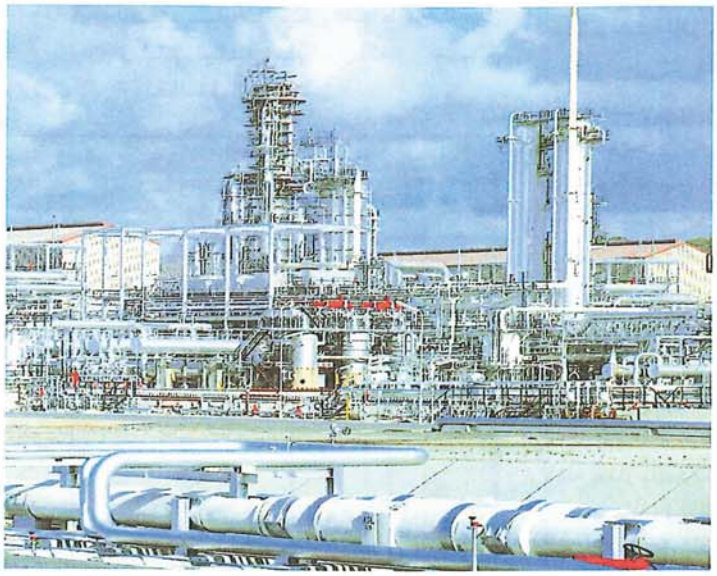
الغـــاز الطبيـعي

أ . محمد بن عتيق الدوسري

يعد الغاز الطبيعي مصدراً هاماً من مصادر الطاقة ، ويستخدم إما وقود صناعي منزلي وإما مصدر أساس لتحضير وإنتاج العديد من المركبات البتروكيميائية الأولية. يتكون الغاز الطبيعي ـ حسب نوعه ومصدره ـ من خليط من الهيدروكربونات البرافينية الغازية أهمها الميثان (٥٠٪ ـ ٩٠٪) ، وغازات برافينية أخرى تحتوي على ذرتين إلى خمس ذرات كربون ، كما يحتوي أيضاً على كميات متفاوتة من كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) وكبريتيد الكربونيل (COS) والنيتروجين وبعض الغازات النبيلة مثل الهيليوم والأرجون.



يعرف الغاز الطبيعي الذي يحتوي على كبريتيد الهيدروجين ومركبات كبريتية أخرى بالغاز الحامض (Sour Gas) ، بينما يعرف الغاز الخالي منها بالغاز الحلو (Sweet Gas) ، أما الغاز الطبيعي المحتوي على كميات من الهيدروكربونات القابلة للتكثيف فيعرف بالغاز الرطب (Wet Gas) ، تمييزاً له عن الغاز الجاف الذي يحتوي على كميات قليلة جداً منها.

يتم الحصول على الغاز الطبيعي من مصدرين أساسين هما : ـ

● **الغاز الحر** : ويوجد في مكامن غازية مستقلة في باطن الأرض، ويعد الميثان المكوِّن الرئيس للغاز الحر، ويعرف عادة بالغاز الجاف .

نوع الغاز / المكون	غاز طبيعي جاف	غاز طبيعي رطب
ميثان	٨٤,٧	٣٦,٨
إيثان	٩,٦	٣٢,٨
بروبان	٣,٠	٢١,١
بوتان	١,١	٥,٨
بنتان	–	٣,٧

● جدول (١) تركيب الغاز الطبيعي الجاف والرطب (حجماً ٪) .

● **الغاز المصاحب** : ويوجد مصاحباً للنفط في مكامنه إما على هيئة غطاء غازي يعلو النفط وإما مذاباً فيه، ويعرف عادة بالغاز الرطب . ويحتوي الغاز المصاحب على نسبة أعلى من غازات البروبان والبوتان والبنتان مقارنة بالغاز الحر ، ويوضح جدول (١) تركيب الغاز الطبيعي الجاف والرطب.

يحتوي معظم النفط المنتج في الشرق الأوسط على غاز مصاحب ، ويبين جدول (٢) تركيب الغاز الطبيعي لعدة حقول نفطية مختلفة الأماكن ، بينما يبين جدول (٣) تركيب بعض الغازات المصاحبة من مناطق مختلفة وتركيب غاز مصاحب نموذجي .

معالجة الغاز الطبيعي

يخضع الغاز الطبيعي الناتج من مكامن غازية أو المصاحب للنفط قبل فصله إلى مكوناته الأساس لعمليات معالجة منها:ـ

١ ـ التجفيف

وهو إزالة الماء من الغاز الطبيعي الذي يصاحبه على هيئة بخار يؤدي إلى تكوين هيدرات (Hydrates) وهي مركبات بيضاء اللون صلبة القوام شبيهة بالثلج ، تتكون نتيجة تفاعل كيميائي بين الغازات الهيدروكربونية والماء تحت الضغوط ودرجات الحرارة المستخدمة في خطوط الأنابيب الناقلة للغاز من مكامنه إلى مخازنه أو مراكز توزيعه أو أماكن تصنيعه، وتتم عملية إزالة بخار الماء بعدة طرق منها :ـ

(أ) الإدمصاص : وتتمثل في عملية تجميع الماء المصاحب للغاز على سطح مواد إدمصاص معينة مثل : السيليكاجل أو المناخل الجزيئية أو الألومينا المنشّطة .

