkülasyon çamurunun ısısının artması, artan bu ısının da çamurun bozulmasına neden olması çimentolamayı en fazla etkileyecek ortamı oluşturur.

Bu nedenle boru iniş öncesi kuyunun aşağıdaki özellikleri taşıyacak şekilde hazırlanması gereklidir.

- Boru inilecek seviyeye kadar kuyu çapı tam ve kuyuda sapma mümkün olduğunca minimum düzeyde olmalıdır. Bu şartları sağlayabilmek, takım dizisi içinde reamer, stabilizer gibi ekipmanlarla yeterli ağırlığı verebilecek drill-collar bulunması ve ilerleme sırasında her üç veya dört tij boyu ilerlemede sapma kontrolü için tatco ölçüsü alınması ile mümkündür.

Çapm düşmesi ve sapmanın aşırı boyutlara ulaşması boru inişini güçleştirecek veya imkansız kılacaktır. Öte yandan yine sapmanın fazlalığı kuyu içinde düz bir şekilde askıda durması gereken boru dizisini kuyunun şeklini

almaya zorlayacağından malzemenin basma, çekme gibi kuvvetlere mukavemeti azalacaktır.

Yine böyle bir kuyuda, sapma nedeni ile oluşan sürtünmeden dolayı, ayrıca sapma açısı nedeniyle dizi üzerine takılması gereken merkezleyici sayısının fazlalığı sebebiyle çimento şerbetinin tüm anülüsü boşluksuz doldurması için yapılması gereken boruyu aşağı yukarı oynatma ve döndürme gibi işlevler yerine getirilemeyecektir.

Çamurun viskozite, yoğunluk, katı madde miktarı gibi özellikleri normal sınırlar içinde olmalı ve sıcaklık mümkün olduğu kadar düşürülmelidir.

Çamurun ısınması, kuyu cidanndaki kek kalınlığını, viskoziteyi, yoğunluğu arttıracak; çimento basımı sonrası öteleme sıvısı olarak bu çamur basılacaksa pompalamada sorunlar yaşanacaktır.

- Pompa üzerindeki gömlek alt tapayı patlatabilecek, öteleme sıvısını rahat basabilecek çapta olmalıdır.

6.3. Boru İnişi ve Sirkülasyon

Çimento prizlendikten sonra boru içindeki çimentonun kesimi sırasında dişlerden çözülme olmaması için float shoe'dan float collar'a kadar olan boru ve ekipman dizi bağlantısı kaynakla sağlamlaştırılır.

Tabandan itibaren ilk boruya ve daha sonra kuyudaki eğim derecesine göre belirli aralıklarla boru üzerine merkezleyiciler takılır.

Borular birbirine vira edilirken dişlerin hasar

görmemesi için üretici firmaların belirttiği sıkma momentlerinde sıkılmalıdırlar

En alt boruya takılan float shoe, check valf veya bilyalı tip ise boru içine kuyudaki çamur giremeyecek ve boru yüzmeye başlayacaktır. Bu nedenle zaman zaman gerekli ağırlığı sağlamak üzere boru içine çamur basılmalıdır.

Aynı malzeme boru inişi sırasında kuyudaki çamuru sıkıştırarak kuyu içindeki basıncı artırır hatta zayıf zonlardan çamur kaçığı oluşmasına neden olur.

Bu nedenle boru iniş hızının 1000 feet/saat ortalamalık bir değeri aşmaması tavsiye edilmektedir.

Son boruda inildikten sonra çimentolama başlığı bağlanarak kuyu sirkülasyona almır. Burada amaç viskozite ve sıcaklığın stabil hale gelmesini sağlamaktır. Çünkü takım çekilmesi ve boru inişi sırasında geçen sürede kuyudaki sıcaklık artarak bu iki değeri arttırmıştır.

Sirkülasyon sırasında eğer mümkünse çamur içindeki kırıntıların köprüleme yapmasını önlemek üzere boru asası yukarı oynatılmalıdır.

6.4. Çimentolama

Sirkülasyon kesildikten sonra kuyuya yaklaşık 3-4 m³ soğuk su basılır. Burada amaç hem anülüste yoğunluk farkı yardımıyla çamur kekinin sıyrılmasına yardım etmek, hemde çimentonun çamurla karışarak kirlenmesini önlemektir.

