

التلوث الجوي الناجم عن احتراق الوقود في وسائل النقل وطرق الحد منه

المهندسة إلهام منير بتور و أ . د . عصام محمد عبد الماجد

تجريد

تشكل وسائل النقل المختلفة المصدر الرئيس لتلوث الهواء ، بما تنفثه من غازات سامة ناتجة عن احتراق الوقود في محركاتها وتصل نسبة الغازات التي تطلقها وسائل النقل إلى حوالي 60% من كمية الغازات الملوثة للهواء . إن مشكلة التلوث الجوي لا تقف عند حد استنشاق الإنسان لهذا الهواء ، بل تتعدى ذلك إلى تأثير الملوثات الجوية على الماء والنبات والحيوان والتربة والمنشآت بمختلف أنواعها خاصة المعدنية والبيوتونية أو الخرسانية المسلحة وهذا يستوجب السعي الجاد لمعالجة هذه المشكلة .

خلص البحث إلى إلقاء الضوء على :

- درجات التلوث الهوائي ومدى تأثير كل منها .
 - ملوثات احتراق الوقود الضارة في المتر المكعب من الغازات الناتجة عن حرق الوقود .
 - مصادر التلوث الجوي الناجم من احتراق الوقود في وسائل النقل البرية والبحرية .
 - الأسباب التي تجعل السيارات مصدراً للتلوث .
 - طرق معالجة الغازات الناجمة من حرق الوقود .
 - اقتراحات للحد من التلوث الناجم من احتراق الوقود في وسائل النقل البرية والبحرية .
- بعد تحليل مصادر التلوث الجوي ومدى ضرر المواد الناتجة عن احتراق الوقود في وسائل النقل البرية والبحرية تم بحث طرق معالجة هذه المشكلة والحد من أخطارها وخلص البحث إلى طرح الاقتراحات والحلول المناسبة .

مقدمة :

ينتج التلوث عن الاحتراق غير الكامل للبنزين أو الوقود المستعمل فنتج غازات ومركبات مختلفة تلوث الوسط البيئي المحيط ، وتختلف الملوثات كما ونوعاً تبعاً لطبيعة المحركات التي تستعمل البنزين أو المازوت "الديزل" فالبنزين لسهولة تطايره يخلط بالهواء في الخلاط قبل شحنه في اسطوانة المحرك حيث يشعل الخليط بشراة كهربائية يسري منها اللهب على شكل جبهة تنقل في ذلك الخليط بسرعة خاطفة حتى يتم الاحتراق ، ولا يتيسر ذلك إلا إذا كانت نسبة تركيز الوقود في الخليط (وقود / هواء) تعادل أو تفوق النسبة الكيميائية الصحيحة وتساوي (0.066) تقريباً أما في نظام السير عند السرعات العالية والصغرى فإن المحرك يتطلب تركيزاً أعلى من ذلك . يحدث في المركبات غير المجهزة بتحكم للانبعاث أن ينبعث أول أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين وجزء من الهيدروكربونات من ماسورة العادم بينما ينبعث جزء آخر من علب المرفق والجزء الآخر من المتبخر من الخلائط ومن خزان الوقود .

يعتبر الهواء ملوثاً إذا حدث تغير كبير في تركيبه أو إذا اختلطت به بعض الشوائب ، والغازات الأخرى بقدر يضر بحياة الكائنات التي تستنشق هذا الهواء . وتتعدد أشكال المواد المسببة لتلوث الهواء ، فقد يلوث بغازات

