

## اطلاعات مربوط به طراحی لوله جداری نفت و گاز

### چکیده

طراحی لوله جداری چاه، یک کار مهم در طراحی چاه نفت و گاز می باشد. طراحی لوله جداری چاه شامل ارزیابی عوامل سهیم در خرابی لوله جداری چاه و انتخاب درست مناسب ترین رده ها و وزن های لوله جداری چاه است که برای انجام یک عملیات خاص کاری، ایمن و مقرون به صرفه باشند. دانش خوب در مورد محاسبه تنش در طراحی لوله جداری چاه بسیار ضروری است. در طول طراحی لوله جداری چاه، حالات مختلف خرابی لوله جداری چاه باید شناسایی شوند و با دقت رفع شوند به طوری که لوله جداری چاه انتخاب شده در داخل یک بخش خوب قادر به مقاومت در برابر تمام حالات خرابی باشد. یک حاشیه ایمنی ( که همچنین به عنوان عامل ایمنی شناخته می شود) همیشه در طراحی لوله جداری چاه ارائه می شود تا امکان تغییرات در آینده در نیروی محوری، بارگیری و سایر نیروهای ناشناخته که ممکن است در معرض آن قرار گیرد، فراهم شود. این مقاله، اطلاعات کلیدی، آموزش، جزئیات و فنی مربوط به طراحی لوله جداری چاه برای چاه های نفت و گاز را فراهم می کند.

**کلیدواژگان:** معیارهای طراحی؛ انواع لوله جداری چاه؛ رده های لوله جداری چاه؛ عوامل طراحی لوله جداری چاه؛ طراحی لوله جداری چاه؛ تنش کششی؛ تنش انفجاری؛ تنش فروپاشی

### مقدمه

لوله جداری چاه نفت، دیواره لوله است که برای حمایت از نفت و گاز مورد استفاده قرار می گیرد تا عملکرد طبیعی چاه ها پس از اتمام فرایند حفاری را تضمین کند [1]. طراحی رشته لوله جداری چاه نیازمند دانش در مورد شرایط عملیاتی اعمال شده بر روی لوله جداری چاه و همچنین مفاهیم مرتبط با ویژگی های لوله است [2]. لوله جداری چاه برای مقاصد متعدد در چاه های نفت و گاز استفاده می شود. بنابراین محاسبه امن و مقرون به صرفه لوله جداری

چاه، در طراحی چاه نفت و گاز اهمیت دارد. وضعیت لوله جداری چاه، الزامی می نماید که فشار سازند در بخش های مختلف چاه باید تعیین شود [2]. لوله جداری چاه از تداخل سازند در فعالیت های سوراخ دریل کاری جلوگیری می کند. اولین قدم به سوی رویه طراحی لوله جداری چاه، داده های اولیه چاه است [3]. بنابراین داده های اولیه نادرست ممکن است به طراحی نادرست لوله جداری چاه منجر شود.

اگر محفظه بندی های چاه به درستی اندازه بندی نشده باشند، آنگاه این محفظه بندی های چاه در مراحل اولیه عملیات، مستعد به شکست هستند.

تنش کششی، فشاری و خمشی به طور مشترک بر روی لوله تأثیر می گذارند، که باعث نیاز لوله جداری چاه به شرایط کیفیت بالاتر می شود [1]. فرسودگی محفظه بندی های چاه در صنعت نفت و گاز بر یک مبنای جهانی ثبت می شود [4]. چرخش لوله مته در طول فرآیند حفاری باعث ایجاد نیروهای قابل توجهی می شود که موجب کاهش ضخامت دیواره لوله جداری چاه می شود [4]. کاهش ضخامت دیواره لوله جداری چاه موجب تضعیف و فروپاشی مقاومت لوله جداری چاه می شود. این یکی از علل خرابی در لوله جداری چاه حتی قبل از تولید نفت و گاز است. لوله جداری چاه همچنین می تواند به واسطه انفجار خراب شود. این اتفاق زمانی رخ می دهد که تنش انفجاری اعمال شده بر روی لوله جداری چاه در طی شرایط عملیاتی از چاه بیشتر از مقاومت انفجاری لوله جداری چاه می شود. تنش انفجاری تمایل به اعمال نیرو بر روی دیواره داخلی لوله جداری چاه دارد. لوله جداری چاه همچنین می تواند به واسطه فروپاشی خراب شود. فروپاشی لوله جداری چاه و لوله کشی ممکن است منجر به از بین رفتن یک چاه شود [5]. تنش فروپاشی بر روی لوله جداری چاه بر روی دیواره های بیرونی لوله جداری چاه عمل می کند و با عمق لوله جداری چاه افزایش می یابد. فروپاشی یک پدیده پیچیده است که از عوامل و پارامترهای زیادی تحت تأثیر قرار می گیرد [5].