Su basımı bittikten sonra başlık içindeki alt tapa

bırakılıp çimento karışımı basılmaya başlanır.Alt tapanı float collar'ın üstüne kadar süren çimento,tapa üzerindeki diyaframı basıncı altında patlatarak float shoe'ya gelir ve anülüste yükselmeye başlar.

Çimento basımı bittikten sonra başlık içindeki üst tapa bırakılarak öteleme sıvısı basılmaya başlar.Öteleme sıvısının basılması sırasında çimento anülüste yükselişini sürdüreceğinden pompalama basıncı gittikçe yükselecektir. Basıncın ani yükselmesi üst tapanın alt tapa üzerine oturduğunu gösterir.Başlık üzerindeki vanaların kapatılmasıyla prizlenme için bekleme süresi başlar.

Çimento ve öteleme basımı sırasında bazı önemli hususlar yerine getirilmeli veya gözlenmelidir.

- Alt ve üst tapa çimentolama başlığı içinde mutlaka doğru konulmalıdır,
- Çimento basacak hat mümkünse çelik borulardan oluşmalı ve hattın sızdırmazlığı yüksek basınç ile test edilmelidir,
- Kuyuya basılan su,çimento karışımının yoğunluğu çok sık olarak çamur terazisiyle ölçülüp istenen yoğunluk sağlanmalıdır.Kazara kuyuya bir süre su basılması ve bu su kütlesinin ıki boru arasına yerleşmesi (Water Trap) ileride kuyuda tamiri mümkün olmayan boru çökme olaylarına neden olacaktır,
- Gerek çimento gerekse öteleme sıvısı basılırken pompa debisi mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır,
- Çimento anülüste yükselirken hem pompa

basıncı hemde kuyudan gelen çamur miktarı gözlenmelidir.Pompa basıncının sabitlenmesi ve kuyudan gelen akışkan miktarının azalması veya kesilmesi çimentonun formasyonu yırtarak kaçak yarattığını gösterir,

- Operasyon sırasında boru çevresinde köprülmenin önlenmesi için boru aşağı yukarı oynatılmalıdır,
- Jeotermal kuyularda çimentonun anülüsü tamamen doldurması istendiğinden ve bunu mutlaka sağlamak üzere hesaplanan anülüs hacminin %50-100 fazlası alınır .Bu nedenle öteleme sıvısı basılırken anülüsten çimento gelişi gözlenmelidir.
- Geciktirici miktarı çok iyi saptanmalıdır.Gereğinden az kullanılması halinde prizlenme erken başlayıp pompalamada sorunlar yaşanırken,çok kullanılması halinde prizlenme gecikecek ve eğer formasyondan mağmatik gaz sızıntısı var ise çimentonun içinde mikro anülüs oluşup üretim aşamasında iki boru arasından geliş olması gibi tehlikeli bir durum ortaya çıkacaktır.

7.GERMENCEK-ÖMERBEYLİ JEOTERMAL SAHASINDA YAPILAN UYGULAMALAR VE YAŞANAN SORUNLAR

Ülkemizde jeotermal sondaj faaliyeti en geniş kapsamlı olarak Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

MTA tarafından bulunan ve 230 °C lik kuyu dibini sıcaklığı ile Türkiye' nin en yüksek entalpili sahası Germencik-Ömerbeyli sahasıdır.

Sahada şimdiye kadar derinlikleri 285-2398 metre arasında değişen dokuz adet kuyu açılmıştır.

Boru cinsi olarak genellikle API K-55 tipi kullanılırken,ÖB-7 kuyusunda ilk kez denenen kademeli çimentolama jeotermal sahalarımızdaki tek örnektir.

Sondajlar sırasında uygulanan boru iniş operasyonlarında çok büyük aksamlar yaşanmamasına rağmen bazı çimentolamalar sırasında problemler yaşanmıştır.

Çimento cinsi olarak A sınıfı Portland çimento %30-40 oranında Silikaflour ile karıştırılarak basılmıştır.Ancak bu karışımın işçi gücüyle tam bir homojenlik sağlayacak şekilde yapıldığı söylenemez.