مختلفة أهمها أكاسيد الكربون ، والكبريت ، والأزوت ، والأبخرة التي أخطرها أبخرة الزئبق ، والغبار المختلف التركيب ، والتي قد تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي فتصل إلى الدم مباشرة أو قد تدخل إلى الجسم عن طريق الجهاز الهضمي مع الأغذية والمشروبات الملوثة وكذلك يؤثر على المنشآت بمختلف أنواعها خاصة المعدنية أو الخرسانية المسلحة (حيث أن الغازات الناتجة عن الاحتراق - بشكل خاص CO_2 ، SO_2 - تؤدي إلى تآكل مواد البناء خاصة صدا فولاذ التسليح وتآكله وإيضاً صدا فولاذ المنشآت المعدنية) وأغلب العوامل المسببة لتلوث الهواء ، عوامل مستحدثة من صنع الإنسان ولم تنشأ هذه العوامل في يوم وليلة ، وقد بدأت هذه العوامل بالتزايد يوماً بعد يوم مع زيادة التقدم العلمي للإنسان ، ونتيجة أخذه بالأساليب الصناعية والتكنولوجية الحديثة ، فأصبح التلوث الجوي محصلة عامة وضريبة إنسانية للحضارة الحديثة نتيجة الزيادة الواسعة في إنتاج الطاقة والصناعة وعدد السيارات والمصانع والقطارات والطائرات والمخلفات الصلبة ومصادر أخرى ناتجة عن الصناعات الكيميائية والتلوث الإشعاعي وظهر أثر هذه العوامل واضحاً في النصف الثاني من القرن العشرين ، حيث شعر الإنسان بخطرها على حياته ووطن إلى أثرها المدمر في البيئة المحيطة به .

درجات التلوث الهوائي :

تقاس درجة تلوث الهواء بكمية المواد الملوثة في وحدة الحجم من الهواء ملغ/م³ . وإن الحدود المسموحة لتراكيز الملوثات في الهواء هي التراكيز الأعظمية التي لا تؤثر على صحة الإنسان فتكون الحدود المسموحة في المناطق السكنية وضمن المنازل أخفض بكثير من مناطق الأعمال . وبالنسبة لتدريج الملوثات سنعمد النظام التالي :

- 1 - ملوثات الدرجة الأولى : وهي الملوثات المدمرة وتكون خطرة جداً ومميتة ، وتمثل في انهيار النظام الأيكولوجي ، وفقدان الأتزان بشكل جذري . ولعل حادثة تشيرنوبيل خير مثال لهذا التلوث .
 - 2 - ملوثات الدرجة الثانية : وهي الملوثات الخطرة والتي تعاني منها الدول الصناعية والتي تنتج بالدرجة الأولى من النشاط الصناعي والاعتماد بشكل كبير على الفحم والبتروول كمصدر للطاقة .
 - 3 - ملوثات الدرجة الثالثة : وهي الملوثات المتوسطة الخطورة .
 - 4 - ملوثات الدرجة الرابعة : وهي الملوثات القليلة الخطورة والتي تتواجد في جميع مناطق الكرة الأرضية .
- وبالنسبة للتراكيز المسموحة فإن قيمها تتعلق بزمن التعرض وتكرار الجرعة .
واقعياً فإن الملوثات قد لا تؤثر مباشرة على الإنسان وإنما تظهر أعراض التأثير بعد فترة زمنية معينة .

مثلاً :

- عند التعرض لغاز أول أكسيد الكربون بتراكيز عالية يؤدي لأمراض القلب .
- وعند التعرض لأبخرة الزئبق العالية التركيز نتيجة استنشاقها تتركز في كبد الإنسان وتحدث لاحقاً أمراض خطيرة .

- وكذلك يصادف في الأوساط الهوائية الملوثة غاز (NO_2) وهو بدون لون ورائحة يشكل خطراً على جهاز التنفس عند الإنسان . يبدأ بالسعال ويستمر بالتهقيؤ والام الرأس وينتهي بأمراض تنفسية خطيرة ، وعندما يصادف سطوح رطبة يشكل حموض ضعيفة تقوم بتخريش الرنة .
- أما غاز (H_2S) وهو بدون لون ويتم الشعور به بتركيز من 3 إلى 6 ملغ/م³ . وهو ذو رائحة كريهة وحادة عند تركيز 20 إلى 30 ملغ/م³ ، ويؤثر على العيون والجهاز التنفسي عند التركيز 50 ملغ/م³ ويوجد الرطوبة يشكل الأحماض الكبريتية .