پدیده فروپاشی معمولاً به مشکلات مشکوک کیفی در لوله مربوط می شود. با این حال، مطالعات نشان می دهند که مجموعه ای از عوامل ایجاد کننده وجود دارند مانند: فرسودگی در لوله جداری چاه، فرسودگی ناشی از کمانش،

افزایش فشار خارجی به علت درجه حرارت، فشارزدایی نامناسب، بارهای ژئوستاتیک (اضافه بار) به علت سازندهای پلاستیکی و فعالیت تکتونیک [5].

از آنجا که حالات مختلف خرابی لوله جداری نفت و گاز، طراحی مناسب لوله جداری چاه با توجه به عوامل توصیه شده ایمنی لازم به نظر می رسد. استانداردهای طراحی، عوامل ایمنی مختلفی را برای طراحی لوله جداری چاه به ازای حالات مختلف خرابی ارائه می دهند. انواع مختلفی از لوله جداری چاه وجود دارد. لوله جداری چاه، با توجه به استفاده، می تواند تقسیم شود به: کاتر، محفظه بندی سطح چاه، محفظه بندی میانی چاه و لوله جداری چاه تولید [1].

با توجه به [6] (Petrowiki)، برای طراحی یک رشته لوله جداری چاه، باید از موارد زیر آگاه بود:

1. هدف چاه

2. سطح مقطع زمین شناسی

3. لوله جداری چاه موجود و سیمانکاری در اندازه های کوچک و شیوه های عملکرد و عملکرد و حفاری

4. مقررات ایمنی و زیست محیطی

تعدادی از وظایف پیش روی مهندس مسئول توسعه طرح چاه و طراحی لوله جداری چاه قرار دارد که می تواند به طور خلاصه مشخص شود.

1. اطمینان از سلامت مکانیکی چاه را با ارائه یک مبنای طراحی که تمام بارهای پیش بینی شده را در بر می گیرد

که در طول عمر چاه ممکن است پیش آیند

2. طراحی رشته ها برای به حداقل رساندن هزینه های چاه در طول مر چاه.

3. فراهم نمودن اسناد واضح مبنای طرح برای پرسنل عملیاتی در سایت چاه. این کار به جلوگیری از تجاوز از حد

طراحی با استفاده از بارهایی که در طرح اصلی در نظر گرفته نشده است،

در حالی که هدف، ارائه ساختار قابل اطمینان چاه با حداقل هزینه است. اغلب خرابی های مستندسازی شده به این

علت رخ می دهند که لوله در معرض بارهایی قرار می گیرد که برای آن طراحی نشده است. این خرابی ها، خرابی

"خارج از طراحی" نامیده می شوند. خرابی ها" در حوزه طراحی "بسیار نادر هستند. این بدان معنی است که شیوه های طراحی لوله جداری چاه عمدتاً محافظه کارانه هستند. بسیاری از خرابی ها در اتصالات رخ می دهند. این بدان معنی است که هر دو شیوه های چینش میدانی، مناسب نیستند، یا اساس طراحی اتصالات با مبنای طراحی بدنه- لوله سازگار نیست.

### معیارهای طراحی لوله جداری چاه

آسیب لوله جداری چاه همیشه یک مشکل پیچیده در فرایند توسعه میدان نفتی است، بنابراین تحقیق در مورد مکانیزم و عوامل موثر بر آن در تأمین امنیت لوله جداری چاه نقش مهمی دارد [7]. در عمل، لوله جداری چاه از لحاظ اقتصادی، در برابر لرزش، فروپاشی، تنش و بارهای دو طرفه طراحی می شود.