Çimento pompalayan araçların eski model olmaları nedeniyle sık sık arıza yapmaları operasyonlarda kesintilerin oluşmasına neden olmuş,bu kesintiler anülüse farklı yoğunlukta çimentonun basılmasına neden olmuştur.

Çimento sütununun oluşturduğu yüksek hidrostatik basınç nedeni ile formasyon yırtılması ve kaçak az sayıda kuyuda meydana gelmiştir.

ÖB-2 ve ÖB-4 gibi kuyularda ise yüzey boru dışından formasyonun yırtılarak kuyunun yandan geliş yapması sahada yüzey borunun 150 metre veya daha derine set edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Geciktirici olarak kullanılan Tartarik Asit kullanımında bir sorun yaşanmamış pompalanabilirlik operasyonlar boyunca

rahatlıkla sağlanmıştır.

Çimentolama sonrasında kuyudaki çimento seviyesini ve çimento yapısını gösteren loğlar tüm kuyularda alınamamıştır.

Çevre kirliliği problemi nedeniyle sahadaki kuyular uzun süreli olarak üretime açılmamış dolayısıyla çimento ve boru yapılarının zaman içinde ne şekilde etkilendiği konusunda bir gözlem yapılamamıştır.

8.SONUÇ

Sondaj, maden arama projelerinin en pahalı aşaması olup birbirine zincirleme bağlı uygulamalar bütünüdür.

Petroljeotermal gibi derinliği fazla dolayısıyla maliyeti çok yüksek olan sondajlarda uygulamanın herhangi bir aşamasında yapılacak hata ya çok daha yüksek maliyete ya da kuyunun terkedilmesine kadar varabilecek kötü sonuçlara neden olabilir.

Jeotermal kuyularda uygulanan teçhiz ve çimentolama bu tip hayati operasyonlardan biridir.

Petrol kuyularından farklı olarak jeotermal kuyularda yüksek sıcaklığın varlığı, hem sondaj hem de üretim sırasında kuyu içine yerleştirilmiş malzemeyi aşırı derecede etkilemeye çalışan daha doğrusu deformasyona doğru zorlayan bir güç olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenle kuyunun boru inişine hazır hale getirilmesinden, uygun tipte boru ve çimento

seçimine, nihai olarak da operasyonun sağlıklı bir şekilde yürütülüp bitirilmesine kadar hata kaldırmayan çok teknik bir çalışma yapılması zorunludur.

9.KAYNAKLAR

F.Fabrizi and A.Giovanoni, 1970 "Cement and Cementation in Geothermal Well Drilling",
Jeotermal Eğitim Kurs Notları, 1987, İzlanda
Jeotermal Eğitim Kurs Notları, 1989, Fukuoka
Japonya

Halliburton Company, "Geothermal Cementing"
Halliburton Company, 1981 "Cementing Table"
Ugo Cigni, Fulvio Fabri and Anselmo
Giovanoni, 1975 "Advancement in
Cementation Techniques in the Italian
Geothermal Wells"
Ugo Cigni and Anselmo Giovanoni 1970
"Planning Methods in Geothermal Drilling"
William C. Maurer 1975 "Geothermal Drilling
Technology"

Çizelge.I. Çeşitli Gradelerde İmal Edilen Borulardaki Kullanılan Malzeme Oranları (%)

Boru Tipi	Üretici	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr
H-40	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
H-40	Mannesman (76)	0.181	0.201	0.883	0.0201	0.0163	-	-
H-40	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
J-55	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
J-55	Mannesman (70)	0.38	0.30	1.24	0.026	0.017	-	-
J-55	Mannesman (76)	0.36	0.28	1.32	0.016	0.015	-	-
J-55	J.D.Thomas (A)	0.48	-	1.22	0.030	0.035	-	-
J-55	J.D.Thomas (B)	0.46	0.01	1.26	0.011	0.021	-	-
J-55	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
J-55	Rohrwerk Roman	-	-	-	0.020	0.021	-	-
C-75	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
C-75	Brit-Steel Co (76)	-	-	-	-	»	-	-
C-75	J.D.Thomas (A)	0.43	0.20	1.55	0.020	0.033	0.18	-
C-75	Tubexport	28-34	<0.35	1.0-1.2	<0.04	<0.06	-	-
C-75	Rohrwerk Roman	0.44	0.27	1.53	0.024	0.020	-	0.03
N-80	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
N-80	J.D.Thomas (A)	0.30	0.18	1.08	0.021	0.020	-	-
N-80	J.D.Thomas (B)	0.47	0.22	1.42	0.015	0.015	0.18	0.12
N-80	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
N-80	J.D.Thomas (D1)	0.38	0.20	1.65	0.011	0.016	0.14	0.045
N-80	J.D.Thomas (D2)	0.38	0.24	0.85	0.007	0.025	-	-

