

## تحلیل پتانسیل تولید ماسه در مخزن آسماری یکی از میادین جنوب غربی ایران

صادق بارونی زاده بهبهانیان<sup>۱</sup>، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نفت گرایش حفاری و بهره برداری

محمد آبدیده<sup>۲</sup>، دکتری زمین شناسی - استاد یار

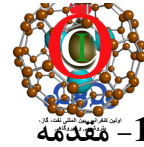
### چکیده

اطلاع از جهت و مقدار تنش در اعماق زیاد نکته مهمی در علوم زمین و مهندسی می باشد. یکی از مهمترین کاربردهای داده های تنش در صنعت نفت، تحلیل پتانسیل تولید ماسه در مخزن می باشد. دست یابی به راه حل های علمی و مهندسی در مسائل تولید ماسه نیازمند اطلاع دقیق از موقعیت تنش در عمق می باشد. در این مقاله پس از قرائت داده های پتروفیزیکی از جمله لاگ صوتی به محاسبه مدول های الاستیک سنگ مخزن در حالت دینامیکی پرداخته و بعد از تبدیل آنها از حالت دینامیکی به حالت استاتیکی به محاسبه مقاومت تک محوری سنگ مخزن مناسب با آن پرداخته شده است، سپس با توجه به فشار منفذی و وزن گل، فشار گل محاسبه تا بزرگی (مقدار) تنش های برجا که شامل تنش عمودی و تنش افقی ماکزیمم و مینیمم حاصل آید. در نهایت با محاسبه تنش های مماسی و محوری و شعاعی و مطالعه و بررسی وضعیت و نوع شکستگی های دیواره چاه از مدل های شکست برشی و بررسی تنش ها می توان مدلهای شکست برشی چاه را بدست آورد. با این حال در حالت هایی که شکستگی دیواره چاه در حالت (SWBO) باشد ریزش (Break out) مشاهده می شود. شناسایی لیتولوژی از طریق لاگ (PEF) انجام می گیرد و به وسیله آن می توان زون های دارای ماسه سنگ را مشخص نمود در نهایت در این مقاله با قرار دادن دو متغییر وجود زون ریزش و ماسه دار بودن زون، به تحلیل پتانسیل تولید ماسه در مخزن پی برد.

واژه های کلیدی: ژئو مکانیک- پتانسیل تولید ماسه- تنش های برجا- مدل های شکست برشی- ریزش

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه مهندسی نفت، امیدیه، ایران (sadeghopn@yahoo.com)

2- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه، گروه مهندسی نفت، امیدیه، ایران (m.abdideh@yahoo.com)



ژئومکانیک، اساساً دانشی است که به بررسی و تحلیل رفتار زمین در برابر تنش ها می پردازد. این تنش ها ممکن است تنش های طبیعی درون زمین یا تنش های القاء شده توسط انسان در عملیات مختلف، از جمله حفاری باشد. بنابراین همانگونه که از نام این علم پیداست، کلید مشکلات فیزیکی و مکانیکی حاصل از اندرکنش مصالح در اعماق مختلف زمین و تنش های موجود، در حیطه مطالعات این علم می گنجد؛ ولی پیداست که بررسی ناهنجاری های شیمیایی و مشکلات پدیدآمده از آن (بویژه در صنعت حفاری) در بازه علوم دیگری به غیر از ژئومکانیک قرار دارد [1].

تولید ماسه همه ساله هزینه های هنگفتی را بر شرکت های تولید کننده ی نفت و گاز تحمیل می کند. تولید ماسه باعث فرسایش لوله ها، شیرآلات و دریچه ها می شود. جدا کردن دانه های تولید شده از نفت خود امری پر هزینه می باشد. تمیز کردن خط تولید از ماسه های تولید شده نیاز به کار مضاعف دارد و به طور کلی این موارد و بسیاری مشکلات دیگر که به واسطه ی تولید ماسه به وجود می آیند همواره شرکت های تولید کننده ی نفت و گاز را بر آن داشته که به مقابله با این معضل بپردازد [2].

در این راستا دو دیدگاه مطرح می شود: اول اینکه از تولید ماسه با استفاده از سیستم های کنترل ماسه اعم از روش های مکانیکی یا شیمیایی جلوگیری به عمل آید و دوم اینکه زون های دارای پتانسیل تولید ماسه را شناسایی کرده و در این راستا به مخزن اجازه تولید ماسه داده نشود [3].