ملوثات احتراق الوقود :

عند احتراق الوقود في محطات القوى ، أو في المصانع أو في محركات السيارات تنتج عنه كميات هائلة من الغازات التي تتصاعد إلى الهواء على هيئة دخان محمل بالرماد ، وكثير من الشوائب . وتنتشر هذه الغازات في جو المدن ، وفي جو المناطق المحيطة بالمنشآت الصناعية ، وغالباً تحمل الرياح هذه الغازات إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن هذه المنشآت لتسقط عليها على هيئة أمطار حمضية . ويقاس التقدم التكنولوجي للأمم عادة بقياس كمية الطاقة التي يستهلكها كل فرد من أفراد هذه الأمم وعادة تؤخذ الزيادة في استهلاك الطاقة لدولة ما على أنها إحدى الدلائل الواضحة على تقدم هذه الدولة ورفعة شأنها . وعند الأخذ بعين الاعتبار التلوث الذي ينشأ عن احتراق الوقود عند استخدامه في إنتاج الطاقة ، وكذلك التلوث الذي قد ينشأ عن استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء ، فإنه من وجهة نظر التلوث تعتبر هذه الزيادة في استهلاك الطاقة، في دولة من الدول ، دليلاً على زيادة مساهمة هذه الدولة في تلوث البيئة بشكل عام . وتعدد أنواع الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة احتراق الوقود في المصانع ، ومحطات القوى ، وفي محركات السيارات ، ولكن أهم هذه الغازات هي غازات CO_2 و SO_2 ، وبعض أكاسيد النروجين بالإضافة إلى بعض الشوائب المحملة بأبخرة بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص .

يبين الجدول (1) كمية المواد الضارة في المتر المكعب من الغازات الناتجة عن حرق الوقود :

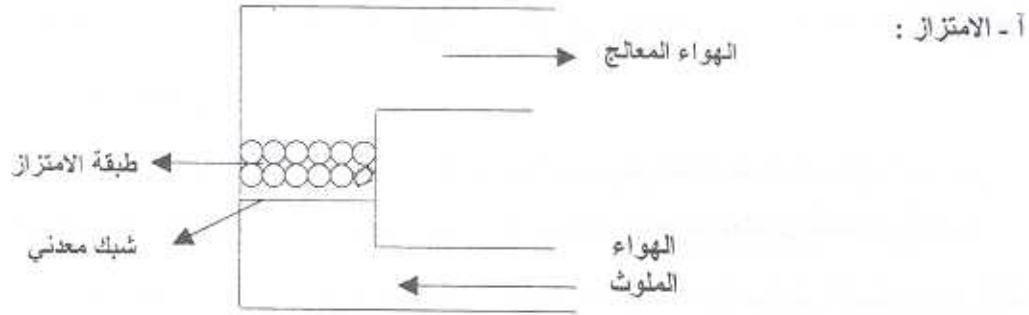
كمية المواد الضارة في الغاز المنبعث ب (غ/م ³)			الوقود المستخدم
غبار ودخان ورماد متطاير	أكاسيد الكبريت	أكاسيد الأزوت	
50 - 6	11 - 0.55	0.6 - 0.4	فحم
0.1	3.98	0.8	مازوت S = 3 %
-	-	0.7	غاز

نلاحظ من هذا الجدول أن كمية الغبار والدخان في الفحم كبيرة جداً وكذلك أكاسيد الكبريت. في حين أن كمية الدخان في المازوت تكون قليلة ولكن ترتفع كمية أكاسيد الكبريت.

ومن الملاحظ : أيضاً أن الغاز هو أفضل أنواع الوقود هذه ويفضل استخدامه .

