الفصل الخامس

تسويق الغازات (الدائمة)

يتوقف تصميم وحدة فصل الهواء على نوعية المنتجات المطلوبة . كما يتوقف على الطريقة التى سوف يتم بها تصريف ونقل هذه المنتجات إلى مراكز الاستهلاك . ويعتمد التصميم بدوره على الاستخدام الذى تؤول اليه المنتجات . والكمية المطلوبة كما يعتمد على نوعية الطلب هل هو وقتى (متقطع) أومستمر . وعلى المسافة بين موقع الإنتاج ومراكز الاستهلاك ويتبع توزيع الغازات الدائمة الأخرى مثل الهيدروجين والهليوم نمطاً مماثلا وسوف يتم إفراد فصول قادمة فى هذا الكتاب لوصف الطرق المختلفة لتوزيع الغازات الدائمة التى تهمنا فى حياتنا العملية . وعموماً هناك طرق ثلاث تستخدم عادة لتسويق الغازات الدائمة ، وهى التسويق فى اسطوانات تحت ضغط ، والتسويق من خلال شبكة من خطوط الأنابيب ، والتسويق فى الحالة السائلة .

التسويق فى اسطوانات تحت ضغط :

يجرى تسويق الغاز فى اسطوانات من الفولاذ الطرى عندما يكون المطلوب

الإمداد بكميات صغيرة إلى المستهلك ، وفى هذه الحالة يتم نقل الاسطوانات التى تحتوى على الغاز تحت ضغط إلى المستهلك فى موقع الاستهلاك ، حيث تترك هناك حتى يتم تجميعها مرة أخرى فارغة . ويصل ضغط الغاز داخل الاسطوانات عادة إلى ١٣٢ ضغطاً جوياً ، ولكن حديثاً ، أمكن إنتاج اسطوانات يمكن شحنها بالغاز عند ضغط يصل إلى ١٦٠ ضغطاً جوياً . ويستخدم لهذا الغرض تشكيلة كبيرة من الاسطوانات ، وتحدد سعة الاسطوانة بحجم الغاز الحر مقيساً عند ١٥,٥°م وتحت ضغط ٧٦٢ ملليمتر زئبق . ولكن الحجم الأكثر شيوعاً هو الاسطوانة سعة ٦٨٠٠ لتر من الغاز الحر ، وتزن حوالى ٦٤ كيلو جراماً ويصل وزنها وهى ممتلئة بغاز الأكسجين تحت ضغط ١٣٢ ضغطاً جوياً إلى ٧٣ كيلو جراماً . ومن الواضح أن النسبة بين الوزن الكلى إلى وزن الأكسجين تساوى ٨ : ١ ، وفى حالة غاز الهيدروجين تصل النسبة إلى ١١٠ : ١ نظراً لصغر كثافته إلى حد كبير .

ولما كانت النسبة بين وزن معدن الاسطوانة إلى وزن الغاز كبيرة لهذه الدرجة ، لذلك فإن عملية نقل الهيدروجين فى حالته المسالة عملية غير اقتصادية ، وذلك لارتفاع تكلفة الإسالة وأيضاً للفقد الزائد فى التصعيد (التبخر) فى أثناء عملية المناولة لسائل نقطة غليانه منخفضة (مثل الهيدروجين) .

وبالرغم من أن النسبة بين وزن معدن الاسطوانة إلى وزن الغاز المنقول كبيرة لجميع الغازات ، الأمر الذى يعيب هذا الأسلوب . فإن لهذه الاسطوانة عدداً من المزايا ينجلى بوضوح أثناء استخدامها فى التشغيل فى الأغراض المختلفة ، فمن الممكن تخزين الغاز دون ما حدود دون حدوث أى فقد ، ومن ناحية أخرى ، فإن الاسطوانة يمكن تحريكها بسهولة ويسر من نقطة إلى أخرى فى موقع العمل أينما كانت الحاجة إلى الغاز . ولكن

مع ذلك فإنه متى كانت الحاجة ماسة إلى الغاز بكميات كبيرة وبصورة مستمرة ، فإنه يفضل أحياناً من الناحية الاقتصادية نقل الغاز سائلاً .