وتوضع هذه المواد عادة في أعمدة نزع بخار الماء على شكل طبقة ثابته ، وتتكون وحدة نزع بخار الماء من ثلاثة أعمدة مملوءة بمادة الإدمصاص يتم إعادة تنشيطها بوساطة تجهيزات ملحقة بالوحدة حيث تتم عملية الإدمصاص في العمود الأول بينما تتم في نفس الوقت عملية التنشيط في العمود الثاني ، ثم التبريد في العمود الثالث وتعكس العملية حيث يتم الإدمصاص من جديد في العمود الثالث والتبريد في العمود الثاني والتنشيط في العمود الأول وهكذا .

ويتم إعادة تنشيط مواد الإدمصاص المستخدمة حسب نوعها وظروف إستخدامها إما بغاز خامل حار لإنتاج غاز جاف جداً ، وإما بالتسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠°م .

(ب) الغسل : ويستخدم عادة لهذا الغرض الكحولات (الميثانول) أوالجليكولات مثل إيثيلين جليكول وثنائي إيثيلين جليكول ، وثلاثي إيثيلين جليكول والتي يكون فيها الماء قابلاً للانحلال بينما تكون المواد الهيدروكربونية غير قابلة للانحلال . وتتميز الجليكولات أن لها إلفة (Affinity) كبيرة للماء وثبات كيميائي وخواص فيزيائية مناسبة، كما أن لها درجة انحلال منخفضة للغاز الطبيعي، وقابلية منخفضة لتشكيل رغوة ، هذا فضلاً عن انخفاض تكاليف استخدامها بسبب تجهيزاتها البسيطة وسهولة تشغيلها .

(جـ) التبريد : يتم إخضاع الغاز الطبيعي إلى عمليات تبريد شديدة لتكثيف بخار الماء ولكن تعد طريقة الغسل في ثنائي إيثلين جليكول أكثر الطرق استخداماً في التجفيف .

المنطقة / الحقل / المكونات	أبوظبي	إيران	السعودية	بريطانيا	فرنسا	الجزائر
	زاكوم	أغا جاري	الغوار	بحر الشمال	لاك	حاس الرمل
ميثان	٧٦,٠	٦٦,٠	٤٨,١	٩٤,٤	٦٩,٣	٨٣,٥
إيثان	١١,٤	١٤,٠	١٨,٦	٣,١	٣,١	٧,٠
بروبان	٥,٤	١٠,٥	١١,٧	٠,٥	١,١	٢,٠
بوتان	٢,٢	٥,٠	٤,٦	٠,٢	٠,٦	٨,٠
بنتانات و C_5+	١,٣	٢,٠	٢,٩	٠,٢	٠,٧	٠,٤
نيتروجين	١,١	١,٠	٠,٣	١,١	٠,٤	٦,١
ثاني أكسيد الكربون	٢,٣	١,٥	١١,١	٠,٥	٩,٦	٠,٢
كبريتيد الهيدروجين	٣,٠	–	٢,٧	–	١٥,٢	–

● جدول (٢) تركيب الغاز الطبيعي من أماكن مختلفة (حجماً٪) .

المنطقة / المكونات	السعودية	ليبيا	إيران	بريطانيا بحر الشمال	غاز مصاحب نموذجي
ميثان	٦٢,٢٤	٦٦,٨	٦٦,٩	٨٥,٩	٥١,٠٦
إيثان	١٥,٠٧	١٩,٤	١٣,٠	٨,١	١٨,٥٢
بروبان	٦,٦٤	٩,١	٧,٢	٢,٧	١١,٥٣
بوتان	٢,٤٠	٣,٥	٣,١	٠,٩	٤,٣٧
بنتانات و C_5+	١,١٢	١,٢	١,٥	٠,٣	٢,١٤
كبريتيد الهيدروجين	٢,٨٠	–	–	–	٢,٢٠
ثاني أكسيد الكربون	٩,٢٠	–	٠,٣	١,٦	٩,٦٨
نيتروجين	–	–	–	٠,٥	٠,٥٠

● جدول (٣) تركيب بعض الغازات المصاحبة من مناطق مختلفة وتركيب غاز مصاحب نموذجي (حجماً٪) .