طرق معالجة الغازات الناجمة عن حرق الوقود :

لدينا عدة طرق لمعالجة الغازات الناجمة عن حرق الوقود منها :



يتم في هذه الطريقة استخدام طبقة تحوي مواد ذات سطوح فعالة (سطوح نشيطة) من أكاسيد الألمنيوم أو الفحم . عند مرور الهواء الملوث عبر هذه الطبقة تمتز المواد السامة وتبقى معلقة على سطح الطبقة بحيث أن الهواء المعالج يخرج عبر مسامات هذه الطبقة .

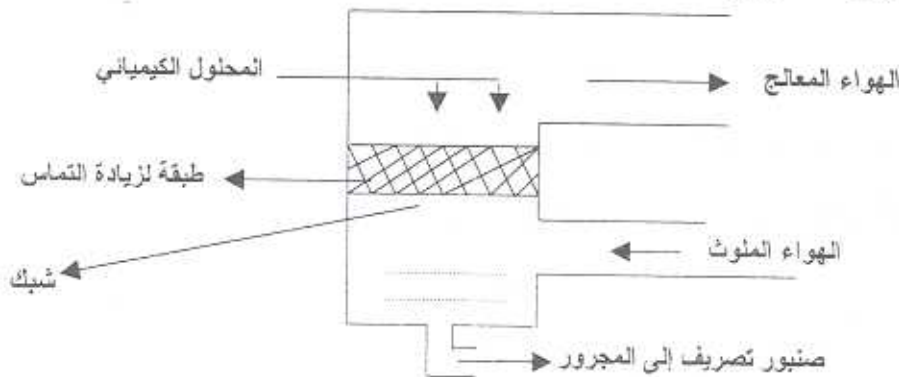
يتم تبديل طبقة الامتزاز كل فترة ، أو نقوم بعملية تحريك الحشو التي تتألف منها طبقة الامتزاز وذلك لزيادة سطوح التلامس مع الغازات .

ب - الحرق :

يرسل الهواء الملوث بغازات سامة من خلال أفران معينة ويوجد حالتان :

- 1- إذا كانت هذه المواد عالية التركيز ودرجة احتراقها ليست كبيرة ، نستخدم عملية الحرق العادي .
- 2- إذا كانت التراكيز قليلة ودرجة احتراقها عالية نستخدم عملية الأكسدة باستخدام المحفزات أي إمرار الهواء على سطوح تحوي مواد محفزة مثل البلاتين والفولاذ وذلك في درجة حرارة 400 درجة مئوية .

ج - الإدمصاص (الامتصاص) :



يتم هنا استخدام محاليل كيميائية معينة على شكل رذاذ يتناثر فوق طبقة تحوي كريات بلاستيكية هذه الكريات تبقى رطبة بوجود المحلول الكيميائي وتزيد من سطح التماس .

تمر الغازات عبر هذه الطبقة فقس منها ينحل في المحلول وقسم آخر يتفاعل معه كيميائياً . بوجود هذه الكريات تزداد فاعلية محطة التنقية ويقل استهلاك المحلول الكيميائي .

مصادر التلوث الناجم عن احتراق الوقود في وسائل النقل:

تشكل وسائل النقل المختلفة المصدر الرئيس لتلوث الهواء ، بما تتفثه من غازات سامة ناتجة عن احتراق الوقود في محركاتها . وتصل نسبة الغازات التي تطلقها وسائل النقل إلى حوالي 60% من كمية الغازات الملوثة للهواء .

وسائل النقل البرية :

يعد النقل البري أكثر وسائل النقل شيوعاً لنقل الركاب والبضائع في البلدان المتقدمة وتزايد أهميته في البلدان النامية كما في سورية والسودان ، وقد تضاعف عدد السيارات خلال السنوات العشرين الماضية الأخيرة .

