解 説

コイルドチュービングドリリング

—水平坑井への適用と実例—*

小 菅 儀 紀**

(Received June 20, 1994; accepted July 18, 1994)

Coiled tubing drilling: Application for horizontal well and case history

Yoshinori Kosuge

1. はじめに

コイルドチュービングは、当初、仕上げがなされた坑井に対して、酸、セメントスラリーなどの液体のスポットおよび窒素ガスによる自噴誘導などの作業を行う際に使用され始めた。その後、各種ダウンホールツールの開発がなされて、適用作業の幅が増し、小規模ではあるが改修作業の遂行ができるようになった。さらに現在では、機材・技術の進歩によりスリムホールドリリングが、またその延長上としての水平スリムホールドリリングも行われるに至っている。ここでは、水平スリムホールドリリングの実例を紹介するとともに、その利点、限界、作業計画案の際のポイント等について述べてみたいと思う。

2. ケースヒストリー

コイルドチュービングを活用した掘削は、1991年6月に初めて垂直井の増掘に適用されたが、ほぼ同時期に、水平坑井の掘削への適用も開始された。コイルドチュービングによる掘削は、1993年末までに約40本の坑井で適用されたが、そのうちの11本が水平坑井であったことは興味深いことである。年別に見てみると、1991年には4本だったものが、1992年には13本、1993年には23本と加

速度的に増えており、今年は約80本の坑井がコイルドチュービングにより掘削されるであろうと予測されている。表1に代表的なものを示したが、このうち1992年8月の例では、キックオフプラグをセットした後、5½" ケーシングにウインドウを切り、3¾" 坑を掘削するのに成功しており、また、1993年8月には、3½" のプロダクションチュービングを通しアンダーバランスで生産層を増掘し、現生産層、新規掘削層に対するダメージを最小限に抑え、生産量を3倍にするのに成功していることは特筆に値する。

3. コイルドチュービングドリリングの利点

3.1 安全性

コイルドチュービングによる掘削は密閉された系統での掘削が可能であり、掘削中、トリップ中のウェルコントロールが容易であり、また、パイプの接続が不用のため、それに起因する事故がない。

3.2 環境への対応

コイルドチュービングによる掘削は低騒音であり、周囲に対する景観への影響が少なく、また必要敷地面積も少ない。その面積は、heavy duty set up の場合でも25m×32m 以下である。

3.3 作業の特殊性

コイルドチュービングによる掘削は、アンダーバランス、またはジャストバランスでの掘削作業を安全かつ容易に行うことができる。仕上げ済みの坑井に対しては生産層を抑圧する必要もなく、プロダクションチュービングを通しての作業も可能である。また、サイズによって

* 平成 6 年 6 月 9 日、平成 6 年度石油技術協会春季講演会作井部門シンポジウム「高傾斜・水平坑井開発技術」にて講演

** ダウエル・シュルンベルジェ・インターナショナル・インコーポレイテッド

表1 Coild tubing horizontal drilling case history

Date	Location	Objective	Results
1992.8	West Texas	Set whipstock with CT Mill a window in casing Side track and build up to 90 degree Drill horizontal drain hole	A whipstock was set in 6 hrs A 15ft window milled in 5½" casing 11 degree at TD 3¾" hole drilled using 1¾" CTU
1993.2	Holland	Drill 600ft horizontally Operation period less than 2 weeks Run a liner with CT	Total 1000ft of 4⅛" hole was drilled Build up rate was 15–30 degree/100ft 470ft of horizontal section was drilled 2" CT was used and completed on time 650ft of 3½" liner was set
1993.8	Alaska	Drill 500ft horizontal hole Drill through 3½" production tubing with underbalance	2¾" hole was drilled Drilled blind without DD tools Angle dropped from 90 to 83 deg Drilled underbalance using gas lift valves Drilling cost: 25% of conventional drilling cost Production increased by three
1993.10	Alaska	Drill 700ft horizontal hole underbalanced through 4½" tubing with directional control	3¾" hole was drilled from 11350 to 11993ft Geosteering horizontally through two zones with Slim 1 MWD, gamma ray and orienting tool Underbalanced drilling using gas lift valves in 4½" casing Production two times higher than similar wells drilled overbalanced
1993.12	Alaska	Drill 700ft horizontal hole overbalanced, run a 2⅞" liner and 3½" completion	760ft of 3¾" hole was drilled horizontally with Slim 1 MWD and gamma ray 2⅞" liner and 3½" CT completion were run

