

## المحاضرة 14

### 1-3-10- مكافحة الترسبات الملحية:

تتم مكافحة الترسبات الملحية، إما بالوقاية من ترسبها أو بحلها بعد ترسبها . وبشكل عام تقسم أساليب الوقاية من الترسبات الملحية إلى:

**1- الطرق الفيزيائية:** وتتضمن تنفيذ بعض الإجراءات بهدف التقليل من كمية المياه المنتجة كعزل المجالات المماهة أو بالتأثير على المياه بالعوامل الفيزيائية مثل الحقل المغناطيسي، الحقل الكهربائي والأمواج الصوتية بترددات معينة.

**2- الطرق الكيميائية:** وتعتمد على استخدام مواد كيميائية تمنع ترسب الأملاح . فمثلاً تعتبر مركبات الفوسفات العضوية مواداً فعالة لمنع ترسب أملاح الكربونات والكبريتات. وتستخدم في الصناعة طائفة واسعة من المواد التي لا مجال لذكرها هنا، ولكنها جميعها تتميز بمواصفات مشتركة تقريباً، حيث يمتزج أغلبها مع موانع التآكل ولا تؤثر على خواصها إضافة إلى أنها لا تساعد على تشكيل مستحلبات بين الم تكتفات الغازية ومحاليل (ميتانول – ماء) ولا تسبب تشلطي رغوّة.

أظهرت الدراسات إلى أن مانع ترسب الأملاح، يكون فعالاً فيما إذا استخدم بمعدل 20g لكل 1M<sup>3</sup> مياه، حيث يتم إيصاله إلى القعر بشكل مشترك مع مانع التآكل والميتانول من خلال أنابيب حقن الميتانول . إلا أن الحقن المشترك قد لا تكون مجدية في جميع الآبار لأن الكمية التي تصل إلى قعر الآبار، قد لا تكون كافية بحيث تتناسب مع حجم المياه. لذلك في مثل هذه الحالة أو عندما لا تكون أنابيب حقن الميتانول موجودة، فإنه يعتمد إلى تحاشي ترسب الأملاح على كامل طول البئر عن طريق حقن مانع ترسب الأملاح في المنطقة المجاورة لقعر البئر، بعد مزجه مع مجموعة من المواد الكيميائية التي تساهم في تحقيق الهدف، ومن خلال التجارب العملية أوجد أن التركيب للمزيج يكون وفق النسب المئوية الكتلية التالية:

2

مانع ترسب الأملاح inhibitor

12.5	حمض كلور الماء تركيزي 20%
0.35	مقللات توتر سطحي
13.0	بقايا إماهة أوكسيد الايتلين (بولي غليكول)
72.5	مياه

- يلعب حمض كلور الماء دوراً في إبطاء سرعة غسل مانع الترسب من الصخور . أما الهدف من إضافة مقلل التوتر السطحي هو الحصول على بنية رغوية، مما يساهم في زيادة التغلغل في الطبقة من جهة ويزيد من قوة التصاق الطبقة الرقيقة من المياه على سطح الصخر . ويضاف البولي غليكول، بهدف زيادة لزوجة البنية الرغوية ويقلل من سرعة تفاعل حمض كلور الماء مع الصخور الكربوناتية.

يتطلب حقن المزيج في البئر، القيام ببعض الأعمال التمهيدية، حيث يجب تنظيف قاع البئر من الترسبات الملحية الموجودة ومن الشوائب والسوائل المتجمعة خلال عملية الاستثمار، بعد ذلك يتم إجراء اختبار للبئر لتحديد كمية المياه المنتجة مع الغاز بدقة ومن ثم تحضير الكمية المطلوبة من مانع الترسب بالعلاقة مع كمية المياه.

تحدد كمية مانع الترسب  $G(kgr)$  اللازمة للحقن في المنطقة القاعية بالعلاقة:

$$G = 10^{-3} G_0 \cdot Q_w \cdot A \cdot t \quad (10-19)$$

حيث أن:

$G_0$  - كمية مانع الترسب المقترحة لمعالجة  $1M^3$  من المياه المنتجة  $10^{-3}kgr/M^3$ .

$Q_w$  - حجم المياه المنتجة  $M^3/day$ .

$t$  - زمن استمرار فعالية مانع الترسب باليوم.

$A$  - معامل عدم انتظام جرف مانع الترسب ( $A = 1.5-2$ ).

تستخدم الكمية الحسابية  $G$  لتحضير محلول مانع الترسب في المياه العذبة أو مع المواد الأخرى المذكورة أعلاه بتركيز  $\%(1-5)$ .