٢ـ إزالة الغازات الحمضية

من الضروري تنقية الغاز الطبيعي من غازي كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون نظراً لخطورة الأول على الصحة العامة عند استنشاقه (غاز سام) كما أنه يتحول في وجود الماء إلى محلول حامضي مسبباً للتآكل ، وعند إزالة الغاز الثاني تتحسن القيمة الحرارية للغاز الطبيعي.

ويتم إزالة كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون بعدة طرق منها الإذابة إما في مذيب مائي يتفاعل فيه الغاز مكوناً معقداً كيميائياً تجري له عملية تفكك مرة أخرى ، وإما في مذيب فيزيائي عن طريق الإمتصاص (Absorption) في مذيبات عضوية أو إدمصاص (Adsorption) على حبيبات صلبة القوام .

تتم عملية نزع كبريتيد الهيدروجين باستخدام مذيبات خاصة من محاليل أملاح قلوية وأمينية قابلة للتجديد ، حيث يرتبط بها كبريتيد الهيدروجين عند درجات حرارة منخفضة ولكنها تنفصل عنه عند درجات حرارة مرتفعة ، ومن هذه المذيبات : ألكيلات أمين مثل أحادي وثنائي وثلاثي إيثانول أمين .

ويفضل عادة استخدام ثنائي إيثانول أمين لمعالجة الغاز الطبيعي المحتوي على مركبات الكبريت مثل كبريتيد الكربونيل لأنه يمتاز بقلة تسببه للتآكل وإمكانية إعادة تجديده (تنشيطه) مرة أخرى بتكلفة أقل ، علاوة على ذلك فإن ثنائي إيثانول أمين يتفاعل بشكل عكسي مع ٧٥٪ من كبريتيد الكربونيل ، بينما يتفاعل أحادي إيثانول أمين بشكل غير عكسي مع ٩٥٪ من كبريتيد الكربونيل مكوناً مركباً فاسداً يجب التخلص منه .

وتستخدم محاليل غسل أخرى لنزع كبريتيد الهيدروجين مثل محلول فوسفات البوتاسيوم ومحلول كربونات الصوديوم أو البوتاسيوم وأملاح قلوية لأحماض أمينية مثل جليسينات الصوديوم وثنائي ميثيل جليسينات البوتاسيوم وثيونات زرنيخات الصوديوم .

أما غاز ثاني أكسيد الكربون فيتم نزعه باستخدام مذيبات عضوية بوساطة طرق تشبه طرق إزالة كبريتيد الهيدروجين .

الطريقة	المذيبات العضوية	الغـازات المزالـة	ظروف التشغيل	إعادة التجديد
سيليكسول	ثنائي ميثيل إيثرلبولي إيثيلين جليكول	SO_2 , CO_2	ضغط ٦٠ـ٧٥ جو،١٦ـ٥٠°م	–
السلفولان	ثنائي أكسيد رباعي هيدرو الثيوفين وثنائي أيزوبروبانول أمين	COS, H_2S,CO_2 ومركبتانات	ضغط ٨٠كجم/سم٢	–
جربتول	أحادي وثنائي إيثانول أمين	CO_2 ,H_2S	٢٠ـ٢٥°م	تسخين ١٠٥°م
ريكتزول	ميثانـــول	COS, H_2S,CO_2, NH_3	ضغط ١جو ـ٣٠°م إلى ـ٧٠°م	تخفيف الضغط

● جدول (٤) أهم الطرق المستخدمة لنزع الغازات الحمضية من الغاز الطبيعي والغازات الأخرى .

ويبين جدول (٤) بعض الطرق المستخدمة في الوقت الحاضر لنزع غازات كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الكربونيل من الغازات الطبعية . كما يوضح شكل(١) طريقة جربتول -(Grib-tol) لإزالة غاز كبريتيد الهيدروجين وثاني اكسيد الكربون من الغاز الطبيعي .

سوائل الغاز الطبيعي

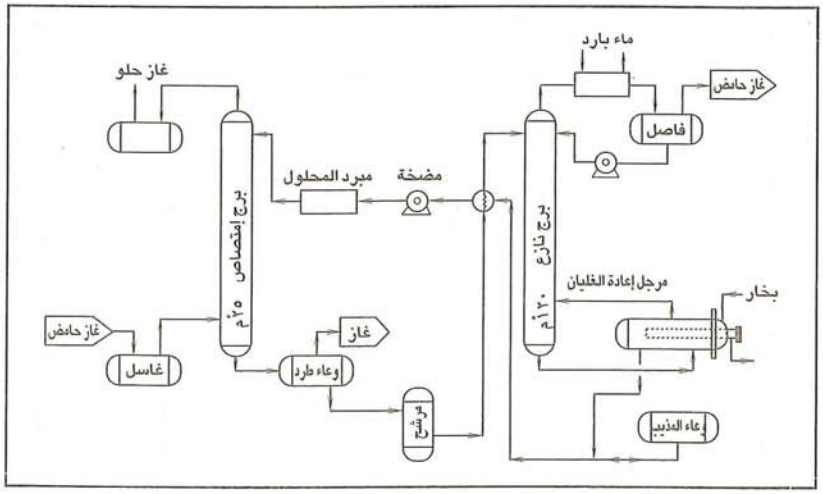
ينجم عن إخضاع الغاز الطبيعي لضغط يتراوح مابين ٢٠ جو إلى ٥٠ جو تحويل جزء منه إلى سائل . والجزء الآخر يظل غازاً مكوناً من الميثان والإيثان .