إن لتلوث الهواء بمخلفات احتراق الوقود في السيارات وغيرها تأثيراً صحياً سلباً على الإنسان وسائر الكائنات الحية . بخاصة أن مصادر هذا التلوث في حالة تزايد مطردة نتيجة للتزايد المستمر في عدد السيارات وانتشارها في أنحاء العالم كافة ، في المدن الكبرى والصغرى ، وحتى الأرياف لم تسلم منها ومن أخطارها .

فقد سجلت منطقة باريس في 25 تشرين عام 1993 إحدى أعلى درجات التلوث في السنوات الأخيرة إذ بلغت كمية NO_2 418 ميكرو غرام/م³ متجاوزة بذلك المعدل الأوروبي البالغ 200 ميكرو غرام/م³ وقد بلغت نسبة الملوثات في الولايات الأمريكية 60% من الملوثات الكلية . أما في سورية فقد بلغت كمية الملوثات الناجمة عن السيارات 940 ألف طن عام 1986 .

أسباب جعل السيارات مصدراً للتلوث

أ - نوعية الوقود المستعمل وزيادة نسبة الرصاص المضافة إليه لتحسين أداء المحرك .

ب - عدم الاحتراق الكامل للوقود داخل محركات السيارات .

ج - عدم إجراء الصيانة المستمرة لمحركات السيارات للتأكد من أداء المحرك .

والمواد التالية هي أهم ما تطلقه عوادم السيارات عندما يكون احتراق الوقود غير كامل :

1 - مركبات هيدروكربونية غير محترقة (بارفينات ، أوليفينات) .

2 - نواتج تكسير هيدروكربونية ، منها : الاستيلين (C_2H_2) والاثيلين (C_2H_4) والهيدروجين (H) .

3 - مركبات هيدروكربونية محترقة جزئياً ، منها : الألدهيدات ، والكيتونات ، والحموض الكربونية .

4 - كربون محترق جزئياً : أول أكسيد الكربون وهباب الفحم .

5 - أكاسيد الكبريت .

6 - أكاسيد الأتوت .

7 - نواتج احتراق الإضافات المحسنة لمواصفات البنزين (أكاسيد الرصاص ومركبات الرصاص الهالوجينية) .

وإنه لمن الضروري التمييز بين محركات الديزل ومحركات البنزين . فعلى الرغم من أن كليهما لا يقوم بالتحويل الكامل للوقود إلى طاقة إلا أن محركات الديزل أقل تلويثاً للجو . فالاحتراق في محركات الديزل غالباً ما

يكون شبه تام وهذا يترتب عليه عدم إطلاق عوادم سيارات الديزل إلا نسبة قليلة من أول أكسيد الكربون وكذلك أكاسيد الأوزون والتي لا تتكون في محركات الديزل لانخفاض نسبة الوقود الذي يؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة داخل المحرك ، لكن أكاسيد الأوزون لا تتشكل سوى في ظروف درجات حرارة عالية. يؤدي احتراق الوقود الكامل إلى تشكيل غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O) وهي تعتبر غير ضارة .

طرق تخفيض التلوث الناجم عن السيارات:

1- التحول من السيارات التي تعمل على الديزل ، والبنزين إلى سيارات ذات محركات تعمل على الكهرباء أو مزودة ببطاريات تشحن بالكهرباء في محطات خاصة .

هذه السيارات تملك إيجابيات كثيرة منها : بلا دخان ، وبلا ضجيج ، وسهولة القيادة . وكذلك فإن استخدام السيارات الكهربائية ضمن حدود المدن يؤدي إلى إنقاص مدة الحركة الوسطية للسيارات ضمن المدينة ويحدد السرعة القصوى .

وإن التوسع في استخدام هذه السيارات يعطي مردوداً اقتصادياً بالمقارنة مع السيارات العاملة على الوقود السائل .

في الستينات بدأ استخدام وسائل النقل الكهربائية كوسائل نقل ضمن المدينة . توجد حافلات تنمغ لثلاثين شخصاً يمكن أن تسير (90) ميل بدون شحن للبطاريات ، تكلفة الاستثمار تكون أقل بمرتين من الحافلة العادية ، أما بالنسبة لسيارات الأجرة والتي تعمل على البطاريات السائلة فتصل سرعتها إلى (90) كم/ساعة، وتسير في المرة الواحدة (160) كم .