تحسب كمية المحلول اللازمة للحقن في المنطقة القاعية بالعلاقة:

$$V_p = 100G / C_u \cdot \rho_p \quad (10-20)$$

حيث أن:

$C_u$  - تركيز مانع ترسب الأملاح في المحلول %.

$\rho_p$  - كثافة المحلول  $\text{kg}/\text{M}^3$ .

أما حجم السائل (الماء) أو (ماء + ميثانول) الناقل للمحلول إلى الطبقة فيحدد بالعلاقة

$$V_1 = \pi m \cdot HR^2 + V_t \quad (10-21)$$

حيث أن:

$m$  - مسامية المنطقة القاعية %.

$H$  - سماكة الطبقة  $M$ .

$R$  - المسافة التي يخترقها مانع الترسيب في الطبقة  $M$ .

$V_t$  - حجم المواسير في البئر.

وينصح عملياً باستخدام الغاز لدفع محلول مانع الترسيب إلى الطبقة . بعد عملية

الحقن تغلق البئر (20-24)h ومن ثم توضع في الإنتاج، وتعاد عملية الحقن عندما

ينخفض محتوى مانع الترسيب في المياه المنتجة.

#### 10-4- إنتاج الغاز الحامضي Sour Gas Production:

تحتوي العدد من مكامن الغاز الطبيعي على كبريتيد الهيدروجين ( $\text{H}_2\text{S}$ ) وثاني

أوكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ). يُسمى هذان الغازان بالغازين الحامضيين (acid gases)

لأنهما يشكلان محلولين حامضيين بوجود الماء، ويدعى الغاز حامضياً إذا كان يحتوي

على كميات من  $\text{H}_2\text{S}$  أعلى من الحدود المسموح بها صناعياً . وتقدر عادة بأربعة

أجزاء لكل مليون جزء (4 PPM). ويتضمن إنتاج هذه الغازات عدة مشاكل: التسمم،

التآكل وترسب الكبريت.

##### 10-4-1- تآكل المعدات المعدنية:

يمكن تعريف التآكل بأنه التلف الذي يصيب المعدن بسبب التفاعل مع البيئة

المحيطة. يحدث التآكل بسبب ( $\text{H}_2\text{S}$ ) في ثلاثة طرق:

1 - بوجود الماء يشكل  $H_2S$  محلولاً حامضياً يسبب التفتير (النخر) وفقداناً مستمراً للمعدن.

2 - الهشاشة الناتجة عن انتشار الهيدروجين إلى داخل المعدن.

3 - التصدع بالإجهاد التآكلي (Stress Corrosion Cracking).

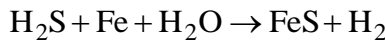
ففي النوع الأول من التآكل، يتفاعل  $H_2S$  مع الفولاذ مشكلاً طبقة رقيقة هشة على سطح المعدن يقوم تيار الغاز بجرف هذه الطبقة مؤدياً إلى تسريع معدل التآكل بشكل ملحوظ

يحدث انتشار الهيدروجين الذري (H) من السطح المتفاعل للفولاذ إلى داخل التركيب البلوري للفولاذ بسبب صغر قطر الذرة A(1.74). وهناك يتغير الهيدروجين الذري إلى هيدروجين جزيئي غير منتشر مكوناً بذلك ضغوطاً موضعية عالية وذلك بسبب ازدياد قطر الجزيء A(3.48) ويشكل منطقة ضعف في المعدن وهذا هو سبب تسميته بالهشاشة الهيدروجينية.

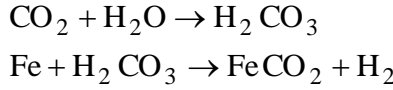
يسمى صدع الإجهاد التآكلي أحياناً بصدع السلفايد والذي ينتج عن تحول الفولاذ إلى بنية هشة بانتشار الهيدروجين الذري إلى داخل التركيب البلوري وبالتالي يحدث التصدع تلقائياً. ويجب أن تتوفر ثلاثة عوامل قبل حصول هذه الظاهرة:

- أن تكون المواد قابلة لصدع الإجهاد التآكلي، وهذا قد يشمل أي مادة كربونية (سبيكة أو الفولاذ المقاوم للصدأ).
- تواجد غاز  $H_2S$  والماء (في الحالة السائلة).
- يجب أن يكون المعدن معرضاً للإجهادات الحركية أو الساكنة.

يحصل الفعل التآكلي لغاز  $H_2S$  بموجب المعادلة:



يحدث التآكل بفعل غاز  $CO_2$  عندما يذوب في الماء مشكلاً حمض الكربون الذي يخفض قيمة الـ (PH) للماء ويزيد من قدرتها على التآكل.