يطلق على الجزء السائل اسم سوائل الغاز الطبيعي (Natural Gas Liquids) ، وهي عبارة عن مواد هيدروكربونية قابلة للتكثف يتم فصلها من الغاز الطبيعي بنوعيه الحر والمصاحب بالتبريد إلى درجة حرارة منخفضة عن طريق التبادل الحراري مع بروبان سائل حيث يعمل البروبان في هذه الحالة على إذابة المواد الهيدروكربونية القابلة للتكثف ومن ثم فصلها عن المواد الأخرى التي تتكون بشكل رئيس من الميثان وكمية قليلة من الإيثان.

تخضع سوائل الغاز الطبيعي بعد تكثفها إلى عمليات نزع من المذيب المتواجدة فيه وفصلها إلى تيارين هما :ـ

١ ـ تيار الغاز السائل

يحتوي تيار الغاز السائل أساساً على بروبان (C_3) مع كمية أقل من أجزاء مركبات البوتان (C_4) ويسمى بالغاز السائل لأنه يتحول إلى سائل عند ضغطه إلى حوالي عشرين جو وعند درجات حرارة عادية . ويعرف تيار الغاز السائل بالغاز الطبيعي المسيَّل(Liquefied Natural Gas) أو بغاز البترول المسيَّل (Liquefied Petroleum Gas) .



● شكل (١) مخطط مبسط لطريقة جربتول لنزع الغازات الحمضية من الغاز الطبيعي .

يتم فصل الغاز السائل بطريقتين هما :ـ

(أ) دورة المُمَـدّد (Expander Cycle) : وفيها يُمَـدّدجزء من الغاز الطبيعي بإمراره من ضغط عال إلى ضغط منخفض ، مما يسبب انخفاضاً في درجة حرارة الغاز ، ومن خلال المبادلات الحرارية ، يُبَـرِّد الغاز البارد الموجود داخل وحدة التبريد الغاز الداخل إليها من الخارج ، وتستمر عملية التبريد حتى تنخفض الحرارة وتصل إلى درجة حرارة تبخر غاز الميثان وينتج عن ذلك غاز طبيعي مسيَّل (LNG) .

(ب) دورة التبريد الميكانيكي (Mechanical Refrigeration Cycle) : وتتم باستخدام ثلاث مبردات سائلة منفصلة للبروبان والإيثان والميثان مرتبه بشكل متوالي لإحداث دورة تعاقبية (Cascade Cycle) بينهما . وعندما تتبخر هذه السوائل فإنها تأخذ الحرارة اللازمة لعملية تبخرها من الغاز الطبيعي ، وينتج عن ذلك انخفاض في درجة حرارة الغاز حتى تصل إلى درجة التسييل . ويعاد ضغط الغازات المبردة مرة أخرى لإعادة دورانها كمبردات سائلة وهكذا ، ويبين شكل (٢) وحدة نموذجية لعملية التبريد الميكانيكي .

٢ ـ تيار الجازولين

يحتوي تيار الجازولين على مزيج متطاير من مركبات هيدروكربونية مشبعة هي البوتان والبنتان والأجزاء الأعلى من البنتان والتي تكوِّن جزءاً من الغاز الطبيعي.

ويتم فصل الجازولين إما بوساطة الانضغاط أو الإمتصاص وإما بالإثنين معاً. ويوضح شكل (٣) مخططاً مبسطاً لوحدة فصل الجازولين من الغاز الطبيعي .

وتتلخص العملية في ضغط الغاز الرطب إلى ٣٥ جو وتمريره في برجين يعملان على التوازي فيلتقي الغاز المضغوط مع زيوت الإمتصاص الداخلة من أعلى البرج إلى أسفله. يمتص الزيت غاز البروبان والهيدروكربونات المشبعة الأعلى ويمر غازي الميثان والايثان دون أدنى امتصاص، وبذلك يتم الحصول على غاز طبيعي جاف يستخدم كوقود غازي للوحدة نفسها أو كلقيم للوحدات البتروكيميائية . يمرر زيت الامتصاص المشبع بمكونات الجازولين الطبيعي وبعض المشتقات الأخرى في وحدة تقطير تعمل على فصل الجازولين الطبيعي .