## 2- بحث

در طی حفاری دو مشکل اصلی در پایداری چاه به نام ریزش و شکست کششی القایی وجود دارد که می تواند منجر به مانده یابی، گیر لوله، عملیات گشاد شدن و هرزروی سیال شود. اغلب می توان با تعیین پنجره گل ایمن برای حفاری چاه، این مشکلات را برطرف کرد. پنجره گل ایمن، شامل فشاری بین فشار منفذی و تنش افقی حداقل می باشد. تعیین این پنجره به شناخت میدان تنش های برجا نیاز دارد. تشریح کامل میدان تنش در زمین فقط نیازمند تعیین جهت و مقدار تنش های اصلی است. جهت تنش افقی حداقل در جهت ریزش های چاه و جهت تنش افقی حداکثر در جهت شکستگی های کششی می باشد. این جهت ها را می توان با استفاده از نمودارهای تصویری تعیین نمود. مقدار تنش اصلی عمودی با انتگرال گیری از نمودار دانسیته به دست می آید. مقدار تنش های افقی حداقل و حداکثر به دلیل نبود اطلاعات تست نشتی، از روابط موجود تخمین گردید [4].

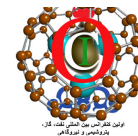
### 1-2- تخمین ضرایب الاستیک با استفاده از داده های پتروفیزیکی

برای محاسبه تنش های افقی حداقل و حداکثر از روابط پروالاستیک (بدلیل نبود آزمایشات برجا)، نیاز به شناخت ضرایب الاستیک تنها ( $\nu$  و  $E$ ) داریم. در زیر روابطی که برای محاسبه ضرایب الاستیک ( $\nu$  و  $E$ ) از روی داده های پتروفیزیکی، لازم است بیان شده است. [5]

$$v_d = \frac{\frac{1}{2} \left( \frac{\Delta t_s}{\Delta t_c} \right)^2 - 1}{\left( \frac{\Delta t_s}{\Delta t_c} \right)^2 - 1} \quad (1)$$

$$E_d = \frac{\rho_b \left[ 3 - 4 \left( \frac{\Delta t_c}{\Delta t_s} \right)^2 \right]}{\Delta t_s^2 - \Delta t_c^2} \quad (2)$$

مقادیر استاتیک نسبت پواسون و مدول یانگ، بر اساس روابط همبستگی وانگ که از طریق تست های آزمایشگاهی بر روی مغزه ها بدست آمده است، بصورت زیر می باشد:



$$v_s = v_d \quad (3)$$

$$E_s = 0.4145E_d - 1.0593 \quad (4)$$

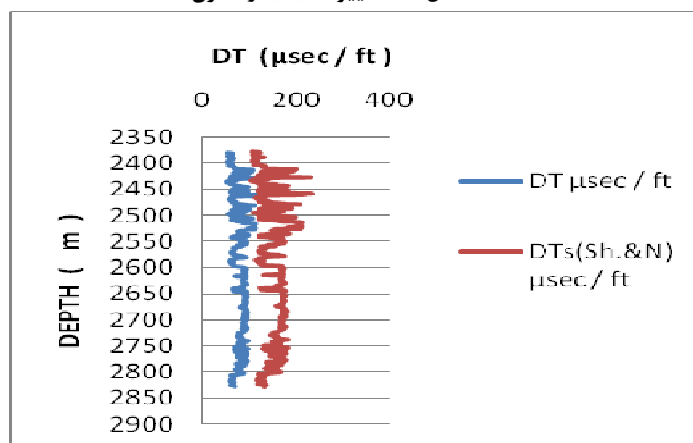
که در این روابط  $(\Delta t_s)$  آهستگی موج برشی بر حسب (sec/km)،  $(\Delta t_c)$  آهستگی موج تراکمی (فشاری) بر حسب (sec/km)،  $(\rho_p)$  بر حسب  $(gr/cm^3)$ ، نسبت پواسون دینامیکی و  $(E_d)$  مدول یانگ دینامیکی بر حسب (GPa) است. در سال 2009 دکتر شهبازی و مهندس نبئی رابطه رگرسیونی زیر را برای سازند آسماری ارائه دادند. که در این فرمول  $(\Delta t_s)$  و  $(\Delta t_c)$  بر حسب  $(\mu s/ft)$  می باشد.