يعتبر الضغط في آبار الغاز وعند درجات الحرارة العالية نسبياً، العامل المتحكم الذي يؤثر على قابلية  $\text{CO}_2$  على التآكل، ويستخدم الضغط الجزئي  $P_{\text{CO}_2}$  لغاز  $\text{CO}_2$  كمعيار للتنبؤ بالتآكل في الآبار الغازية المنتجة لغاز  $\text{CO}_2$ ، حيث يمكن اعتماد الحدود التالية

- 1 - قيمة  $P_{\text{CO}_2}$  الأعلى من 30 Psia تدل على التآكل.
- 2 - قيمة  $P_{\text{CO}_2}$  المحصورة بين 3 Psia و 30 Psia قد تدل على التآكل.
- 3 - قيمة  $P_{\text{CO}_2}$  الأقل من 3 Psia لا يعتبر عادة عاملاً مساعداً على التآكل.

عندما يتواجد  $\text{H}_2\text{S}$  مع  $\text{CO}_2$ ، يكون الفعل التآكلي أكبر من غاز  $\text{H}_2\text{S}$  بمفرده، ويمكن للكيميائيات الضئيلة من الأوكسجين أن تسرع من التآكل بشكل كبير.

#### 2-4-10- الوقاية من التآكل باستخدام موانع التآكل:

طبقت العديد من الطرق لحماية تجهيزات الآبار الغازية من التآكل، ولكننا هنا في هذا الفصل سوف نقتصر على استعراض الطرق الأوسع استخداماً والتي أعطت نتائج جيدة من الناحية العملية.

#### a- طريقة إزاحة مانع التآكل ضمن مواسير الإنتاج:

##### The tubing displacement method

يتم في هذه الطريقة حقن كمية من مائع التآكل في مواسير الإنتاج من الأعلى ومن ثم إزاحتها حتى القعر لضمان ملامسة مانع التآكل مع كامل السطح الداخلي للمواسير . ويعتبر الديزل أو الكوندسات من أكثر المذيبات التي غالباً ما يتم اختيارها لخليط مانع التآكل وغالباً ما يستخدم الماء أو النتروجين أو الغاز الطبيعي لدفع الخليط إلى القعر . بالرغم من التأكد بوضوح من ملامسة جميع السطوح مع مضاد التآكل إلا أن كمية الطبقة الرقيقة غير محددة . وإذا كان حجم خليط مضاد التآكل قليل وتم دفعه بسائل لا يمتزج معه، حينئذ قد يكون هناك عدم توزيع مناسب في جميع مناطق سطح مواسير

الإنتاج بسبب الجريان المحلزن في أسفل البئر . تحصل مثل هذه الحالة عندما يزاح مضاد التآكل النقي أو المذاب في النفط باستخدام الماء أو الغاز .

#### **b- طريقة حقن مائع التآكل باستخدام النتروجين:**

##### **:Method of inhibitor application using nitrogen gas**

غالباً ما يستخدم غاز النتروجين لدفع كتلة معينة من خليط مائع التآكل إلى القعر، أو يزاح الغاز الموجود في البئر بغاز النتروجين الذي يحمل مائع التآكل بشكل ضباب. يؤخذ النتروجين إلى موقع البئر في حالة سائلة، ثم يحول إلى الحالة الغازية تحت ضغط أكبر قليلاً من ضغط البئر . يُضغَط غاز النتروجين في البئر حاملاً معه مانع التآكل على شكل قطرات، وتساعد الإزاحة السريعة على وصول قطرات الضباب هذه إلى قعر البئر. بعد أن يتم إغلاق البئر لوضع ساعات يستقر ضباب مضاد التآكل على جدران مواسير الإنتاج.

يُفضل استئناف جريان البئر بمعدل ابتدائي قليل نسبياً ثم تتم زيادة هذا المعدل بشكل تدريجي. يمكن بهذه الطريقة تثبيت مائع التآكل على جدران المواسير وبذلك تكون كميته المرتدة إلى خارج البئر أقل ما يمكن.

