وهدة فعل الغاز عطالي

وحدة فصل الغاز الطبيعي [Gas-oil separation plant]، هي نوع من الوحدات تستخدم بصفة رئيسية في صناعة النفط والغاز. تقوم المحطة بمعالجة النفط الخام لحظة خروجه من رأس البئر وفصل الغاز الطبيعي والملوثات عن النفط الخام لضرورات الأمان، ولأسباب اقتصادية وللحماية البيئية. حيث تكسب عملية فصل الغاز الطبيعي للنفط الخام قيمة اقتصادية عالية عند التخزين، المعالجة، والتصدير.

🖺 ما هي عملية الفصل؟

يكون التدفق من البئر بطورين سائل وغاز وتحت ضغط عال، ويكون قسم من الغاز حراً في حين يكون الجزء الآخر مذاباً في السائل، يجب تخفيض ضغط وسرعة تدفق النفط الخام للحصول على فصل مستقر وذلك من خلال إدخال النفط إلى محطة الفصل [GOSP] أو باختصار [gas-Oil Separator Plant] وتخفيض الضغط إلى الضغط الجوي من خلال عدة مراحل من الفصل.

تبعاً لمقدار تخفيض الضغط فإن بعض المركبات الهيدروكربونية الخفيفة الثمينة في النفط ستفقد إلى الغاز، لذا تعتبر محطة الفصل هي المرحلة الأولى في سلسلة طويلة من المراحل لمعالجة النفط الخام وذلك للسماح للقسم الأكبر من الغاز للتحرر من هذه المركبات الهيدروكربونية الثمينة وبالتالي زيادة استخلاص النفط.

يختلف النفط المنتج من البئر من حقل إلى آخر ليس بسبب خصائصه الفيزيائية فقط، بل بسبب كمية الغاز والماء المالح الذي يحتويه. ففي بعض الحقول لا يتم إنتاج الماء أو الأملاح مع النفط

يحتوي النفط المنتج بضغط عالي على كمية كبيرة من الغاز الحر أو المرافق والذي يرافق النفط الخام من رأس البئر إلى محطة الفصل GOSP ،وفي الفاصل ينفصل النفط عن الغاز ويستقر أسفل الفاصل أما الغاز الأخف من النفط فسيكون في الجزء العلوي. إن النفط الذي يكون ذو GOR عالي يجب أن يخضع إلى مراحل عديدة من الفصل.

بغية التعرف على عملية الفصل يجب التعرف على المجموعات الرئيسية الثلاث المكونة للنفط:

- C_2 المركبات الخفيفة: التي تتكون من الميثان C_1 والأيثان C_2
- 2. المركبات المتوسطة: وتتكون من مجموعتين فرعيتين هي (البروبان/البوتان) و (البنتان/الهكسان).
 - المركبات الثقيلة وتبقى مع النفط وهي +C₇.

يتجلى الهدف الرئيسي من عملية الفصل في تحقيق النقاط التالية:

- ر. $C_1 C_2$ عزل الغازات الخفيفة من النفط مثل C_1
- 2. زيادة كفاءة استخلاص المركبات المتوسطة من النفط الخام.
 - 3. الإبقاء على المكونات الثقيلة في النفط (الطور السائل).

ولتحقيق هذه الأمور فإن بعض الهيدروكربونات في مجموعة المركبات المتوسطة ستفقد إلى الطور الغازي. ولغرض تقليل هذا الفقدان وزيادة استخلاص السائل هناك ميكانيكيتان يجب القيام بمما:

- 1. الفصل التفاضلي أو المحسن [Differential or Enhanced Separation]
 - 2. الفصل المتوازن [Flash Equilibrium Separation].

🖹 ما هي قيود الضغط داخل الفاصل؟

في حال ارتفاع الضغط داخل الفاصل فإن هذا سيؤدي إلى بقاء المكونات الخفيفة في الطور السائل ومن ثم فقدانما داخل الخزان عند تخزين هذا النفط فيه. وإذا كان الضغط منخفضاً نسبياً فإن هذه المكونات الخفيفة سوف تكون موجودة في الطور الغازي.