は、ライナーセット、パッカーセット、チュービング降下も行われはじめています。

3.4 経済性

コイルドチュービングによる掘削では、機材移動費を低く抑えることができ、多くの場合 ROP も通常の掘削作業に比較して遜色がなく、結果として総掘削コストも低く抑えることができる。また、通常コイルドチュービングを扱うサービスコントラクターは、セメンチング、酸処理なども行っているので、それらの作業が同時に行われる場合では、機材、人間を共有することにより、2次的にコストを低下させることが可能である。

4. 作業計画

表2、図1にコイルドチュービングによる掘削作業計

画を立案する際の概略をまとめた。現時点での技術、ツールなどを考えた場合、まだその適用はスリムホルの増掘に限られており、またコイルドチュービングを回転させることができないため、ダウンホールモーターの使用は不可避である。さらにオリエンティングツールでは独特のツールが必要となっている。図2に代表的なボトムホールアッセンブリーを示した。

5. 今後の展望

つい最近では、コイルドチュービングの掘削により、相次いで4½" プロダクションチュービングを通して、3¾" の水平坑の増掘に成功している。これらの実例では Slim 1 MWD, gamma ray, orienting tool を使用し、アンダーバランス法で掘削が行われ、計画どおりの坑井軌跡が得られている。これらのスリムホル水平

表 2 CT drilling technical capabilities

	New wells	Well deepenings	Conventional sidetracks	Thru tubing sidetracks
Hole diameter	<ul style="list-style-type: none"> • 9 5/8" hole and smaller. For holes larger than 6 3/4", formations need to be very consolidated to be drilled with a 4 3/4" motor. • CT Torque limits the motor size • CT bursting pressure limits the depth of the hole section larger than 4 3/4" 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 3/4" and smaller • CT bursting pressure limits the depth of the hole section larger than 4 3/4" • More than 10,000ft for 4 3/4" and smaller holes 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 3/4" and smaller • Downhole weight on bit provided by the CT at the end of horizontal section, limits the horizontal drain length • More than 10,000ft 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 3/4" if thru 5 1/2" tubing • 3 1/2" or 3 3/4" if thru 4 1/2" tubing • Downhole weight on bit provided by the CT at the end of horizontal section, limits the horizontal drain length • More than 10,000 ft
Total depth	<ul style="list-style-type: none"> • up to 8,000ft depending on the casing program and formation drillability <p>CTD is limited to small and shallow wells: 5 to 6,000ft and 7 7/8" and smaller, with only one intermediate casing (5 1/2" or 6 5/8") and eventually one 3 1/2" liner in the pay zone.</p>	<p>CTD is really only limited by the maximum allowable pumping pressure which basically depends on the well TD for holes smaller than 6".</p>	<p>Hole diameter is limited to 4 3/4" and build up rates up to 45 deg/100ft, for the time being. Horizontal drain hole length can exceed 2,000ft.</p>	<p>CTD is currently limited to 4 1/2" tubing, because of the minimum OD of directional downhole tools. Hole diameters are between 3 1/2" and 3 3/4".</p>
CT size	<ul style="list-style-type: none"> • 2 3/8" for holes larger than 6 3/4" or for hole section larger than 4 3/4" and deeper than 5,000ft • 1 3/4" and 2" will be the most common sizes used • 1 1/2" can be used for holes smaller than 4" depending on the expected pumping pressure 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 1/2" to 2 3/8" depending on the depth and hole size 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 3/4" to 2 3/8" depending on the hole profile. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 3/4" to 2 3/8" depending on the hole profile.

図 1 Step by step procedure for technical feasibility

図2 BHA for deviated hole

坑井の生産量を比較した場合でも、同一地域でオーバーバランスで掘削された坑井の2倍の生産量が得られ、コイルドチュービングドリリングの優位性が認識されつつある。コイルドチュービングによる掘削の坑内ツールの種類がまだ少ない現状ではあるが、その進歩はめざましく、アンバランススリップジョイント、WOB イコライ

ザー、アンダーバランス掘削用泥水なども開発されつつあり、今後は同技術の適用範囲が広がるとともに、かつ経済性も向上していくものと期待されている。今後は生産量増大のための1つの方法としてコイルドチュービングによる水平坑井の増掘が世界の石油産業で注目されていくものと思われる。