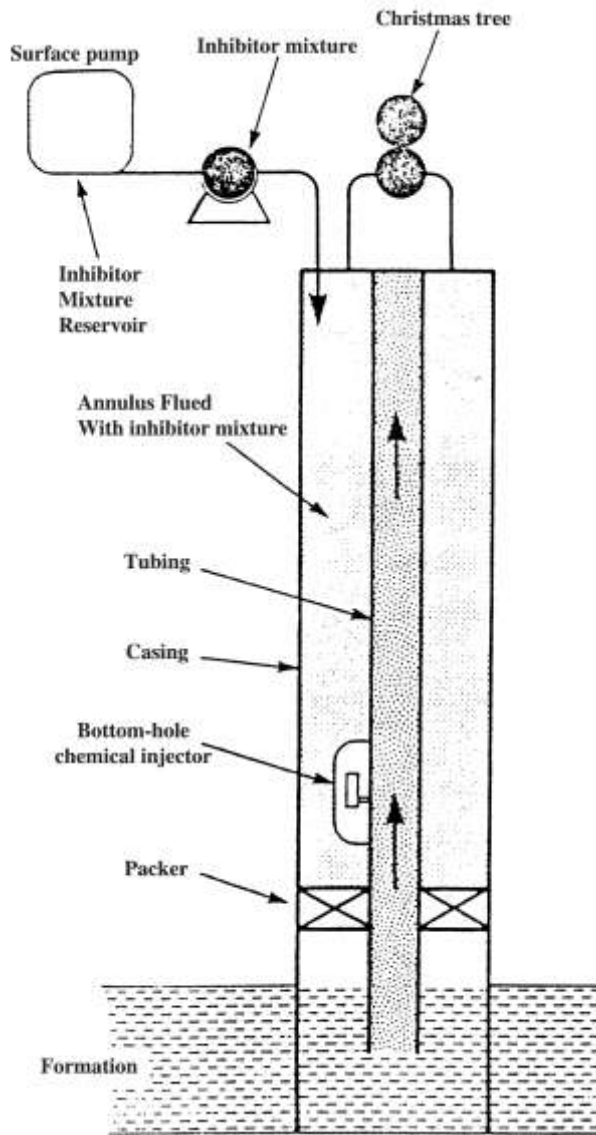
#### **c- طريقة المعالجة المستمرة بمائع التآكل:**

##### **:Method of continuous treatment with inhibitor**

إن أفضل طرق الوقاية من التآكل فعاليةً وجدارةً بالاهتمام، تتم بإضافة مستمرة لمائع التآكل بكمية مناسبة إلى أسفل مواسير الإنتاج لتغطية سطحها الداخلي . وبهذه الآلية يمكن تجنب التآكل الدوري الذي يحصل في الطرق المعرضة في الفقرتين a, b. وبذلك يكون الفقدان الإجمالي للمعدن أقل كثيراً على مدى حياة معدات البئر .

إن الطريقتين الأوسع انتشاراً لتوصيل مائع التآكل إلى قعر البئر، إما بحقن المادة في الفراغ الحلقي أو باستعمال مواسير ذات قطر صغير لنقل مائع التآكل إلى القعر.

تعتبر طريقة الحقن في الفراغ الحلقي أكثر شيوعاً من الناحية العملية نظراً لبساطة التجهيزات مقارنة مع الأساليب الأخرى ، حيث يملأ الفراغ بين مواسير الإنتاج ومواسير التغليف بمانع التآكل ومن ثم يسلب ضغط على السطح ليحبر صمام حقن المواد الكيميائية (Chemical Valve) على الفتح فيدخل مانع التآكل إلى داخل مواسير الإنتاج. الشكل (10-9).



الشكل (9-10) يوضح مخطط المعالجة المستمرة بمانع التآكل  
عن طريق الفراغ الحلقي

في بعض الأحيان يستخدم أنبوب مصنوع من سبائك معدنية ذو قطر صغير ومقاومة عالية وذلك جنباً إلى جنب مع مواسير الإنتاج بحيث يتصل الاثنان مع بعضهما عند قعر البئر. يجري حقن المواد الكيميائية النقية خلال الأنبوب بواسطة مضخة لحقن السوائل بضغط عالي موجودة على السطح، وقد يصل ضغط الحقن إلى قيم عالية جداً بسبب ضياعات الضغط نتيجة للاحتكاك وذلك تبعاً لعمق البئر. ومن أجل المحافظة على استمرار معدل جريان مناسب، يجب أن تكون لزوجة المواد المحقونة منخفضة عند تواجدها في الأنبوب وخالية من المواد الصلبة، ولهذا تزود المنظومة الإنتاجية بفلاتر ذات أحجام مسامية دقيقة لمنع احتمال انسداد الأنبوب بالمواد الصلبة. تتميز هذه الطريقة بعدة حسنات:

- 1 - ضمان خلو مانع التآكل النازل إلى حجرة الحقن في أسفل البئر من الشوائب.
- 2 - صغر حجم الأنبوب، مما يقلل تأثيرات الوقت ودرجة الحرارة على مانع التآكل.
- 3 - يمكن تغيير أنواع موانع التآكل ومعدلات الحقن بشكل سريع.
- 4 - تصميم المنظومة يقلل من احتمال الاتصال بين أنبوب الإنتاج والفراغ الحلقي.
- 5 - يمكن استخدام المنظومة للتسجيل المستمر لضغوط قعر البئر.