إن ميل أي عنصر في التحول إلى الطور الغازي يعتمد على ضغطه الجزئي [Partial Pressure] والذي يعسر ف على أنه عدد جزيئات هذا المركب في الطور الغازي مقسوماً على العدد الكلي لجزيئات كل المركبات مضروباً في ضغط الوعاء وكالآتي: (عدد جزيئات المركب في الطور الغازي/ العدد الكلي لجزيئات كل المركبات) X ضغط الوعاء [Vessel Pressure]. لذلك إذا كان ضغط الوعاء عالياً فإن الضغط الجزئي للمركب سوف يكون عالياً نسبياً وستميل جزيئات هذا المركب إلى الطور السائل

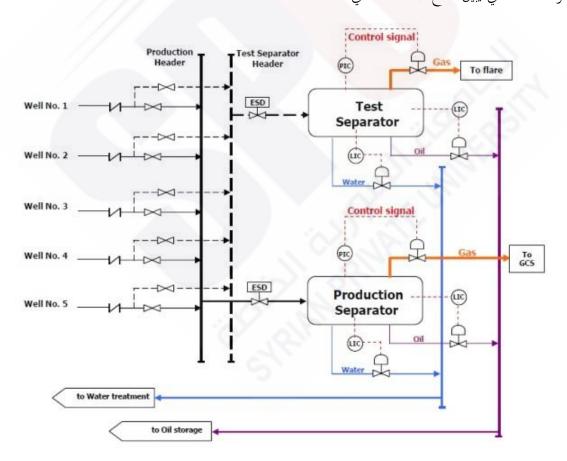
في الفصل التفاضلي يتم فصل الغازات الخفيفة بشكل تدريجي وكامل من النفط خلال عدة مراحل من الفصل وتقليل الضغط. أن ما يميّز عملية الفصل هذه هو فصل الغازات الخفيفة مع تحررها مباشرة بسبب تخفيض الضغط. وبتعبير آخر فان المركبات الخفيفة لا تتلامس مع المركبات الأثقل بل تجد لها طريقاً إلى الخارج.

أما في الفصل المتوازن فتتحرر الغازات من النفط وتبقى في تماس مع الطور السائل. وسيحدث توازن ثرموديناميكي بين الطورين ويتم الفصل حسب الضغط المطلوب

🖹 ما هي محطات الفصل؟

تعتبر محطات فصل الغاز الطبيعي أول حلقات العملية الإنتاجية للنفط الخام [Crude Oil] عبر سلسلة طويلة من المراحل منذ لحظة خروجه من البئر ولحين خروج النفط والغاز الطبيعي عبر منافذ التصدير أو المنتجات الأخرى من المصافي [Refineries] أو معامل معالجة الغاز [Gas Plants].

ومحطات فصل الغاز الطبيعي أول ما يصل إليها النفط المنتج من رأس البئر [Well Head] من خلال شجرة عيد الميلاد [X-mass Tree] حيث يجهز الأنبوب الداخل إلى المحطة بصمام خانق [X-mass Tree] وعيد الاتجاه لتحديد معدل التدفق [Flow Rate] وقبله صمام عدم رجوع [Check Valve] أو صمام وحيد الاتجاه لمنع رجوع النفط بالأتجاه المعاكس مع وجود مقاييس ضغط [Pressure Gauges] قبل وبعد هذه الصمامات، بعدها يدخل النفط الخام إلى مجمع الصمامات [Manifold] والذي يقوم بتوزيع النفط على الفواصل وفقاً لإنتاجية كل بئر من النفط والغاز والسعة التشغيلية لكل فاصل [Separator Capacity]



يلاحظ من المخطط أعلاه ما يلي:

- هذا التصميم نموذجي لمحطات الفصل، والفواصل الموجودة فيه ثلاثية الطور [Separators].
- يمكن توجيه النفط إلى الفواصل الإنتاجية عبر خط الإنتاج [Production header] أو إلى
 منظومة الاختبار عبر خط الاختبار [Test Header].
- وجود صمامي توقف اضطراري [Emergency Shut Down valves] أو اختصاراً [EsDV] تقوم بإيقاف المحطة اضطرارياً عند ورود إشارات معينة [ESDV] تقوم بإيقاف المحطة اضطرارياً عند ورود إشارات معينة [High] أو باختصار [LAHH] بالنسبة للنفط أو الماء والتي تحدث عند صعود مستواهما إلى ارتفاع عال، بالإضافة إلى إشارة [Level Alarm Low Low].
- يجب الحفاظ على ضغط الفاصل بين [PSI PSI] وهو الضغط المثالي الذي يضمن عدم حسارة الغازات الخفيفة التي نخسرها عند الضغوط العالية أو حسارة المكونات الثقيلة في النفط.
- تتم السيطرة على ضغط الفاصل من خلال التحكم بكمية الغاز الخارج منه، ويتحقق ذلك من خلال صمام التحكم بالضغط [PCV] والذي يقوم بتنظيم الضغط من خلال تصريف الغاز إلى محطة معالجة الغاز.
- لزيادة الأمان يتم تجهيز الفاصل بصمام أمان [Pressure Safety Valve] المسمى أحتصاراً [PSV] تتم معايرته على ضغط معين وفقاً للنفط المعالج وللحقل الذي يتم الإنتاج منه من حيث كونه مكمن ضغط عال أو ضغط منخفض.
- إن الماء الخارج من الفاصل لا يكون نقياً 100% بل يحتوي على قطرات من النفط على شكل مستحلب لذا يرسل إلى وحدة معالجة الماء ليتم عزل هذه القطيرات، ويمكن بعدها حقنه في الآبار التي توقفت عن الإنتاج.

🖺 إلى أين يذهب النفط المنتج من محطات الفصل؟

- إذا كان النفط المنتج نفطاً رطباً يتم نقله إلى محطة معالجة النفط الرطب.
- إذا كان حاوياً على غاز H_2S ينقل النفط إلى وحدات معالجة النفط [Processing Unit] والتي تعتوي على برج نزع [Stripping Column] بحهز بعدد من الصواني [Trays] على كل منها تراكيب أشبه بالفنجان المقلوب [Bubble Caps] لتضمن حدوث تلامس بين النفط وغاز الوقود ليتم تخليصه من غاز H_2S والذي يسبب مشاكل تشغيلية مختلفة منها مشكلة التآكل بسبب تفاعله مع قطرات الماء الموجود في النفط مكوناً حمض الكبريت H_2SO_4 .
 - إذا كان النفط الخام المنتج لا يحتوي على الماء أو غاز H₂S ينقل مباشرة ً إلى منافذ التصدير.

🖺 إلى أين يذهب الغاز المنتج من محطات الفصل؟

- إذا كانت محطات معالجة الغاز بعيدة عن محطات فصل الغاز الطبيعي يتم نقل الغاز إلى محطات ضواغط الغاز الطبيعي [Gas Compressor Stations].
- يتم إزالة قطرات الماء من الغاز الطبيعي عبر إدخاله إلى وحدات تجفيف الغاز الطبيعي العار الطبيعي [Dehydration Units] حيث تتم معالجته من خلال تلامسه مع الغليكول في برج تلامس [Contactor].
- تذهب نسبة معينة (قليلة) إلى الشعلة [Flare] لغرض الحرق، وللأمان في حالات توقف نقل الغاز إلى وحدات معالجة الغاز أو محطات الضواغط لأي سبب كان.

🖹 ما هي العوامل المؤثرة على عملية الفصل؟

- معدل تدفق النفط والغاز الطبيعي [الحد الأدن [Minimum Flow rate] الحد الأعلى [Average Flow rate].
- الضغط التشغيلي [Operating Pressure] والحرارة التشغيلية [Temperature].
- الخواص الفيزيائية للمواثع [Fluid's Physical Properties] مثل الكثافة [Density] والانضغاطية [Compressibility].
- الكفاءة التصميمية للفصل [على سبيل المثال: إزالة 100% من الجزيئات التي يزيد حجمها عن 10 Micron.
 - وجود الشوائب مثل البارافين [Paraffin] والرمل [Sand]..... ألخ.
 - ميل النفط الخام إلى تكوين الرغوة [Foam].
 - ميل السائل إلى إحداث التآكل.