$$\Delta t_s = \Delta t_c 1.7891 + 7.622 \quad (5)$$

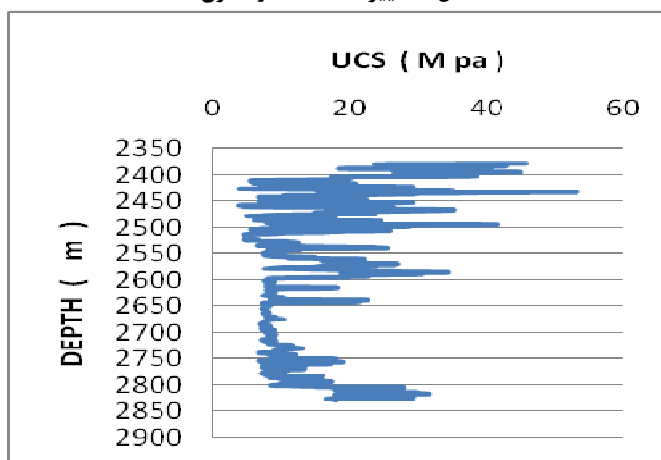
یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی ناپایداری چاه توسط معیارهای شکست، مقاومت فشار تک محوره (UCS) می باشد که توسط رابطه زیر که در میداین جنوب غرب ایران استفاده شده، بدست می آید:

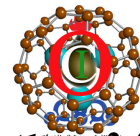
$$UCS = e^{-0.633 + \frac{246.540}{\Delta t}} \quad (6)$$

شکل 1- تغییرات  $(\Delta t)$  در مخزن



شکل 2- تغییرات (UCS) در مخزن





## 2-2- وزن گل به کار برده شده و تعیین فشار منفذی (pp) و فشار گل (pw)

وزن گل به کار برده شده در این میادین بین (0.5-1.03) گرم بر سی سی است که ما مقدار 1.03 گرم بر سی سی را در ایم پروژه در نظر گرفته شده است. و رابطه فشار منفذی از طریق رابطه زیر بدست می آید:

$$\bar{p} = ((0.24 + 0.49)) / 2 = 0.365 \text{ psia} / \text{ft} = 8.254 \text{ kpa} / \text{m} = 0.008254 \text{ Mpa} / \text{m} \quad (7)$$

و فشار گل را از رابطه زیر بدست می آوریم:

$$pw = (MW \times 9.81 \times \text{depth}) / 1000 \quad (8)$$

## 2-3- تعیین تنش ( $S_v$ ) از طریق لاگ دانسیته

بطور ریاضی، تنش روباره بوسیله انتگرال گیری دانسیته سنگ از سطح تا عمق مورد نظر بصورت زیر بدست می آید:

$$S_v = \int_0^z \rho(z) g dz \cong \bar{\rho} g z \quad (9)$$

در صورتی که حفاری در دریا صورت گیرد معادله بالا بصورت زیر خواهد شد:

$$S_v = \rho_w g z_w + \int_{z_w}^z \rho(z) g dz \cong \rho_w g z_w + \bar{\rho} g (z - z_w) \quad (10)$$

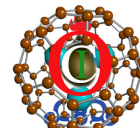
که  $\rho(z)$  دانسیته سنگ که تابعی از عمق می باشد،  $g$  ثابت شتاب گرانشی،  $\bar{\rho}$  دانسیته متوسط روباره،  $\rho_w$  دانسیته آب و  $z_w$  عمق آب می باشد.

از آنجا که حفاری در میدان مورد نظر در خشکی انجام شده پس رابطه مورد نظر ما در این تحقیق رابطه (9) می باشد. دانسیته متوسط در چاه مورد مطالعه برابر با  $2.56 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  در نظر گرفته شده است [3].

## 2-4- تعیین مقدار تنش افقی حداقل ( $S_{Hmin}$ ) و حداکثر ( $S_{Hmax}$ )

روش های مختلفی برای تعیین تنش افقی حداقل وجود دارد از جمله: روش شکست هیدرولیکی، آزمایش نشت، (Micro-fracture test) و (Mini-fracture test) که می توان مقدار تنش افقی حداقل را مستقیماً از این آزمایشات بدست آورد. در میان این روش ها، دو روشی که بیشتر برای تعیین تنش افقی حداقل استفاده می شود عبارتند از: روش شکست هیدرولیکی و آزمایش نشت [6].

آقایان ویلیز و هابرت بحث کاملی را در مورد شکست هیدرولیکی که در آن شکستگی ایجاد شده عمود بر جهت تنش افقی حداقل گسترش می یابد، ارائه دادند. دلیل آنها این بود که کار انجام شده برای باز کردن یک ترک به یک مقدار معلوم متناسب با تنش است که به طور عمود بر صفحه ترک در مقابل مقدار باز شدگی بوجود می آید. همچنین Gjonnes (et.al. (1988) بیان کردند که فشار بسته شدن شکاف ( $P_c$ ) معمولاً برابر با تنش افقی حداقل ( $S_{Hmin}$ ) گرفته می شود. نکته قابل ذکر این است که، مقدار تنش افقی حداکثر ( $S_{Hmax}$ ) را نمی توان بطور مستقیم از روش شکست هیدرولیکی و آزمایش نشت بدست آورد.