### طراحی لوله جداری چاه برای فروپاشی

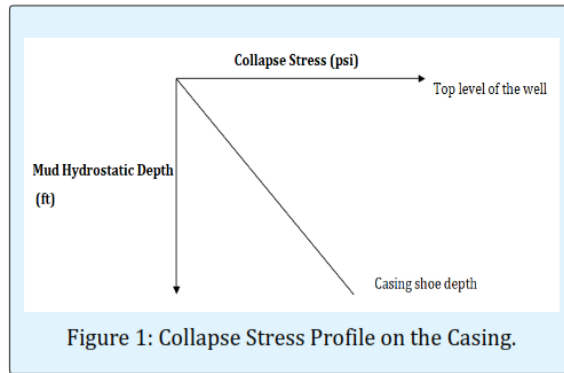
لوله جداری چاه معمولاً در برابر بدترین شرایط فروپاشی طراحی می شود. بدترین شرایط فروپاشی زمانی اتفاق می افتد که بخش داخلی لوله جداری چاه، خالی فرض می شود و حلقه به طور کامل با گل حفاری پر می شود. تنش فروپاشی لوله جداری چاه با عمق آب هیدرواستاتیک افزایش می یابد. لوله جداری چاه معمولاً با وزن گل پر می شود. در بالاترین بخش لوله جداری چاه که در آن عمق تقریباً صفر است، تنش فروپاشی صفر است.

$$\text{تنش فروپاشی} = 0.0152 \cdot h^g \text{ (psi)} \text{ ----- معادله 1}$$

که در آن  $g$ : وزن گل (پوند در هر گالن، ppg)

$h$  = عمق هیدرواستاتیکی گل (فوت)

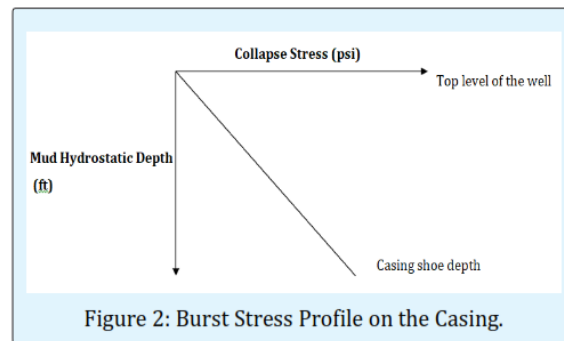
از معادله 1، مشخصات تنش فروپاشی در زیر ارائه شده است:



شکل 1. مشخصات تنش فروپاشی روی لوله جداری چاه.

### طراحی لوله جداری چاه برای انفجار

لوله جداری چاه تحت تنش انفجار قرار می گیرد. در عمل، طراحی لوله جداری چاه برای شرایط نامحدود، ایمن تر است. تحت طراحی نامحدود لوله جداری چاه در برابر انفجار، فرض بر این است که مایع مهاجم به طور کامل لوله جداری چاه را از پایین به بالا پر می کند. در بالای سوراخ، فشار خارجی ناشی از گل صفر است و فشار داخلی باید به طور کامل توسط بدنه لوله جداری چاه پشتیبانی شود. انفجار در بالا، بالاترین و در کفشک لوله جداری چاه، پایین ترین است. نمایه



شکل 2. مشخصات تنش انفجاری روی لوله جداری چاه

### طراحی لوله جداری چاه برای تنش کششی

محفظه بندی های چاه های نفت و گاز در برابر خرابی ناشی از تنش کششی طراحی می شوند. اعمال تنش بر روی یک لوله جداری چاه ناشی از وزن خود لوله جداری چاه و وزن دیگر محفظه بندی های حمایتی چاه می باشد.

بالاترین بخش لوله جداری چاه در چاه، حامل بالاترین تنش است در حالی که آخرین لوله جداری چاه پایین در چاه حامل حداقل تنش است. از آنجا که لوله جداری چاه همیشه در گل حفاری غوطه ور می شود، بنابراین تأثیر خاصیت شناوری بر روی لوله جداری چاه شدن در طراحی لوله جداری چاه [8] مورد توجه قرار گرفته است. ضریب خاصیت شناوری، BF می تواند به صورت زیر بیان شود.

$$BF = 1 - \rho_{mud} / \rho_{steel}$$

که در آن  $\rho_{mud}$  = وزن گل (بر حسب پوند در هر گالن، PPG)

$\rho_{steel}$  = وزن فولاد (بر حسب پوند در هر گالن، ppg) می باشد.