2- هناك توجهات لتزكيب مصافي ، ومرشحات ذات فعالية عالية لتصفية الغازات الصادرة عن مداخن السيارات العاملة على الديزل ، وقد تصل فاعلية هذه المصافي حتى نسبة 75% .

3- تعمل السيارات الشمسية حيث أنه في حالات السيارات الصغيرة يمكن بواسطة الجهد الفعلي والطاقة الشمسية شحن البطاريات التي تعمل عليها هذه السيارات ولكنها لم تنزل في طور التجربة ، ولكن في اليابان هناك حوالي 100000 سيارة تعمل على الطاقة الشمسية .

4- بالإضافة لسيارات تعمل على الغاز المضغوط وهي أقل تلويثاً للبيئة من الديزل وتستخدم بشكل واسع في العواصم المزدهمة مثل موسكو وغيرها ...

5- يتعلق التلوث أيضاً بوضع الطرقات ، والمواقف ، والكابح ، وتغيير السرعة ، وزيادة المناورة ، كل هذا يزيد من نفث الغازات الضارة في الهواء الخارجي ، ولذلك فإن التخطيط الصحيح للطريق والمعابر داخل المدن يساهم في تخفيض التلوث .

6- تحسين نوعية الوقود المستخدم (البنزين) وذلك بإضافة مادة الأكسجين إلى وقود المركبات (البنزين) تؤدي إلى رفع درجة حرارة الاحتراق وبالتالي تحسين الكفاءة العامة . وكنيجة لذلك فإن مستوى انبعاث أكاسيد الكربون وكذلك الهيدروكربونات غير المحترقة تقل في عادم السيارات إلى حد كبير .

تتطلب مقاييس انبعاث الغازات العادمة المطبقة في الولايات المتحدة عام 1990 بأنه يحتاج 70% من البنزين المباع في الولايات المتحدة إلى المزج بالمواد المحتوية على الأكسجين في عام 2000 .

تطلب إنتاج ما مقداره (335) ألف برميل باليوم من مادة التشبع بالأوكسجين في عام 1995 للحصول على مزيج وقود مهذب ، ومعاد التشكيل . وهناك تقاؤل بزيادة الطلب على هذا البنزين المحسن ليصل إلى 500 - 800 ألف برميل باليوم .

بالرغم من النتائج الجيدة التي تم التوصل إليها في الولايات المتحدة حول تطوير إضافة الأكسجين إلى البنزين إلا أن هناك فرصاً جيدة لتخفيض سعر المادة الفعالة للأكسدة . سعر هذه المادة (MTBE) (اتير المينتل البيوتيلي) ، حيث انخفض سعر هذه المادة من 1.1 دولار/الجالون في عام 1990 إلى 0.65 دولار/الجالون عام 1993 ، وبالتالي أعلنت عدة شركات نفطية ومصافي نفط أمريكية استعدادها لتلبية الطلب المتزايد على مزيج الوقود الجديد ، حيث أن ربع شركات مصافي النفط تقوم حالياً على إنتاجه .