نتایج تحقیق بدلیل نبود این آزمایشات ، مقدار تنش افقی حداقل و حداکثر از روابط پروالاستیک بصورت زیر بیان شده است :

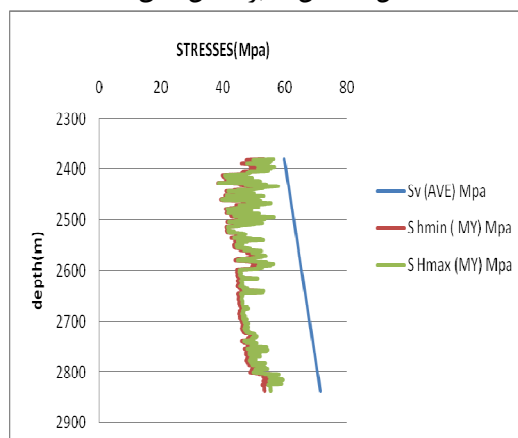
$$S_h = \frac{\nu}{1-\nu} S_v - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha p p + \alpha p p + \frac{E}{1-\nu^2} \epsilon_x + \frac{\nu E}{1-\nu^2} \epsilon_y \quad (11)$$

$$S_H = \frac{\nu}{1-\nu} S_v - \frac{\nu}{1-\nu} \alpha p p + \alpha p p + \frac{E\nu}{1-\nu^2} \epsilon_x + \frac{E}{1-\nu^2} \epsilon_y \quad (12)$$

که در این روابط ،  $(S_H و S_h)$  بترتیب تنش افقی حداقل و حداکثر بر حسب (MPa) ،  $\nu$  ضریب پواسون ،  $S_v$  تنش قائم بر حسب (MPa) ،  $\alpha$  ضریب بایوت ،  $P_p$  فشار منفذی بر حسب (MPa) ،  $E$  مدول یانگ بر حسب (MPa) ،  $\epsilon_x$  و  $\epsilon_y$  کرنش در جهت تنش افقی حداقل و حداکثر می باشد.   
 گرادیان فشار منفذی متوسط در چاه مورد مطالعه برابر با 0/365 (psi/ft) ، ضریب بایوت برابر با یک ،  $\epsilon_x$  برابر یک و نیم و  $\epsilon_y$  برابر یک در نظر گرفته شده است .

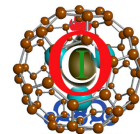
همیشه سازندهای زیرزمینی تحت فشار هستند که ناشی از حضور تنش های تکتونیکی و دوباره می باشد . وقتی که چاهی درون سازند حفر می شود ، بخشی از سنگهای سازند ، حفاری شده و دیواره چاه تنها توسط فشار سیال حفاری نگه داشته می شود . اما فشار سیال حفاری عموماً مطابق (برابر) با تنش های برجا سازند نیست ، در نتیجه یک بازتوزیع تنش در اطراف چاه ایجاد خواهد شد که نهایتاً ممکن است منجر به شکست دیواره چاه شود .   
 دیواره چاه ها در اثر تنش های القایی معمولاً دچار دو نوع شکست می شوند که عبارتند از : شکستگی های برشی یا ریزش و شکستگی های کششی - القایی حفاری . این دو نوع شکستگی ، میتوانند منجر به مانده یابی ، شستشوی دیواره ، انحراف رشته حفاری و هرزروی سیال حفاری شوند. با تعیین فشار گل بحرانی در زمان حفاری از وقوع این مشکلات می توان جلوگیری کرد. برای تعیین این فشار استفاده از یک مدل رفتاری همراه با یک معیار شکست مناسب با شرایط توده سنگ که بتواند تنشهای اطراف چاه را بدرستی تخمین بزند ضروری می باشد

شکل 3- تنش ها بر اساس عمق



## 5-2 - تمرکز تنش در اطراف یک چاه استوانه ای

تمرکز تنش در اطراف یک چاه عمودی حفاری شده ، موازی با تنش اصلی عمودی ( $S_v$ ) در شرایط ایزوتروپیک و محیط الاستیک توسط معادلات Kirsch (1898) بیان شده است که ایجاد یک دهانه سیلندری (شبه چاه) سبب منحرف



شدن (کشش) مسیره های تنش<sup>1</sup> بصورت موازی و ستونی نسبت به دیواره چاه می شود. زیرا یک سطح آزاد نمی تواند (کشش یا انقباض) برشی<sup>2</sup> را تحمل کند. این مطلب توسط مسیره های تنش (bunching up) نسبت به آزیموت  $S_{hmin}$ ، که قویاً دلالت بر تنش تراکمی<sup>3</sup> دارد بیان شده است. در سمت مقابل مسیره های تنش (spreading out) نسبت به آزیموت  $S_{Hmax}$ ، کاهش تنش تراکمی را نشان می دهد.