### چک کردن طراحی محفظه بندی برای بارهای دوماحوری

تحت تنش کششی، ضخامت لوله جداری چاه کاهش می یابد و مقاومت فروپاشی لوله جداری چاه نیز کاهش می یابد. مقاومت فروپاشی باقیمانده لوله جداری چاه باید تعیین شود تا اطمینان حاصل شود که لوله جداری چاه انتخاب شده بتواند تنش فروپاشی را در حداکثر عمق هیدرواستاتیک لوله جداری چاه تحمل کند. جدول زیر نشان دهنده مقاومت فروپاشی باقیمانده لوله جداری چاه به عنوان تابعی از نسبت کششی است.

نسبت کششی = مقاومت تسلیم / وزن حمل شده	مقاومت فروپاشی باقیمانده %
0	100
0.1	94.5
0.2	88.5
0.3	81.3
0.4/	76
0.5	65
0.6	65

جدول 1: مقاومت فروپاشی باقیمانده (چک کردن بار دوماحوری)

### انواع لوله جداری چاه

#### محفظه بندی رسانا

1. از سطح به عمق کم برای محافظت سطح سفت شده نزدیک
2. سازند
3. فراهم نمودن یک گردش برای گل حفاری به منظور محافظت از فنداسیون سکو
4. اتصال احتمالی BOP یا برش در سطح یا اتصال منحرف کننده
5. اندازه ها از 18 8/5 تا 20 اینچ

#### محفظه بندی سطح چاه ( 13 3/8 اینچ )

1. برای جلوگیری از تشکیل چاله در سازند هفته که در عمق های کم رخ می دهد
2. باید در سنگ های مناسب مانند سنگ آهک تنظیم شود: برای اطمینان از اینکه سازند در کفشک لوله جداری چاه به واسطه وزن گل بالا که بعداً در سوراخ بعدی استفاده می شود، دچار شکستگی نخواهد شد.
3. حفاظت در مقابل دمش کم عمق، در نتیجه BOP ها به بالا متصل می شوند

#### محفظه بندی میان چاه (9 5/8 اینچ)

1. معمولاً در ناحیه گذار زیر و یا بالای سازند تحت فشار (نمک و / یا چاله سنگ رست) تنظیم می شود.
2. به سیمان سازی خوب برای جلوگیری از ارتباط پشت لوله جداری چاه بین مناطق نیاز دارد؛ سیمانکاری چند مرحله ای را می توان برای رشته های طولانی استفاده نمود.

## لوله جداری چاه تولید (7 اینچ)

1. جداسازی نواحی تولید
2. ارائه کنترل سیال مخزن
3. میسر نمودن تولید انتخابی در چند ناحیه تولید

## محفظه بندی آستر

1. رشته ای از لوله جداری چاه که به سطح نمی رسد
2. آویزان کردن روی محفظه بندی میان، با استفاده از بسته بند مناسب و قلمه هایی به نام آویز آستر

## رده های لوله جداری چاه

با توجه به مقاومت محفظه بندی های فولادی، آنها را می توان به درجات فولاد مختلف، یعنی N80, J55, K55, L80, C90, T95, P110, Q125, V150 و غیره تقسیم بندی نمود. تحت شرایط مناسب، رده های مختلف فولاد لوله جداری چاه دارای مقاومت های مختلفی هستند. در محیط های خورنده، خود لوله جداری چاه نیز نیاز به مقاومت در برابر خوردگی دارد. در شرایط زمین شناسی پیچیده، محفظه بندی به ویژگی های ضدفرورپاشی نیز نیاز دارد. در طراحی، درجه های مختلف فولاد محفظه بندی در عمق های مختلف چاه تنظیم می شوند. درجات مختلف محفظه بندی دارای مقاومت های، مقاومت های انفجاری و مقاومت های کششی مختلف هستند. بنابراین تنظیم یک لوله جداری چاه در عمق بسیار مهم است، جایی که مقاومت در برابر تنش فروپاشی، تنش انفجار و تنش کششی در سراسر طول آن توانمند است.

## عوامل طراحی ایمنی (F.O.S)



محفظه بندی ها معمولاً با توجه به تغییرپذیری در مقاومت ماده، خطای طراحی انسان و شرایط پیش بینی نشده در میدان طراحی می شوند.