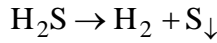
**3-4-10- ترسب الكبريت (Sulfur deposition):**

يمكن أن تظهر مشاكل ترسب الكبريت خلال عمليات إنتاج الغاز الحامضي إذا ما توفر مصدر الكبريت وكان لتركيبة المائع وتغيرات الضغط ودرجة الحرارة خصائصاً ملائمة لترسب الكبريت الحر.

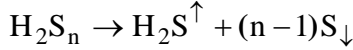


هناك احتمال أكبر لترسب الكبريت فيما إذا:

- كانت محتويات  $H_2S$  عالية.
  - كانت محتويات المركبات الثقيلة ( $C_{5+}$ ) قليلة.
  - لم تتوفر المركبات العطرية في المائع.
  - كانت درجة حرارة وضغط قعر البئر عاليين.
  - كانت تغيرات الضغط ودرجة الحرارة من التكوين إلى رأس البئر عالية.
- كان يعتقد حتى السنوات الأخيرة بلق الكبريت المترسب على جدران مواسير الإنتاج أت من غاز  $H_2S$  أي يحدث انفصال الكبريت عن  $H_2S$  كما في التفاعل:



ولكن تبين حديثاً أن هذا الكبريت المترسب مصدره من المركب اللاعضوي  $H_2S_n$  ذو البنية البلورية المختلفة حسب قيمة  $n$  وهو يتشكل وفقاً للتفاعل التالي:



وتتراوح قيمة  $n$  بين (2-8) حيث أن الكبريت يكون مرتبطاً مع  $H_2S$  في الشروط الطبقة من الضغط والحرارة العاليتين ولكن عند صعود الغاز المحمل بـ  $H_2S_n$  إلى الأعلى يبدأ انفصال ذرات الكبريت من الغاز ويترسب على الجدران الداخلية لمواسير الإنتاج. ويختلف المجال الحراري الذي يترسب عنده الكبريت، وذلك بحسب ال بنية البلورية للكبريت، أي حسب العدد  $n$ ، ولكن أياً كان شكل البنية البلورية فإنه لا يحصل ترسب للكبريت عند حرارة أعلى من  $118^{\circ}C$ .

يمكن التحكم بترسب الكبريت إلى حد ما، وذلك بتحديد تغيرات الضغط ودرجات الحرارة بواسطة معدل الإنتاج وبالأستعانة بمجموعة منوعة من المذيبات الفيزيائية المتوفرة للحقن في البئر لإزالة الكبريت في حال ترسبه بكميات قليلة أو متوسطة.

إن المذيبات التي تعمل بالاندماج الكيميائي للكبريت إلى داخل التركيب الجزيئي للمذيب تتميز بقدرة عالية جداً لنقل الكبريت وتستخدم في الحالات التي يكون فيها ترسيب الكبريت كبيراً.

من الضروري جداً أن يتم التمييز فيما إذا ترسب الكبريت في الطبقة، مواسير الإنتاج، خطوط التجميع أو في مدخل الفواصل فعندما يحصل ترسب الكبريت في مواسير الإنتاج وخطوط التجميع أو مدخل الفواصل، يمكن التقليل من كميته بالتسخين والمحافظة على ضغوط عالية أو يكمن إزالتها بحقن المذيبات المناسبة بشكل دوري أو مستمر في حالة التعامل مع غاز خفيف يحتوي على نسبة عالية من ( $H_2S$ )، قد يكون من الضروري حقن مذيب في الطبقة أو إجراء غسل دوري للبئر.

#### 10-4-4- إجراءات الأمن والسلامة عند إنتاج الغاز الحامضي

يمكن أن ينتج الغاز الحامض وحتى عند الضغوط العالية بأمان، ولكن بسبب العواقب الوخيمة التي قد تظهر إذا ما تحرر الغاز بالقرب من المناطق المأهولة بالسكان، يجب أن تعطى أهمية خاصة لخطط الطوارئ (Contingency) والسلامة (Safety). وفيما يلي بعض إجراءات السلامة التي يجب مراعاتها في أثناء إنتاج الغاز الحامضي:

- عندما يكون تركيز  $H_2S$  قليل فإنه يتصف برائحة البيض الفاسد، ولكن عند التراكيز العالية فيتم فقدان حاسة الشم. لهذا لا يمكن الاعتماد على حاسة الشم للدلالة على توجود  $H_2S$ .