علاوه بر این، وقتی که چاهی درون سازند حفر می شود، بخشی از سنگهای سازند، حفاری شده و دیواره چاه تنها توسط فشار سیال حفاری نگه داشته می شود. اما فشار سیال عموماً مطابق (برابر) با تنش های برجا سازند نیست، در نتیجه یک باز توزیع تنش<sup>4</sup> در اطراف چاه ایجاد خواهد شد که نهایتاً ممکن است منجر به شکست دیواره چاه شود. بنابراین شناخت تنش های اطراف یک چاه برای بررسی مشکلات چاه امری ضروری است [5].

بطور ریاضی تنش های موثر<sup>5</sup> در اطراف یک چاه عمودی به شعاع R، در سیستم مختصات استوانه ای بصورت زیر بیان می شود:

$$\sigma_{rr} = \frac{1}{2}(S_{Hmax} + S_{hmin} - 2pp)(1 - \frac{R^2}{r^2}) + \frac{1}{2}(S_{Hmax} - S_{hmin}) \times (1 - 4\frac{R^2}{r^2} + \frac{R^4}{r^4}) \cos 2\theta + \frac{\Delta p R^2}{r^2} \quad (13)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{1}{2}(S_{Hmax} + S_{hmin} - 2pp)(1 + \frac{R^2}{r^2}) - \frac{1}{2}(S_{Hmax} - S_{hmin}) \times (1 + 3\frac{R^4}{r^4}) \cos 2\theta - \frac{\Delta p R^2}{r^2} - \sigma^{\Delta T} \quad (14)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{1}{2}(S_{Hmax} - S_{hmin})(1 + 2\frac{R^2}{r^2} - 3\frac{R^4}{r^4}) \sin 2\theta \quad (15)$$

$$\sigma_{zz} = S_v - 2\nu(S_{Hmax} - S_{hmin}) \cos 2\theta - pp - \sigma^{\Delta T} \quad (16)$$

که  $\sigma_{rr}$  تنش مماسی<sup>6</sup>،  $\sigma_{\theta\theta}$  تنش شعاعی<sup>7</sup>،  $\tau_{r\theta}$  تنش برشی شعاعی<sup>8</sup> و  $\sigma_{zz}$  تنش محوری<sup>9</sup> است.  $\Delta P$  اختلاف فشار گل و فشار منفذی (pw-pp) است و (ν) نسبت پواسون سنگ می باشد. زاویه θ در جهت عقربه های ساعت نسبت به جهت  $S_{Hmax}$  اندازه گیری می شود.  $\sigma^{\Delta T}$  نشان دهنده تنش های گرمایی<sup>10</sup> برخاسته (ناشی) از اختلاف دمای میان گل و سازند است (ΔT).

با صرف نظر کردن از ترم  $\sigma^{\Delta T}$  و ساده سازی معادلات Kirsch در دیواره چاه (r = R) داریم:

$$\sigma_{rr} = \Delta p \quad (17)$$

$$\sigma_{\theta\theta} = S_{Hmax} + S_{hmin} - 2(S_{Hmax} - S_{hmin}) \cos 2\theta - pw - pp \quad (18)$$

$$\tau_{r\theta} = 0 \quad (19)$$

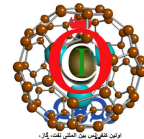
$$\sigma_{zz} = S_v - 2\nu(S_{Hmax} - S_{hmin}) \cos 2\theta - pp \quad (20)$$

بر اساس معادلات (18) و (20) تنش های مماسی و محوری تابعی از زاویه θ هستند. این زاویه جهت تنش های اطراف چاه را نشان می دهد و مقدار آن از صفر تا 360 درجه تغییر می کند. در نتیجه تنش های مماسی و محوری

1. Stress Trajectories
2. Shear Traction
3. Compressive Stress
4. Stress Redistribution
5. Effective Stress
6. Tangential Stress
7. Radial Stress
8. Radial Shear Stress
9. Axial Stress
10. Thermal Stress

## اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران



بصورت شعاعی تغییر می کنند . با بررسی معادلات (18) و (20) معلوم می شود که تنش های مماسی و محوری زمانی حداکثر خواهند بود که  $\theta = \pm \pi/2$  (آزموت  $S_{hmin}$ ) و هنگامی حداقل خواهند بود که  $\theta = 0, \pi$  (آزموت  $S_{Hmax}$ ) باشد. از آنجا که این وضعیت های بحرانی برای مقادیر تنش های برجا مشابه هستند (برای مثال هر مقدار  $S_v$ ،  $S_{Hmax}$  و  $S_{hmin}$ ) ، از اینرو ابتدا باید شکستگی هایی را که می تواند در این نقاط روی دهد بررسی کرد. از آنجا که تنش شعاعی تابعی از زاویه  $\theta$  نیست ، در همه جهات مقدار یکسانی دارد . بنابراین حداکثر و حداقل روابط تمرکز تنش مطابق معادلات زیر خواهد بود [6] :

$$\sigma_{\theta\theta}^{\max} = 3S_{H\max} - S_{h\min} - pw - pp \quad (21)$$

$$\sigma_{\theta\theta}^{\min} = 3S_{h\min} - S_{H\max} - pw - pp \quad (22)$$

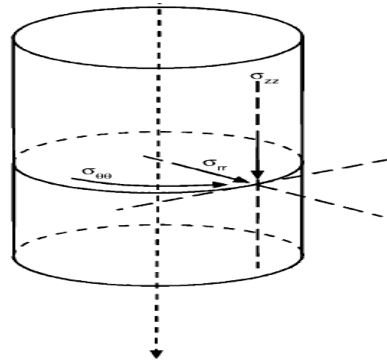
$$\sigma_{zz}^{\max} = S_v + 2v(S_{H\max} - S_{h\min}) - pp \quad (23)$$

$$\sigma_{zz}^{\min} = S_v - 2v(S_{H\max} - S_{h\min}) - pp \quad (24)$$

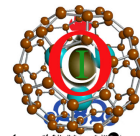
سه تنش اصلی موجود در دیواره چاه مطابق شکل (6) بصورت زیر می باشد :

1. تنش موثر شعاعی  $\sigma_{rr}$  که عمود بر چاه عمل می کند .
2. تنش موثر مماسی  $\sigma_{\theta\theta}$  که عمود بر صفحه  $\sigma_{rr}$  و  $\sigma_{zz}$  عمل می کند .
3. تنش موثر محوری  $\sigma_{zz}$  که موازی با محور چاه عمل می کند .

شکل 4- تنش های مماسی ، محوری و شعاعی در اطراف چاه قائم



فرضیات این معادلات عبارتند از : محیط نفوذ ناپذیر ، الاستیک ، هموزن و سنگ ایزوتروپیک . معادلات Kirsch ساده سازی شده در محدوده دیواره چاه بیانگر تغییرات تنش چاه در نزدیکی دیواره می باشد . از آنجا که چاه های نفت تحت فشار بالا حفاری می شوند و کیک گل در دیواره چاه تشکیل می شود در حالت کلی فرض نفوذ ناپذیری برای سنگ مخزن معتبر به نظر می رسد .



در شکستگی های برشی دو تنش اصلی حداکثر و حداقل مدنظر هستند . بنابراین با توجه به اینکه هر یک از تنش های  $\sigma_{rr}$  ،  $\sigma_{\theta\theta}$  و  $\sigma_{zz}$  می توانند حداکثر و یا حداقل باشند ، شش جایگشت<sup>1</sup> وجود دارد [5] .

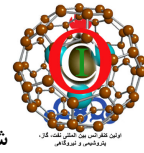
جدول 1- شش مدل ممکن برای شکست تراکمی (با شکستگی های برشی) چاه

تعاریف	$\sigma_3$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	مدل
ریزش مرسوم	$\sigma_{rr}$	$\sigma_{zz}$	$\sigma_{\theta\theta}$	گسیختگی برشی عریض (SWBO)
بصورت مقابل هم در دیواره چاه وبصورت ریزش مرسوم شکل می گیرد اما سنگ شکسته شده بدون چاه سقوط نمی کند	$\sigma_{\theta\theta}$	$\sigma_{rr}$	$\sigma_{zz}$	گسیختگی برشی پله ای با زاویه زیاد (SHAE)
شکست در همه مسیرهای چاه (جهت چاه) می باشد	$\sigma_{rr}$	$\sigma_{\theta\theta}$	$\sigma_{zz}$	گسیختگی برشی ضربه ای کم عمق (SSKO)
برای ایجاد این شکست نیاز به وزن گل بالا است . سنگ شکسته شده بدون چاه سقوط نمی کند	$\sigma_{zz}$	$\sigma_{rr}$	$\sigma_{\theta\theta}$	گسیختگی برشی پله ای با زاویه کم (SLAE)
وزن گل بالای غیرمعقول این نوع شکست را بوجود می آورد	$\sigma_{\theta\theta}$	$\sigma_{zz}$	$\sigma_{rr}$	گسیختگی برشی باریک (SNBO)
وزن گل بالای غیرمعقول این نوع شکست را بوجود می آورد	$\sigma_{zz}$	$\sigma_{\theta\theta}$	$\sigma_{rr}$	گسیختگی برشی ضربه ای عمیق (SDKO)