ويجدر أن نضيف أنه فى بعض الأحيان يتم نقل الغازات الخاملة : النيون ، والكريبتون ، والزينون فى إسطوانات تحت ضغط منخفض . وقد يتم نقلها فى أمبولات زجاجية إذا ما كانت الكميات المطلوبة صغيرة .

وتفادياً للخلط بين الاسطوانات يجرى دهانها وطلاؤها بلون محدد ، أو مجموعة من الألوان التى يتفق عليها ، خاصة بكل غاز على حدة ، وعلى سبيل المثال تكون ألوان الاسطوانات للغازات الشائعة كما يلى :

الأكسجين	أســـود
النتروجين	رمادى / أسود
الأرجون	أزرق
الهليوم	بنى
الهيدروجين	أحمر
الأستلين	أحمر صفراوى
أكسيد النتروز	أزرق
النيون	بنى / أسود
الميثان	أحمر
الأيثلين	قرمزى / أحمر
أول أكسيد الكربون	أبيض / أحمر

وفى حالة وجود مخلوط من الغازات ، فإن الألوان تأخذ صورة أكثر تعقيداً .

تسويق الغاز المسال :

شاع تسويق الأكسجين فى صورته السائلة كعملية صناعية فى كثير

من بلدان العالم منذ عام ١٩٣٤ . ولكن شارك حالياً كل من النتروجين ، والأرجون ، والأكسجين فى هذا الأسلوب للتوزيع التسويقى . ولحق بهما غاز الهليوم ولكن على نطاق ضيق .

وتجرى عملية تسويق الغاز فى صورته السائلة إما للحاجة إلى استخدام المنتج له كسائل وإما لميزة اقتصادية ، حيث يعاد تحويله إلى صورته الغازية مرة أخرى . ويعطى الجدول التالى الحجوم النوعية النسبية للغاز المسال (حجم الطن منه) .

جدول (٤)

المسادة	حجم الغاز عند ١٥،٥°م وتحت ضغط ٧٦٢ مم زئبق . (م٣)	حجم السائل عند نقطة الغليان (م٣)
الأكسجين	٧٤٣،١٢	٠ ٨٨١
النتروجين	٨٤٩،٢٤	١ ٢٥٧
الأرجـــون	٥٩٥،٢٨	٠ ٧٣١

من هذا الجدول يتضح الاقتصاد الكبير فى الحجم ، حتى بضغط الغاز إلى ١٦٠ ضغطاً جوياً . بالإضافة إلى ذلك فهناك اقتصاد هائل فى الوزن إذ يبلغ وزن الاسطوانة للغاز المسال الذى يتم نقله حوالى نصف وزن السائل فى مقابل ثمانية أمثال فى حالة نقل الغاز . ويتم نقل السائل من صهريج التخزين بمركز الإنتاج إلى خزان على عربة نقل (لورى) أو يستقر على عربة قطار ، وذلك بالاستعانة بقوة الجاذبية الأرضية أو بواسطة مضخة إذا لزم الأمر . وعند وصول السائل فى الخزان إلى نقطة استهلاك العميل ، يجرى ضخة إلى صهريج تخزين بالموقع ، وفى العادة يكون هذا الصهريج من كبر الحجم بحيث يسمح للغاز المسال بالتحول مرة أخرى بالتصعيد

فيعود سيرته الأولى غازاً من جديد . ومن الأهمية البالغة بمكان وجوب عزل كل هذه الأوعية بدرجة كافية ، حتى تكون بمعزل عن أى تدفق حرارى قد يصيبها . وهناك تكنيكان أساسيان يستخدمان فى العزل الحرارى ، الأول باستعمال الصوف الزجاجى أو مادة مشابهة ، والآخر بملء فراغ العزل بمسحوق مناسب ثم عمل طبقة مفرغة بعد ذلك . ومن المتعذر صنع أجزاء الوعاء الملامسة للسائل (الذى تنخفض درجة حرارته كثيراً) من الصلب الطرى (إذ يصبح قصيفاً للغاية عند هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة) ولكن تصنع فقط الأجزاء الخارجية من الوعاء والتى تكون تقريباً فى نفس درجة حرارة الغرفة .