Test] وما هو الفاصل الإنتاجي [Production Separator] وما هو فاصل الاختبار [Separator] وما هو الفاصل الإنتاجي

يستخدم فاصل الاختبار لفصل وقياس الموائع الخارجة من البئر، ويمكن أن تكون عمودية أو أفقية أو كروية ، يمكن أن تكون بطورين أو ثلاثة أطوار، كما يمكن أن تكون ثابتة أو محمولة وتستعمل لحساب كميات النفط والغاز المنتج من البئر. وبالمقابل يستعمل الفاصل الانتاجي لفصل المائع المنتج إلى أطواره، ويتراوح قطره بين (6–70) قدم، في حين يتراوح ارتفاعه بين (6–70) قدم.

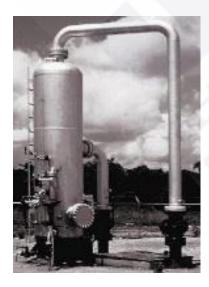
🖺 ما هي العوامل المؤثرة على اختيار سعة الفاصل؟

- حجم الفاصل (القطر الارتفاع).
- تصميم وترتيب الأجزاء الداخلية للفاصل.
 - عدد مراحل الفصل.
- الضغط التشغيلي ودرجة الحرارة التشغيلية.
- الخواص الكيمائية والفيزيائية للموائع الخارجة من النفط [الوزن النوعي اللزوجة -..ألخ].
 - نسبة الغاز إلى النفط GOR .
 - ميل النفط إلى إحداث الرغوة.

إن فرق الكثافة بين السائل والغاز يحقق فصل قطرات السائل والغاز في حين يجب أن تكون سرعة الجريان قليلة عما فيه الكفاية للحصول على زمن كاف لحصول الفصل. حيث تترل القطرات الكبيرة أولاً في حين تتأخر القطرات الأصغر حجماً. تكون كثافة قطرات السوائل الهيدرو كربونية في الضغط القياسي والحرارة القياسية أكبر [800 PSIG] مرة من كثافة الغاز. وبزيادة الضغط يقل فرق الكثافة، فعند ضغط تشغيلي [800 PSIG] فإن كثافة السوائل الهيدرو كربونية تكون أكبر بحوالي [6-10] مرات من كثافة الغاز. لذا فإن الضغط التشغيلي يؤثر على حجم الفاصل وحجم مزيل الرذاذ المطلوب.

[Separator's Types] أنواع الفواصل

• تصنّف الفواصل حسب الشكل إلى فواصل عمودية [Vertical Separators] وفواصل أفقية [Horizontal Separators]





يمكن إيجاز الفرق بين الفواصل الأفقية والعمودية بالجدول التالى:

الفواصل العمودية	الفواصل الأفقية	
محطات الضغط المنخفض	محطات الضغط العالي	الضغط Pressure
معدلات الجريان العالية	معدلات الجريان العالية	معدل الجريان Flow rate
أقل	أعلى	GOR
مساحة فصل قليلة لذا فهي غير مناسبة للتعامل مع الحد الفاصل	بسبب توفيرها مساحة فصل أعلى فألها تسرع عملية الفصل لذا يكون تحرر الغازات أسهل	interface الحد الفاصل
أقل	أكبر	الحجم (هذا العامل مهم حداً بالنسبة للمنصات البحرية off-shore)
أكبر	أقل	الكلفة
أقل	أكبر	السعة
أكثر كفاءة	أقل كفاءة	التعامل مع المواد الصلبة
أكثر كفاءة	أقل كفاءة	التعامل مع معدل تدفق متغير
أكثر كفاءة بسبب ارتفاعها	أقل كفاءة بسبب قلة ارتفاعها، كما أن تذبذب معدل التدفق سيؤدي الى اضطراب في عمل صمام التحكم بالمستوى Level Control	التعامل مع مستوى السائل
أصعب	أسهل	أعمال الصيانة
أقل كفاءة	أكثر كفاءة	التعامل مع المستحلبات والرغوة