Çizelge.2. Boruların İç Basınca Göre Müsaade Edilebilir Sıcaklık Değerleri (°C)

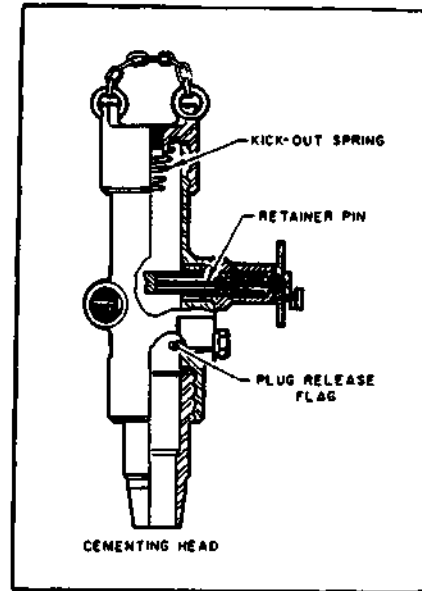
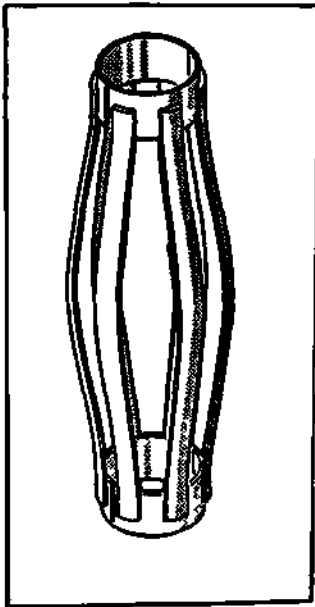
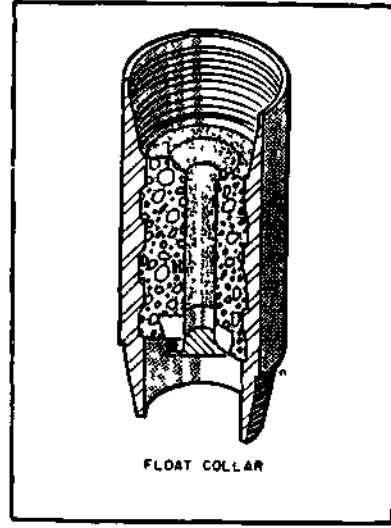
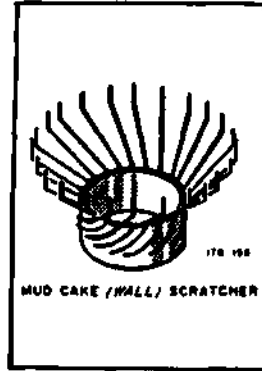
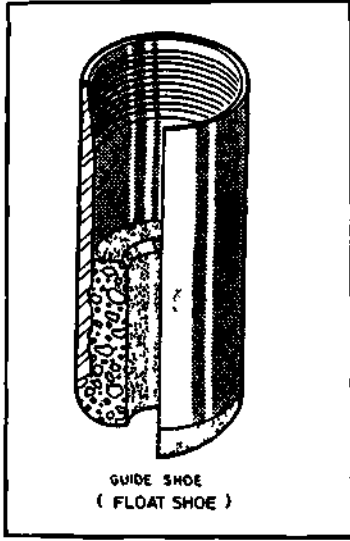
Boru Çapı	Ağırlık(lb/ft)	H-40	J-55	C-75	N-80	P-110
95/8	32.3	275				
95/8	36.0	284	303			
95/8	40.0		313	326	331	
95/8	43.5			333	338	>340
95/8	47.0			339	340	>340
95/8	53.5			340	>340	>340
133/8	48.0	261				
133/8	54.5		288			
133/8	61.0		298			
133/8	68.0		306	322		
133/8	72.0			327	331	>340