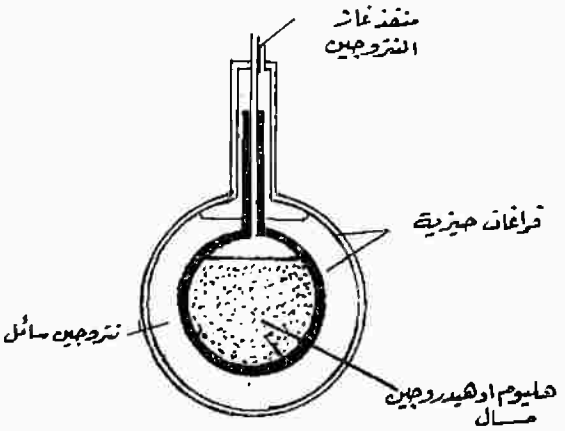
وقد تبلغ سعة صهاريج التخزين الكبيرة التى توجد بمواقع الإنتاج أكثر من ١٥٠٠ طن من الأكسجين المسال ، والذى يكافئ حجم حوالى ١,١٣٣ متر مكعب من الغاز . وفى مثل هذه الصهاريج يصل الفقد إلى ٠,١ – ٠,٢ يومياً . ومن الطبيعى أن كل غاز يفقد بالتصعيد ، يمكن أيضاً جمعه وضغطه فى اسطوانات أو إعادته إلى الوحدة لإسالته من جديد . وبالطبع يحدث تسرب الغاز كفاقد تصعيد (تبخر) فى أوعية النقل بصورة أكبر منه فى صهاريج التخزين الضخمة ، ولكن الخطورة تكمن عند الفقد أثناء نقل الغاز المسال من صهريج إلى صهريج . ويوجد أيضاً فقد عند تبريد خطوط النقل ، وفى المواسير وفى المضخات . وتفرض عملية التوزيع للغازات المسالة عناصر تكنيكية معقدة فى بناء هذه الأوعية والمعدات ، كما تفرض وجوب بذل حرص خاص حتى يكون الفاقد أقل ما يمكن بقدر الإمكان . ولكن برغم كل هذه الاحتياطات فإن الفقد فى أحسن الأحوال يمثل حوالى ١٥ ٪ فى أفضل تجهيزات التوزيع تصميماً ، وربما تعدى ذلك بكثير عند التطبيق عملياً .

وفى موقع العمل عند المستهلك يتعرض بعض الغاز للتصعيد مستمداً

الحرارة اللازمة من الهواء المحيط به ؛ كما يعتبر الماء الساخن أو البخار مصدراً غنياً بالحرارة يعمل على تصعيد جزء لا بأس به من الغاز المسال . وإذا كان التشغيل بالغاز تحت ضغط مطلوباً ، فإنه يمكن ضغطه بعد التصعيد ، أو ضغط السائل قبل التصعيد . وهناك طريقة بديلة لذلك ، إذ يمكن تصعيد الغاز المسال فى وعاء مقفل ، حيث يستفاد من الضغط الناجم من عملية التصعيد . وبرغم ارتفاع تكلفة الأكسجين المسال من الأكسجين الغاز ، مع فقد التوزيع بالإضافة إلى تكلفة المعدات الخاصة ، فإن كل ذلك يهون بالمقارنة بالاختزال الكبير فى نفقات النقل .

وكما رأينا مؤخراً ، فإنه يكون مطلوباً فى بعض الأحيان استخدام غازَىْ النتروجين والهليوم فى الحالة السائلة ، وغالباً ما تكون الكميات صغيرة مقارنة بتلك الكميات التى سبق ذكرها آنفاً ، وعليه كثيراً ما تكون سعة أوعية النقل ما بين ١٠ — ٢٠٠ لتر مناسبة للاستخدام . ويجرى توريدها إلى المصانع والعملاء ثم تجمع فارغة بعد ذلك . وفى العادة تصنع أوعية نقل النتروجين السائل من دثار مفرغ من النحاس أو الألومنيوم أو الصلب وتقل نسبة الفاقد بالتصعيد (التبخر) إلى ٣ ٪ يومياً فى وعاء يسع ٢٥ لتراً ، بينما تصل هذه النسبة إلى ١,٧٥ ٪ لوعاء يسع ٧٥ لتراً .