- قد يتواجد  $H_2S$  في الغاز الطبيعي الحر أو المرافق للنفط. وفي هذه الحالة ستختلف التراكيز من الرائحة الخفيفة إلى النسبة المئوية التي تؤدي إلى الموت المفاجئ. لهذا فحيثما يوجد  $H_2S$  يجب ارتداء الأقفعة الواقية. وتبلغ الكثافة النسبية لـ  $H_2S$  (1.19) وبالتالي هو أثقل من الهواء. لذلك فإن التراكيز العالية منه سوف تتواجد عند سطح الأرض وبشكل خاص في المناطق المنخفضة كحفرة البئر (Well Cellars)، الخنادق أو الأقبية المفتوحة (open ditches).

- يعتبر غاز  $H_2S$  شديد الاشتعال، وقابلاً للانفجار إذا تواجد مع الهواء بنسبة حجمية 4.3% حتى 45.5%.

- عندما يتم التأكد من وجود  $H_2S$  في الغاز الطبيعي أو في النفط الخام فإن منظومة الإنتاج يجب أن تصمم بطريقة مناسبة للتعامل مع المنتجات النفطية وتصريف الغاز بصورة سليمة.

- إذا تأثرت العينين أو لوحظ وجود هالة حول المصابيح الكهربائية في أثناء العمل، فيجب إجراء ما يلي:

- 1 -ترك الموقع حالاً.
- 2 -غسل العينين كلياً بالماء.
- 3 -إذا كان لابد من العودة للعمل فيجب ارتداء جهاز التنفس مع حماية تامة للوجه.
- إن الحد المسموح به لتركيز  $H_2S$  عند التعرض المستمر خلال فترة (8) ساعات هو 0.001% أو 10PPM حجماً في الهواء، حيث أن التراكيز الأعلى سينتج عنها التأثيرات التالية:

- 1 -من (100-200)PPM لفترة (2-15) دقيقة سيؤدي إلى فقدان حاسة الشم وقد يكون التعرض من (8-48) ساعة قاتلاً.
- 2 -من (200-500)PPM لفترة (1-4) ساعة ستكون قاتلة.
- 3 -من (500-600)PPM لفترة (30-60) دقيقة تكون قاتلة.
- 4 -من (600-1500)PPM لفترة (2-15) دقيقة تكون قاتلة.

- بما أن التعرض لغاز  $H_2S$  سيؤدي إلى شلل في التحكم الدماغي للتنفس، فسيوقف التنفس ويقتد الوعي بسرعة. فإذا تم نقل المصاب فوراً إلى منطقة غير ملوثة وأجرى له التنفس الاصطناعي فوراً فإن احتمالات العودة إلى الوضع الطبيعي تكون عالية.

- يتفاعل كبريت الهيدروجين مع الحديد والفولاذ، الذي يتفاعل مع الهواء ليكون أكسيد الحديد. وينتج عن تحول كبريتيد الحديد إلى أكسيد حديد حرارة كافية لاحتراق الأبخرة السريعة الاشتعال.

## 5-10- الهيدرات الغازية وطرق مكافحتها:

لقد أصبح واضحاً بأن الهيدرات الغازية تتشكل حين توفر الشروط المناسبة، سواء في المنطقة القاعية أو في البئر أو في التجهيزات السطحية ومواسير التجميع التي تصل بين رؤوس الآبار ومحطات المعالجة. ويستدل على تشكل الهيدرات في الآبار الغازية من خلال انخفاض قيمة الضغط على الفوهة وتناقص معدل الإنتاجية . وبشكل عام يمكن استبعاد احتمال تشكل الهيدرات من خلال تطبيق بعض الإجراءات التقنية والتكنولوجية التي تعمل على الإخلال بشروط تشكلها، ومن هذه الإجراءات نذكر:

- استخدام مواد مانعة لتشكل الهيدرات (inhibitors) وتسمى عملياً موانع تجمد.
- استخدام تقنيات خاصة، بحيث تؤدي إلى تخفيض التبادل الحراري بين البئر الغازي والوسط المحيط، وهذا ما يمكن تحقيقه من خلال معدات مجهزة بعوازل حرارية.
- إنزال أجهزة تسخين في البئر الغازية.

تعتبر طريقة استخدام المواد المانعة للتجمد من أسهل الطرق وأوسعها انتشاراً، حيث تساهم هذه المواد بتخفيض درجة حرارة التوازن لتشكل الهيدرات . من هذه المواد نذكر: الميثانول – الغليكول – إيثيلين الغلايكول – ثنائي إيثيلين الغلايكول – ثلاثي إيثيلين الغلايكول وكلور الكالسيوم.