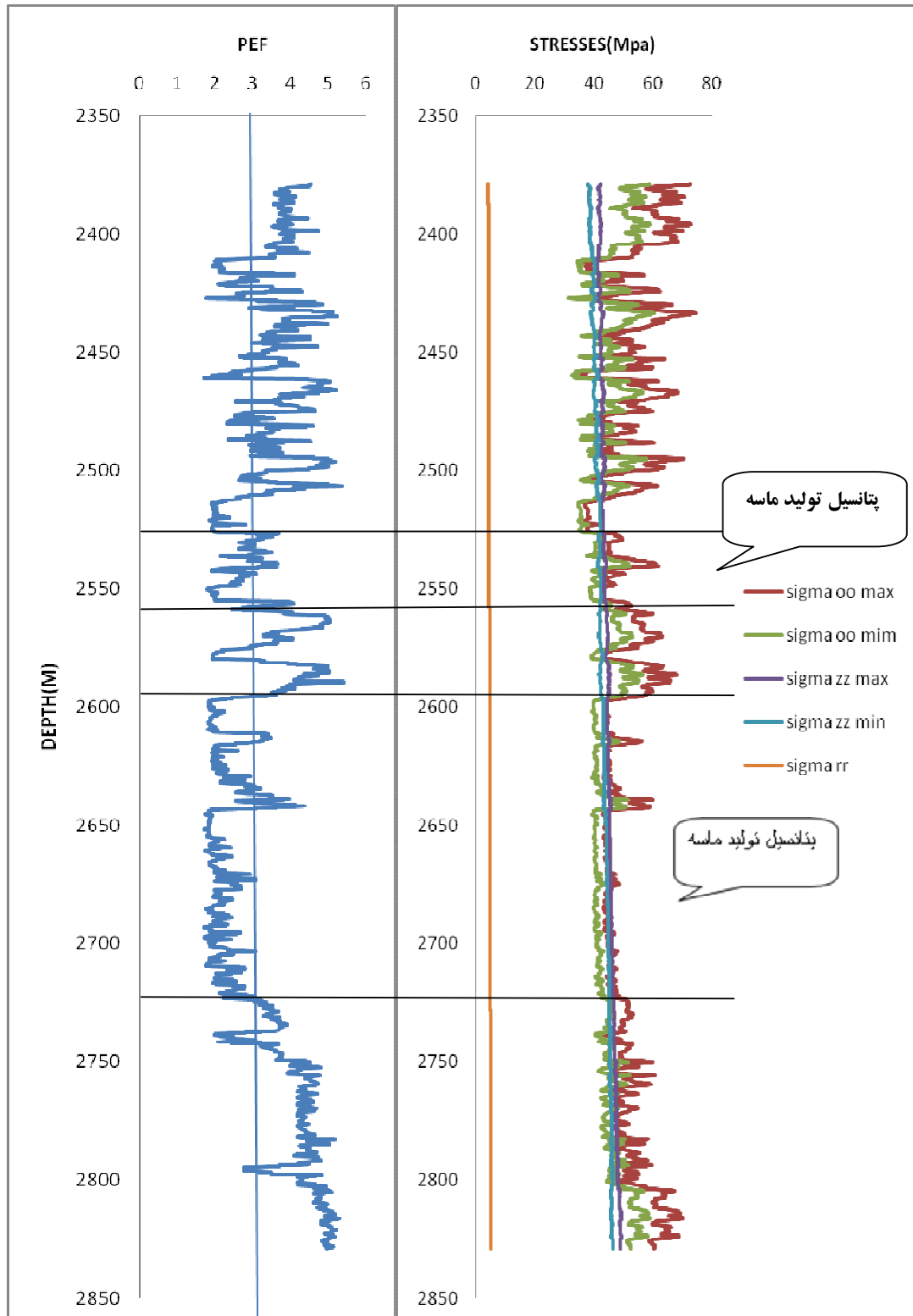
ریزش مرسوم<sup>2</sup> (گسیختگی برشی عریض<sup>3</sup>) مطابق شکستگی است که در آن  $\sigma_{rr}$  و  $\sigma_{\theta\theta}$  بترتیب برابر با  $\sigma_1$  و  $\sigma_3$  هستند . از آنجا که  $\sigma_{rr}$  در اطراف چاه تغییر نمی کند ، شکست در ناحیه ای روی می دهد که ماکزیمم مقدار تمرکز تنش باشد (در چاه عمودی ، این ناحیه از دیواره چاه نزدیک به آزیموت تنش اصلی افقی حداقل ( $S_{hmin}$ ) می باشد) . در این حالت تنش اصلی متوسط<sup>4</sup>، برابر با  $\sigma_{zz}$  است . هنگامی که تمرکز تنش از استحکام سنگ تجاوز کند ، سنگهای شکسته شده (خرده سنگ ها) به درون چاه ریزش می کنند . در مدل هایگسیختگی برشی پله ای با زاویه زیاد<sup>4</sup> و گسیختگی برشی پله ای با زاویه کم<sup>5</sup>، برابر با  $\sigma_{rr}$  است و زمانی که شکستگی رخ دهد ، صفحات شکست به شکل ستونی (عمودی) نسبت به دیواره دیواره چاه با یک جهت لغزشی موازی با دیواره چاه خواهد بود . در این مدل ها بدلیل آنکه سنگهای شکست خورده بدون چاه ریزش نمی کنند نواحی قابل توجه شکست رخ نمی دهد . صدها و هزاران جهت ریزش در هزاران چاه جهان با مشاهدات تنش مستقل اثبات کرده ، ریزش مرسوم سازند (مدل SWBO) ، مدل غالب شکست تراکمی (یا برشی) چاه است.