في شتاء عام 1992 - 1993 قطع برنامج التشبع الأكسجيني للوقود شوطاً مميزاً ومؤثراً ، حيث أن الهدف من هذا البرنامج هو نشر وتعميم استعمال الوقود المؤكسجن في حوالي 40 مدينة كبرى في الولايات المتحدة حيث يوجد تلوث بيئي ملحوظ في هذه المدن ، وتتطلب أنظمة حماية البيئة في هذه المدن ضرورة احتواء البنزين على نسبة 2.7% من الوزن أكسجين وخاصة خلال أشهر البرد ، مما أدى إلى تخفيض التلوث البيئي في تلك المدن ونسبة 90% ، مع حلول عام 1995 ، وعندما يتم البدء بتطبيق استخدام الوقود المحسن على كافة المناطق التي يتم فيها تجاوز قوانين المحافظة على حماية طبقة الأوزون ، فإنه يجب أن يحتوي الوقود المحسن على حوالي 2% بالوزن أوكسجين وأقل من 1% بنزين و 25% مواد عطرية، حيث يتوقع أن يتم تطبيق استخدام هذا الوقود في أكثر من 90 منطقة في الولايات المتحدة وعلى مدار السنة وبإمكان مصافي النفط استخدام مادة الكحول أو مادة الايثر كمصدر من مصادر الأوكسجين ، حيث أن الكحول يمكن أن يخلط مباشرة في الجازولين لتعزيز وضع الأوكسجين ورفع مستوى الأوكتان .

إن مادة الايثانول مستخدمة بشكل واسع من قبل مصافي النفط الأمريكية في الوقت الحاضر ، ولكن نظراً لكون الايثانول يتبخر بسرعة فإن استخدامه كمحسن للوقود يبقى محصوراً ، وكذلك بما أن قابليته للذوبان في الماء تؤدي إلى انفصاله أثناء التخزين أو النقل، فإن استخدامه كمحسن للوقود يبقى محدوداً.

إن استخدام الوقود المحسن سيكون مؤهلاً للحصول على إعفاءات ضريبية كنوع من الحوافز التي تهدف إلى حماية البيئة من التلوث. كما أن مادة الايثانول، الذي يعد مصدراً للطاقة متجدداً، يتم الحصول عليه من محصول الذرة التي هي أرخص بكثير من المواد المستخدمة والمدعومة من قبل الحكومة الأمريكية.

7 - إضافة مواد غير سامة إلى البنزين بدلاً من رابع إيثيل الرصاص : مثل بعض الكحوليات فيما يعرف باسم "الجازوهول"، أو بعض الهيدروكربونات متفرعة السلسلة وهي مواد تساعد على زيادة الرقم الأكسجيني للبنزين، وترفع من كفاءة محركات السيارات.

وسائل النقل البحرية :

تدخل إلى ميناء اللاذقية سنويا حوالي 1200 سفينة، تستهلك كل سفينة حوالي 600 كغ/حصان بخاري /ساعة، وتوع الوقود هو المازوت والفيول.

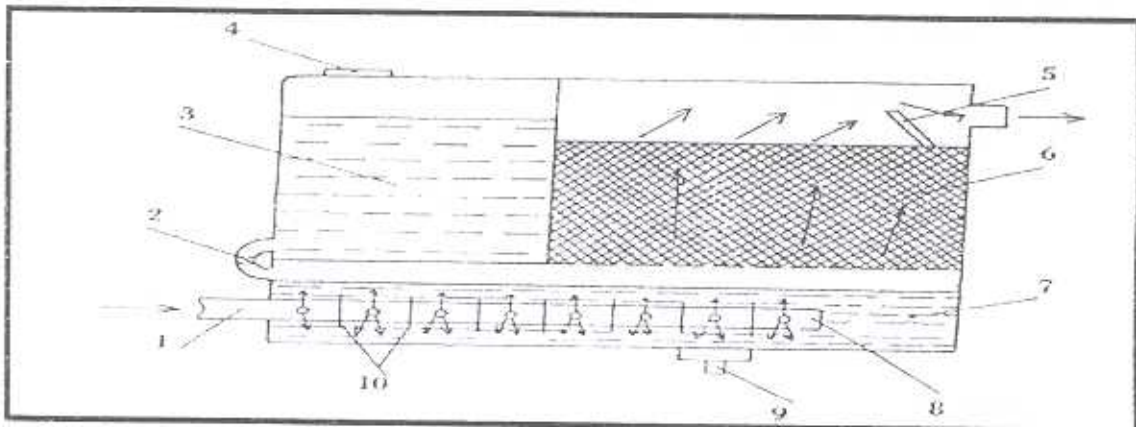
ينتج عن محركات هذه السفن التي تعمل على الديزل خليط غازي ناجم عن صرف الوقود، يتألف هذا الخليط بشكل رئيس من (NO_2) ، (O_2) ، (CO_2) ، (SO_2) وبخار الماء (H_2O) .