في حال استخدام كلور الكالسيوم، فمن الضروري الانتباه إلى أنه عند التراكيز الأكبر من 35% وزناً فسوف تحدث ترسبات بلورية في درجات الحرارة القريبة من الصفر. كما أنه من الضروري إضافة موانع التآكل المناسبة بهدف الحد من التأثير التآكلي لكلور الكالسيوم. أما بالنسبة لمركبات الغلايكول فإن صعوبة استخدام تكمن في تغير مواصفاتها بالعلاقة مع التركيز، حيث أن لزوجة محاليلها المائية تزداد بشكل كبير عند انخفاض الضغط ودرجة الحرارة.

يعتمد اختيار مانع تشكل الهيدرات هذا أو ذلك على مجموعة من الأسس: السعر، قدرته على تخفيض درجة حرارة توازن تشكل الهيدرات، درجة انحلاله في الماء

ودرجة حرارة تجمد محلوله المائي، اللزوجة والتوتر السطحي، إمكانية إعادة تنشيطه، الانحلال المتبادل مع الغاز ومع المنكثفات الغازية.

يحدد نقصان قيمة درجة حرارة توازن الهيدرات بالنسبة للميتانول وإيتيلين الغلايكول وثنائي إيتيلين الغلايكول بالعلاقة:

$$\Delta T = KG / [M(100 - G)] \quad (10-22)$$

حيث أن:

G- التركيز الوزني لمانع التجمد المستخدم %.

M- الكتلة المولية.

K- ثابت تحدد قيمته تجريبياً.

قيم K و M هي الآتية:

	الميتانول	إيتيلين الغلايكول	ثنائي إيتيلين الغلايكول
K	1295	1220	2430
M	32	62	106

وبالنسبة لكلور الكالسيوم فإن  $\Delta T$  يمكن حسابها بالعلاقة التجريبية التالية:

$$\Delta T = 0.075 G^2 \quad (10-23)$$

يعتمد حساب كمية موانع التجمد غير المتطايرة (إيتيلين الغلايكول  $\text{CaCl}_2$ ) واللازمة للحقن في البئر بناءً على كمية بخار الماء الموجود في الغاز في الشروط الطباقية وفي شروط فوهة البئر، وعلى إنتاجية البئر والتركيز اللازم لمانع تشكل الهيدرات ويتم الحساب بالعلاقة:

$$Q_i = G_2 (W_1 - W_2) / (G_1 - G_2)$$

حيث أن:

Q- معدل الحقن  $\text{kg}/1000\text{M}^3$ .

$W_1, W_2$  - محتوى الغاز من بخار الماء في شروط الطبقة والفوهة قبل المعالجة.

$G_1, G_2$  - التركيز الوزني لمانع تشكل الهيدرات المحقون في البئر والخارج من البئر

أما بالنسبة لموانع التجمد المتطايرة (CH<sub>3</sub>OH) فإن معدل الحقن يساوي مجموع كمية الميثانول اللازمة لإشباع بخار الماء المتحول إلى الطور السائل ولإشباع بخار الماء المتبقي في الغاز ويحسب من العلاقة:

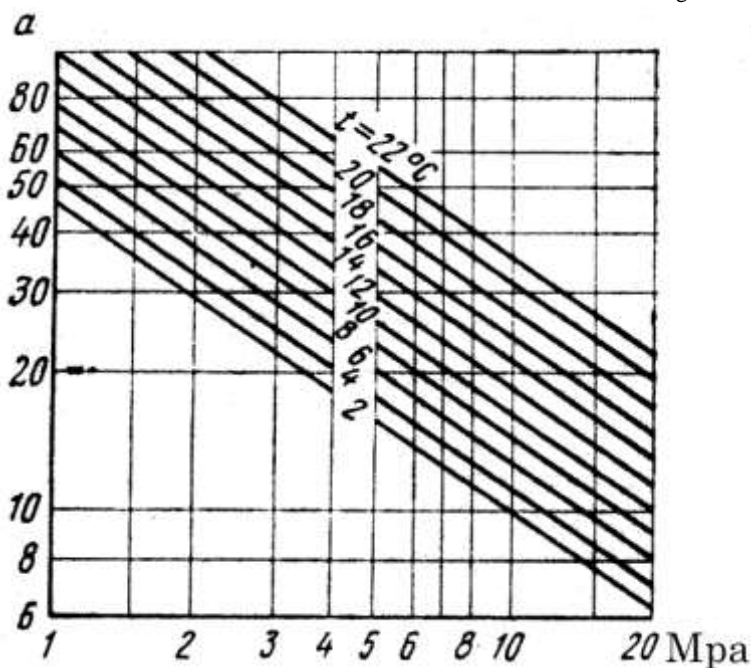
$$Q_i = \frac{(W_1 - W_2)G_2}{G_1 - G_2} + 0.001 G_2 \alpha_1 \quad (10-24)$$

حيث أن:

- $\alpha_1$  - نسبة تركيز الميثانول في الطور الغازي إلى تركيزه في الطور السائل الشكل (10-10). وبهذا يمكن حساب كمية مانع التجمد المحقونة في البئر الغازي خلال اليوم الواحد من العلاقة:

$$Q_d = Q_i \cdot q_g$$

حيث أن:  $q_g$  - إنتاجية الغاز  $10^3 M^3/day$ .