وفى حالة تخزين أو نقل الهليوم السائل لا يقتصر ذلك على استخدام دثار مفرغ ، ولكن يستخدم النتروجين السائل كذلك بعد إحاطته بدثار مفرغ (شكل ٢٦) . وهناك أسلوب تكنيكى حديث يمكن بواسطته تجنب دثار النتروجين ، ويتحقق باستخدام عاكس متعدد الطبقات تحت التفريغ كمازل ، ومن أمثلة ذلك استخدام طبقات متقاربة من الألومنيوم تفصلها ألياف صناعية . حيث تختزل طبقات الألومنيوم كثيراً من الانتقال الحرارى بالإشعاع كما تعمل الألياف الصناعية على خفض الانتقال الحرارى بالتوصيل .



شكل (٢٦)
وعاء صغير لتخزين الهليوم المسال

ويبلغ الفاقد النمطى للتصعيد (التبخر) من وعاء سعته ١٥ لتر دثار له من النتروجين ١.٥ ٪ يومياً ، فى مقابل ٥ ٪ فى حالة استخدام أسلوب الطبقات العاكسة . وينخفض الفاقد فى حالة وعاء سعته ١٠٠ لتر . مع استمرار الطبقات العاكسة إلى أقل من ١.٥ ٪ يومياً .

التسويق باستخدام خط الأنابيب :

يمكن لسيارة النقل النمطية التى تبلغ حمولتها ١١ طناً من الأكسجين السائل أن تحمل ما يكافئ ٨٥٠٠ متر مكعب من الغاز . ويوجد عدد من مصانع الصلب على الصعيد العالمى يحتاج لكميات من الأكسجين تزيد عن ١٥٠ ألف متر مكعب يومياً ، بل تصل الاحتياجات إلى مليون من الأمتار المكعبة أحياناً . ومن ثم تتضح ضرورة الاهتمام بنقل مثل هذه الكمية الضخمة من الأكسجين السائل إلى جانب ارتفاع تكلفة المنتج عندما يتحتم تلبية جميع الاحتياجات المطلوبة فى صناعة الصلب . ولذلك أصبح لزاماً إقامةوحدات ضخمة لتوليد الأكسجين الغازى بالقرب من

مصانع الصلب ، ودفعه فى أنابيب حتى مراكز الاستهلاك . وقد وصل التطور بشأن هذه النقطة فى بعض الدول المتقدمة إلى تكليف إحدى الشركات المتخصصة بإقامة وتشغيل وحدات لتوليد الأكسجين لتزويد العديد من مصانع الصلب باحتياجاتها منه . وعلى سبيل المثال يتم ضخ ١٠٠ طن من الأكسجين يومياً فى بعض المراكز خلال شبكة أنابيب طولها ١٥ ميلا إلى ستة من مصانع الصلب ، يبلغ أقصى استهلاك لأحدها ١٠٠٠ من الأطنان يومياً .

ويستخدم الصلب الطرى كمادة إنشائية ، ولكن من الضرورى مراعاة قابلية هذا الصلب للاحتراق فى الأكسجين بدرجة كبيرة عندما تتركز الحرارة على موضع منه فتصل درجة حرارته إلى ١٢٥٠°م ثم يستمر احتراقه. لذلك ، يعد من الضرورات التأكد من عدم بلوغ أى جزء من الصلب لهذه الدرجة من الحرارة سواء بالاحتكاك أو خلافه . فيراعى أن تخلو خطوط الأنابيب من المواد الغريبة – مثل الأكاسيد أو الزيت أو الشحم – وأن تخلو كذلك من العقبات الداخلية عند الوصلات .

ويمكن توزيع النتروجين أحياناً ،فى خطوط أنابيب شبيهة بتلك التى تستخدم لنقل الأكسجين .