Çizelge.3.20", 13^{3/8}", 9^{5/8}" ve 7" API Standartlı Boruların Minimum Akma ve Çekme Dayanımları:

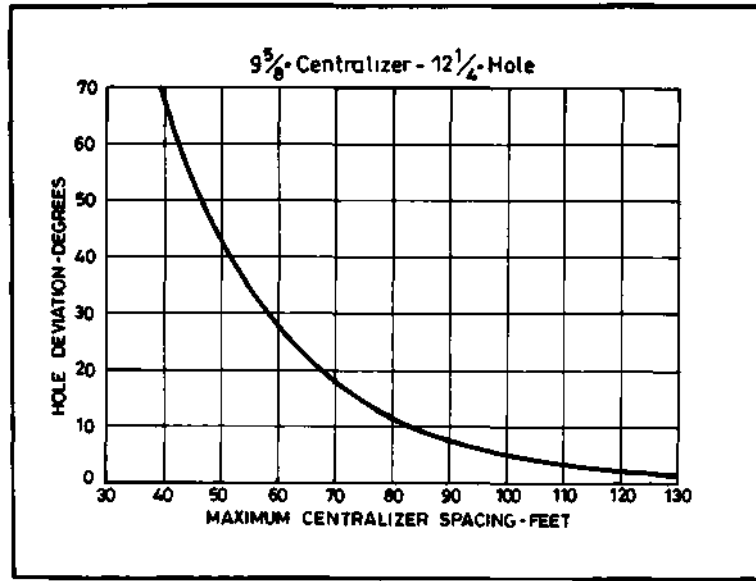
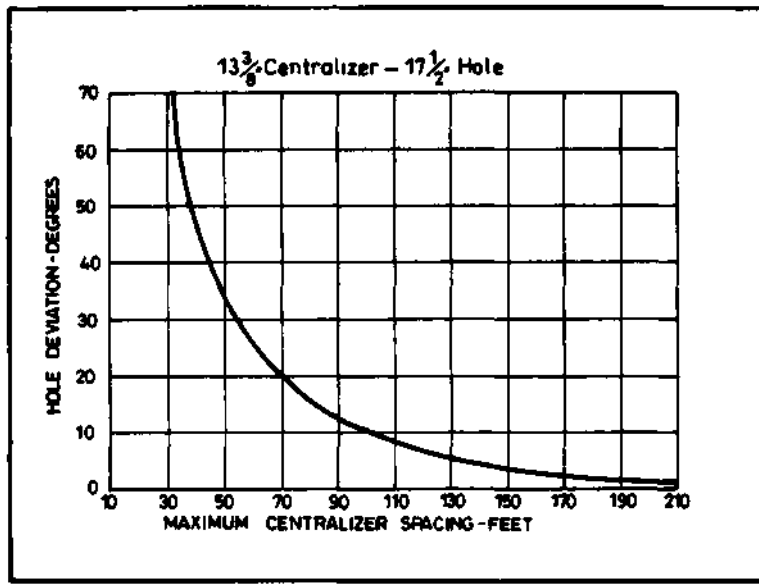
Çekme Özelliklen	Birim	H40	J55	K55	C75	N80	C95	P110
Renk Bandı	-	1 siyah	1 yeşil	2 yeşil	1 mavi	1 kırmızı	1 kahve	1 beyaz
Min.Akma Dayanımı	psi	40000	55000	55000	75000	80000	95000	110000
Mak. Akma Dayanımı	psi		80000	80000	90000	110000	110000	140000
Min. Çekme Dayanımı	psi	60000	75000	95000	95000	100000	105000	125000
Uzama (% min) API	psi	29,5	24	19,5	19,5	18,5	18	15

Çizelge.4.Kuyu ve Boru Çapları:

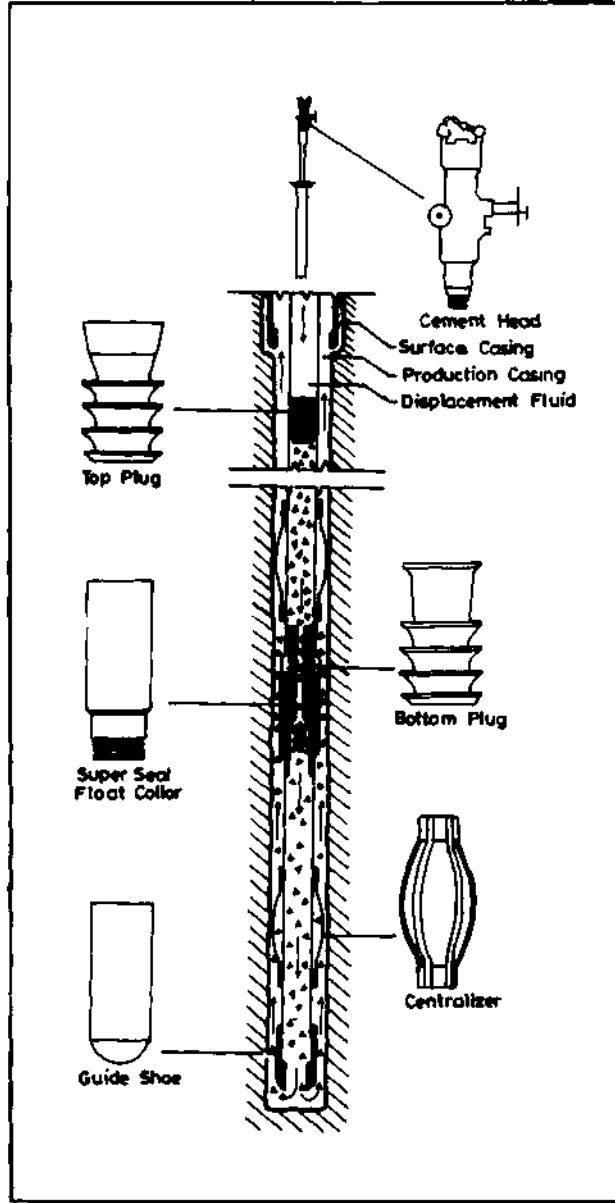
Boru Cinsi	Kuyu Çapı (inch)	Boru Çapı (inch)
Conduktor B.	26	20
Yüzey B.	17 ^{1/2}	133/8
Üretim B.	12 ^{1/4}	9 ^{5/8}
Filtreli	8 ^{1/2}	7



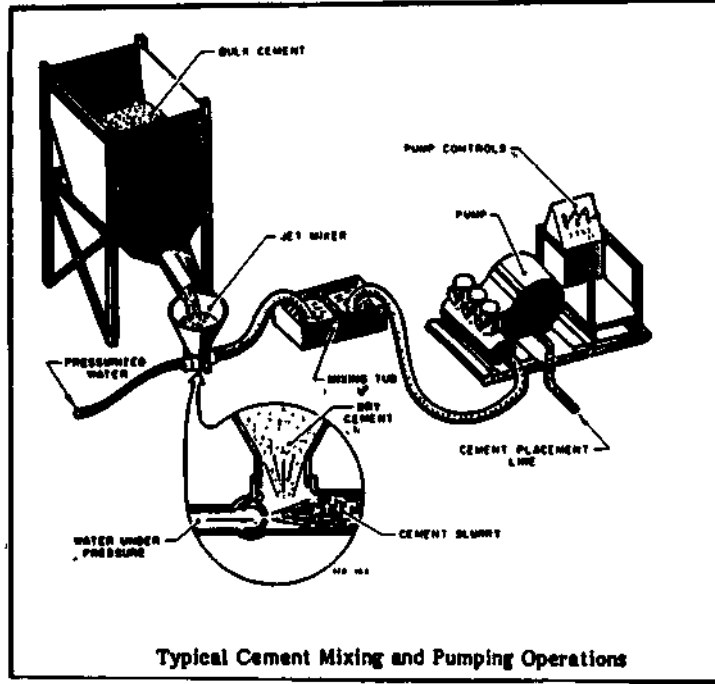
Şekil I Boru Dizisiyle Birlikte Kullanılan Yardımcı Ekipmanlar



Şekil 2 Kuyudaki Sapma Derecesme Gore Takılacak Merkezleyici Aralıklan



Şekil.3.Kuyu içi Boru Dizaynı



ŞekilAÇimento Kaşım ve Kuyuya Basma Ekipmanı