- تصنّف الفواصل من حيث عدد الأطوار إلى فواصل ثنائية الطور [two-phase separator] ويمكن استعمال الفواصل العمودية والأفقية لكلا وثلاثية الطور [three-phase separator] ويمكن استعمال الفواصل العمودية والأفقية لكلا الغرضين.
- تصنّف الفواصل من حيث الضغط التشغيلي إلى فواصل تعمل بضغط تشغيلي يتراوح بين [-20 psi وفواصل الضغط عالي [750-1500 psi] وفواصل الضغط المنخفض [750-225 psi]. المتوسط [230-700 psi]

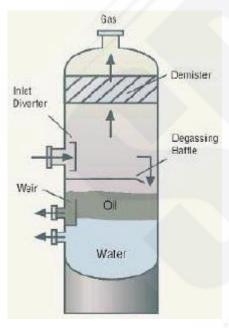
🕮 الفواصل من الناحية التصميمية:

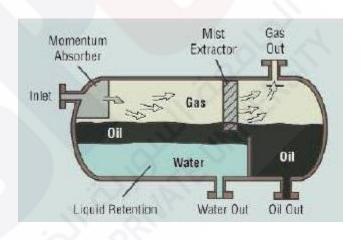
لقد شهد تصميم الفواصل تطوراً كبيراً في العقدين الأخيرين ولكن تبقى هناك بعض الاعتبارات التصميمية التي لا يمكن الحياد عنها لأنها تعتبر من الأمور البديهية في أغلب التصاميم وهذه الأمور هي:

✓ الاستفادة من زخم الدخول [Inlet Momentum]:

تستخدم أغلب الفواصل تراكيب ميكانيكية [Inlet Diverter] لتغيير المسار ولتقليل السرعة العالية للمائع الداخل وهذا مايساعد في تحقيق فصل كبير بين السائل والغاز حيث ألها تشتت النفط بشكل يساعد على هروب الغاز من النفط. أما في الفواصل الأفقية فهناك مجال واسع لاستخدام العديد من التراكيب مثل:

الصفائح [Splash Plates] - الرؤوس المقعرة [Dished Heads]، حيث أن أغلب هذه التراكيب تقوم الصفائح [Splash Plates] - الرؤوس المقعرة الحسن السائل وتشتيت طاقة المائع الداخل من خلال تغيير مسار السائل وتشتيت طاقة المائع الداخل [inlet fluid].



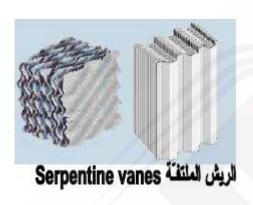


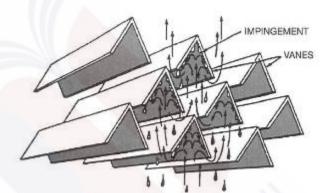
إن فائدة تراكيب الدخول في الفاصل [diverter] هي إحداث تغير مفاجيء في العزم (السرعة والاتجاه) مما يؤدي (بالإضافة إلى اختلاف الكثافة) إلى فصل السائل.

✓ مزيل الرذاذ [Mist Demisting]:

يستعمل لاستخلاص قطرات النفط المحمولة مع الغاز ويتحقق ذلك من خلال استعمال شبكة سلكية [Waxy Crude] ولكن عندما يكون النفط المعالج ثقيلاً أو يحتوي على الشمع [Mesh] تستبدل هذه

الشبكة بريش ملتفة [Serpentine Vanes] ولكن جميع هذه الأنواع توضع بشكل عمودي على اتجاه التدفق حيث أن تدفق الغاز بشكل متعرج يساعد على عملية فصل القطرات وهي أقرب إلى المصيدة في عملها. ويصادف أحياناً وجود بعض قطرات السوائل في الغاز، لأن بعض الأبخرة القابلة للتكثف لا يمكن استخلاصها بواسطة مزيل الرذاذ ويحصل هذا التكثف بسبب انخفاض درجة الحرارة، إن وجود هذه الأبخرة المتكثفة لا يدل على عدم كفاءة الفاصل لأنها تمتلك خصائص الغاز الطبيعي، وقد يحصل هذا التكثف حال خروج الغاز من الفاصل بسبب التغير في الضغط والحرارة.