الشكل (10-10) نسبة الميثانول في الطور البخاري إلى تركيزه في الطور السائل بالعلاقة مع الضغط والحرارة

## 6-10- تجمع السوائل في الآبار الغازية:

تستند دراسة انفصال السوائل وتجمعها في قاع البئر الغازية إلى أسس حركة المزيج ثنائي الطور (غاز- سائل)، حيث تعتبر سرعة تيار المزيج هي العامل الأساسي الذي يجعل الطورين يتحركان باتجاه واحد في الأنابيب العمودية . فإما أن تكون السرعة كافية لجرف السوائل مع تيار الغاز إلى السطح وإلا تجمعت السوائل في البئر وشكلت ما يسمى بسدادة السائل.

تسبب السوائل المتجمعة في قاع البئر الغازية ضغطاً كمياً على الطبقة المنتجة من جهة وزيادة في الضياعات الهيدروليكية الناتجة عن حركة الغاز ضمن عمود السائل. المتشكل

تقسم طرق إزاحة السوائل من الآبار الغازية إلى طرق ميكانيكية وطرق فيزيو- كيميائية، ويمكن تطبيق الطرق بنوعها بشكل مستمر أو بشكل دوري أثناء عمل البئر الغازية وتشمل الأساليب التكنولوجية والتقنية التالية:

- فتح البئر إلى الجو مباشرة.
- تشكيل رغوة في قاع البئر من خلال حقن مشكل رغوة.
- استخدام الرفع المكبسي.
- استخدام مضخات بئرية.

يعتمد اختيار الطريقة المناسبة على تجهيزات البئر الجوفية و على كمية السوائل المتجمعة والإمكانات الفنية المتوفرة...إلخ.

### إزاحة السوائل من قاع البئر باستخدام الرغوة:

يعتمد مبدأ هذه الطريقة على حقن المواد النشطة سطحياً في البئر، على أن تكون ذات انحلالية عالية في السوائل الطبقيّة . وفي أثناء مرور تيار الغاز ضمن عمود السائل الناتج سوف تتبعثر فقاعات الغاز مشكّلة الرغوة . وبما أن كثافة الرغوة المشكّلة أقل بكثير من كثافة السوائل الطبقيّة فإنها ستجرف بتيار الغاز خلال مواسير الإنتاج إلى السطح وحتى عند معدلات الإنتاج القليلة.

يلعب مشكل الرغوة دوراً في تخفيض التوتر السطحي للماء في محلولها مع مقلل التوتر السطحي. وفي حال احتواء السائل الموجود في قعر البئر على متكثفات غازية، فإن هذه الأخيرة سوف تعيق تشكيل الرغوة. وينتج مع الماء بوجود مقلل التوتر السطحي مستحلبات صعبة التفكك، وهذا يتطلب إضافة مواد مانعة للاستحلاب.

يمكن حساب كمية مقلل التوتر السطحي المطلوبة لإخوة السوائل من قعر البئر بالعلاقة

$$X = \frac{100 CV}{a}$$

حيث أن:

- C تركيز مقلل التوتر السطحي اللازم لتشكيل الرغوة مع السائل المزاح  $\text{Kgr/M}^3$
- V حجم السائل الداخل في تشكيل الرغوة  $\text{M}^3$ .
- a كمية المادة الفعالة في مقلل التوتر السطحي %.

أما كمية المُحل اللازمة لتشغيل المحلول بالتركيز المطلوب، فتُعطى بالعلاقة:

$$V_p = \frac{x}{\rho_p} \left( \frac{a}{n} - 1 \right) \cdot 10^{-3}$$

حيث أن:

- $\rho_p, V_p$  - حجم المُحل L، وكثافته  $\text{kg/M}^3$ .
- n تركيز المحلول الناتج.

في الظروف المناخية الباردة من الضروري استعمال مانع التجمد بوجود المواد المنشطة، ويُحسب حجمه بالعلاقة:

$$V_a = V_p \frac{C_a \cdot \rho_p}{100 \rho_p}$$

حيث أن:

- $V_p$  حجم مانع التجمد L.
- $C_a$  النسبة الوزنية لمانع التجمد %.
- $\rho_a$  كثافة مانع التجمد  $\text{kgr/M}^3$ .