## بار فروپاشی

اولاً فروپاشی برای محفظه بندی سطح محاسبه می شود، فروپاشی در سطح صفر خواهد بود.

فروپاشی در کفشک لوله جداری چاه = گرادیان گل \* عمق کفشک لوله جداری چاه

از این رو، بار فروپاشی طراحی برابر خواهد شد = فروپاشی در کفشک لوله جداری چاه \* F.O.S

F.O.S برای فروپاشی به طور کلی 1.1-1.25 است

## بار انفجار

بار انفجار در کفشک لوله جداری چاه = فشار خارجی - فشار داخلی

جایی که:

فشار داخلی = گرادیان شکستگی \* عمق کفشک لوله جداری چاه

فشار خارجی = گرادیان آب تازه \* عمق کفشک لوله جداری چاه

انفجار طراحی در کفشک لوله جداری چاه = F.O.S \* بار انفجار در کفشک لوله جداری چاه

F.O.S برای بار انفجار به طور کلی 1.2-1.8 است

بار انفجار در سطح نیز با استفاده از رویه ای مشابه محاسبه می شود.

## بار محوری

بار محوری باید به طور جداگانه برای هر بخش از لوله جداری چاه محاسبه شود. ضریب ایمنی برای بارهای محوری بیشتر از موارد بار دیگر ناشی از فعالیت های عملیاتی مانند کشش بیش از حد رشته لوله جداری چاه در طول چسبیدن به نظر می رسد. ضریب قابل قبول ایمنی برای بار محوری بار / تنش 1.6-1.8 است. از این رو،

بار طراحی محوری = بار محوری \* 1.8 (F.O.S)

طراحی محفظه بندی خوب باید تمامی این ضرایب باشد تا بتواند مقادیر کافی در برابر اشکال مختلف خرابی را لوله جداری چاه فراهم نماید.

### داده های ضروری برای طراحی لوله جداری چاه

برخی از داده ها برای طراحی لوله جداری چاه مورد نیاز هستند. این داده ها را می توان بر اساس تجربه، چاه های موجود در محل، راهنماهای حفاری و جداول ویژگی های لوله جداری چاه فرض نمود. داده ها می توانند به 4 دسته بر اساس نوع داده ها گروه بندی شوند. داده ها را می توان گروه بندی نمود به:

1. فشار سازند در عمق داده های بخش سوراخ بعدی

2. داده های شیب شکستگی

3. داده های برنامه گل

4. داده های در دسترس لوله جداری چاه

در زیر، داده های پایه مورد نیاز برای طراحی محفظه بندی برجسته شده اند.

1. اندازه سوراخ

2. عمق لوله جداری چاه

3. اندازه لوله جداری چاه

4. وزن گل

5. درجه لوله جداری چاه

6. ضریب ایمنی انفجار
7. ضریب ایمنی فروپاشی
8. ضریب ایمنی تنش
9. گرادیان سیال سازند
10. گرادیان مایع مهاجم (گرادیان گاز)

### References

1. Hua Tong, Xiao-Hong Tang (2016) Oil Casing Introduction. International Journal of Science and Research (IJSR) 5(6): 696-698.
2. Edaigbini PI, Maikobi AA (2015) Casing Design for High Pressure/High Temperature Wells. Innovative Systems Design and Engineering 6(3): 9-25.
3. Thattil MS (2017) Casing Design for Casing/Liner while Drilling. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 4(7): 1-3.
4. Zheng Shen, Frederick E Beck, Kegang Ling (2014) The Mechanism of Wellbore Weakening in Worn Casing-Cement-Formation System. Journal of Petroleum Engineering 2014: 8.
5. Asadi A, Parhizgar N, Momeni E (2011) Prediction of Collapse in a Casing and Tubing: with Case Study of Iran. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(11): 831-840.
6. Petrowiki (2015) Casing design.
7. Jianjun Liu, Xianbin Yu (2012) Stress Analysis on the Combination of Casing-Cement Ring -Surrounding Rock Considering Fluid-Solid Coupling. Electronic Journal of Geotechnical Engineering 1863-1873.
8. Liping Guo, Xu Chen, Xiaoyang Yu, Shuang Shi, Yu Wang (2015) Research on Casing Damage Based on Effect of Water Injection Pressure. Open Journal of Fluid Dynamics 5: 208-214.