ويبين الجدول رقم 2 مواصفات الغازات الناجمة عن محركات السفن والاثار التي تتركها على المحيط الخارجي

الملوث	تركيزه في غازات الاحتراق غ/م ³	تأثيره البيئي
CO ₂	240 - 40	خائق
SO ₂	0.5 - 0.1	سام
CO	2.5 - 0.25	سام
NO _x (NO ₂)	2 - 0.5	سام
الكربون الهيدروجيني	2 - 0.25	سام
الدهيد : SO ₂ و NO _x وغيرها	-	يؤثر على الجملة العصبية للعيون والأنف
الدهيد والمركبات العضوية و S وغيرها	-	رائحة كريهة
هباب	0.5 - 0.005	يؤثر على الرؤية ويلوث السطوح الصلبة
H ₂ O	100 - 15	رطوبة - وتشكل ضباب

طرق تخفيض التلوث الناجم عن وسائل النقل البحرية

- 1 - تحسين نوعية الوقود المستخدم .
- 2 - تحسين المركبات ورفع فاعلية الاحتراق .
- 3 - تركيب مصافي وأجهزة معالجة للغازات الناجمة عنها .
- 4 - تركيب جهاز يوصل مع مدخنة السفينة ويعالج الغازات الناجمة عن محركات الديزل للسفن ، هذا الجهاز يمثله الشكل التالي :



أحد الطرق المستخدمة لمعالجة الغازات الناجمة عن محركات الديزل في السفن

- 1 - أنبوبة موصولة مع المدخنة 2 - سكر 3 - خزان إضافي 4 - فوهة التعبئة
5 - حاجز 6 - شبك معدني 7 - حوض السائل الكيميائي 8 - موزع
9 - صنوبر تفريغ 10 - حواجز

الطريقة : تدخل غازات الاحتراق من محرك السفينة عبر الأنبوبة (1) وتتوزع بواسطة الموزع (8) في الحوض (7) الذي يحوي سائل كيميائي يقوم بتخليص المياه من المواد السامة وأكسديتها وبعدها يخرج من خلال الشبك المعدني (6) الذي يخلص الهواء من البقايا العالقة ومنه إلى الهواء الخارج عبر البوابة (5).
السائل الكيميائي يبدل في الحوض (7) كل فترة بواسطة السكر (2) من الحوض الإضافي (3). عادة يكون السائل المستخدم عبارة عن محلول مائي لمواد كيميائية معينة .

المراجع

- 1 - العودات ، محمد - التلوث وحماية البيئة - دمشق 1988 .
- 2 - سالم ، أحمد مدحت - التلوث مشكلة العصر - سلسلة عالم المعرفة العدد 152 1995 .
- 3 - أوبرليون / ايشوك / كوسوفسكي - حماية البيئة عند استخدام السفن - 1989 .
- 4 - عوض ، عادل - أسس الهندسة البيئية - جامعة تشرين 1995 .
- 5 - الحايك ، نصر - تلوث الهواء - 1991 .
- 6 - الشواف ، سعد الله - التخلص من التلوث في مدننا - 1978 .
- 7 - رستم ، محمود - حماية البيئة - منشورات جامعة حلب - 1989 .
- 8 - موسى ، علي حسن - التلوث الجوي .
- 9- Victar M. Ehlers, Ernest W.- Steel Municipal and Rural Sanitation TMH Edition 3rd reprint-New Delhi - 1984 .
- 10- Howard, S; Peavy; Donald, R. Rowe; George Tchobanoglous Environmental Engineering, Mac Graw – Hill Book Co. New York, 1985 .