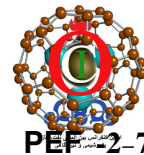
1. Permutation
2. Conventional Breakout
3. Shear failure Wide Breakout
4. Shear failure High Angle Echelon
5. Shear failure Low Angle Echelon





شکل 5: تعیین ذون های پتانسیل تولید ماسه در یکی از میادین جنوب غربی ایران در مخزن آسماری





به فاکتور جذب الکتریک گفته می شود. این منحنی حاصل دریچه کم انرژی است. اندازه گیری انجام شده توسط این دریچه، برای تعیین تعداد تشعشعات گامائی که در معرض جذب فوتو الکتریک قرار دارند بکار می رود. تخلخل و سیال درون آن، تاثیر بسیار اندکی بر آن دارد. این لاگ جز لاگ های تشخیص لیتولوژی است و مشخص کننده زمینه یا ماتریکس سنگ است و براحتی می توان با بررسی این لاگ نوع لیتولوژی را تعیین کرد. مقدار اگر PEF کمتر از 3 شود حاکی از وجود ماسه سنگ است که در این تحقیق به عنوان شاخص جداسازی ماسه سنگ از دیگر سنگ ها مشخص شده است [7].

### 3- نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی پتانسیل تولید ماسه در مخزن آسماری، در یکی از میادین جنوب غرب ایران پرداخته شد. بوسیله زون بندی مخزن که شامل دو متغیر وجود ماسه سنگ و ایجاد شکستگی دیواره چاه میتوان محل هایی که مشکل ساز و احتمال ایجاد تولید ماسه کنند را شناسایی کرد. همچنین رژیم تکتونیکی در عمق مورد نظر از نوع نرمال می باشد. لیتولوژی غالب در میدان مورد نظر کربناته و ماسه سنگی است. عوامل اصلی کنترل گر تولید ماسه تنش های القایی و نوع لیتولوژی سنگ مخزن هستند. بدیهی است که نرخ تولید نیز اثر بسیاری بر حرکت دانه های ماسه در چاه خواهد داشت.

### مراجع

- [1] هادی آشتیانی عبدی، 1388، "دانش نوپای ژئومکانیک مخازن هیدروکربنی"، مجله اکتشاف و تولید
- [2] SPE/ISRM 47247: stress measurements for sand control by j.desroches/spe.schlumberger dowell and T.E. woods, spe, schlumberger wireline and testing. p:1-3
- [3] وی. اس. وتوکوری، ک. کاتسویوما، ترجمه محدفاروق حسینی، 1378، "درآمدی بر مکانیک سنگ"، نشر کتاب دانشگاهی
- [4] sand production prediction: a new set of criteria for modeling based on large-scale transient expermenets and numerical investigation, by: alireza nouri, dalhouse university; hans vaziri, bp american inc; hadi belhaj, rafiqul islam, dalhouse university; p 3-4
- [5] Zoback, M. D., Barton, C. A., Brudy, M., Castillo, D. A., Finkbeiner, T., Grollimund, B. R., Moos, D. B., Peska, P., Ward, C. D., Int. J. Rock "Determination of stress orientation and magnitude in deep wells" Wiprut, D. J., 2003. Mech. Mini. Sci. vol. 40, p. p. 1049-1076 .
- [6] Hubbert, M. K., Willis, D. G., 1957, "Mechanics of hydraulic fracturing" . Pet. Trans. AIME, vol. 210, pp. 53-63.
- [7] دکتر بهرام موحد 1378، "مبانی چاه پیمایی" جلد اول صفحات 166 - 169