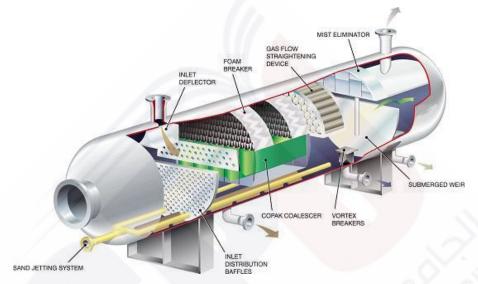


ولكن ما الذي يحصل في مزيل الرذاذ؟

- 1. **الارتطام**: إن ارتطام الغاز الحاوي على قطرات بسطح مزيل الرذاذ، سيؤدي إلى تماسك قطرات السائل و تجمعها على السطح وعند اندماجها ستكون على شكل قطرات كبيرة لتترل إلى قسم تجميع السوائل.
- 2. **التغير في اتجاه التدفق**: في حالة تغير اتجاه جريان الغاز الحاوي على قطرات بشكل مفاجيء فإن القطرات سوف تستمر بالجريان بنفس الاتجاه بسبب الاستمرارية في حين يكون جريان الغاز بعيداً عن جريان هذه القطرات، حيث أن هذه القطرات ستتجمع على السطح ومن ثم تسقط إلى قسم تجميع السوائل.
- 3. **التغير في سرعة الجريان**: أن التغيير في سرعة الغاز سيُسبب تجمع قطرات السائل على سطح مزيل الرذاذ بسبب القصور الذاتي مما يؤدي إلى سقوط القطرات إلى قسم تجميع السوائل.
- 4. **القوة الطاردة المركزية**: عند جريان الغاز الحاوي على قطرات النفط بشكل دوراني وبسرعة عالية فإن القوة الطاردة المركزية [centrifugal force] سترمي بقطرات السائل بعيداً باتجاه جدران الفاصل. مما يؤدي إلى تصادم هذه القطرات وتجمعها في قطرات كبيرة ونزولها إلى قسم تصريف السوائل. إن القوة الطاردة المركزية هي من أكثر الطرق فاعلية في فصل قطرات السوائل من الغاز، وتزداد كفاء لما بزيادة سرعة الغاز الداخل.

:[Vortex Breaker] مانعات التموج

ويتم استعمالها غالباً في الفواصل الأفقية حيث أن هناك احتمال لحصول تموجات على الحد الفاصل بين النفط والغاز [gas-oil interface] ثما يؤدي إلى تقلبات في مستوى السائل وبالتالي التأثير على أدائية أجهزة التحكم بالمستوى [level controller] ولتجنب هذه الحالة يتم تركيب مانعات التموج والتي هي عبارة عن تراكيب ميكانيكية على شكل موانع عمودية على اتجاه الجريان.



:[Liquid Retention Time] زمن الاحتفاظ بالسائل

يتم أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار في الفواصل ثلاثية الطور كي يتسنى للماء والنفط أن ينفصلا عن بعضهما بطريقة فرق الكثافة. يعتمد زمن الاحتفاظ بالسائل على العديد من العوامل مثل: الكثافة النسبية للنفط [Specific Gravity] - درجة الحرارة التشغيلية [Operating Temperature]. وفي حال الرغبة في زيادة زمن الاحتفاظ فهذا يتطلب زيادة حجم الفاصل أو زيادة منطقة السائل.

√ العرارة [Heat]:

تؤدي الحرارة إلى تقليل الشد السطحي ولزوجة النفط في آن واحد مما يساعد على تحرر الغاز، واكثر الطرق فاعلية هي تسخين النفط بإمراره خلال حمام مائي [Water Bath]، كما تساعد الحرارة على إزالة فقاعات الرغوة، وتستخدم المسخنات غير المباشرة [Indirect Heaters] أو المبادلات الحرارية.