Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

الزامات IMO در خصوص ترکیبات NOX در کشتی ها و راه های کاهش آن

حسین قهاری ؛ کارشناس دریایی اداره کل بنادر ودریانوردی
استان خوزستان _بندر امام خمینی(ره)
محمد خسروی ؛ کارشناس دریایی اداره کل بنادر ودریانوردی
استان خوزستان _بندر امام خمینی(ره)

چکیده :

یکی از مواردی که طی سالیان اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است بحث آلودگی های محیط زیست و اثرات مخرب آن بر کره زمین می باشد که آلودگی های ناشی از گازهای گلخانه ای و ترکیبات مضر و مخرب جو را نیز شامل می شود و یکی از این موارد، ترکیبات NOX , SOX موجود در EXHUAST کشتی ها،خودروها،لوکوموتیو های دیزلی و تجهیزات صنعتی که از سوخت های فسیلی استفاده می کنند می باشد.

با توجه به این که درصد قابل توجهی از این گازهای ناشی از موتورهای دیزل کشتی ها می باشند سازمان جهانی دریانوردی(IMO) نیز توجه خاصی به این مساله نموده است و الزام هایی را برای کشتی ها در خصوص میزان NOX مجاز در ضمیمه شش مارپول و NOX TECHNICAL CODE قرار داده است از این رو کارخانه های کشتی سازی نیز جهت سازگار نمودن کشتی ها با این الزام ها مجبور به انجام اقدام هایی جهت کاهش این ترکیبات شده اند که متداول ترین آن ها استفاده از سیستم SCR (SELECTIVE CATALYTIC

Archive of SID

www.SID.ir

REDUCTION) می باشد. در این مقاله به بررسی الزامات IMO در خصوص حدود مجاز NOX خروجی از کشتی ها و عملکرد سیستم SCR پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی :

Nox-marpol –nox technical code-exhaust- catalyst chamber-multi point-injection-mixer-

مقدمه :

در سطح جهان حمل و نقل دریایی،کاتالیزور در توسعه و شکوفایی اقتصادی به شمار می آیند،زیرا منجر به تجارت و ارتباط بین کشورها می شود و مسیری مطمئن برای تامین انرژی،مواد غذایی و کالاها می باشند.حمل و نقل دریایی از جمله روش های صادرات و واردات کالا در سطح جهان است،به طوری که امروزه۸۰درصد تجارت جهانی توسط شرکت های کشتیرانی انجام می شود و در قرن گذشته از سال ۱۹۷۰ تا سال۲۰۰۸ سه برابر گردیده است.بدون کشتیرانی صادرات و واردات کالاها در مقیاسی که دنیای مدرن به آن نیاز دارد غیر ممکن خواهد بود.امروز افزایش جمعیت جهان همراه با پیشرفت تمدن آن چنان شدت یافته است که آن را انفجار جمعیت می گویند.چنین افزایش بی رویه ای مشکلات فراوانی از جمله آلودگی محیط زیست ناشی از صنایع را در بسیاری از کشورها را به همراه داشته است.یکی از منابع اثرات نامطلوب زیست محیطی کشتی ها می باشند و از مهم ترین آلودگی های ناشی از آن، آلودگی هوا در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت های فسیلی است که شامل اکسیدهای گوگرد(sox)،اکسید های نیتروژن(nox)،منو کسید

Archive of SID

www.SID.ir

کربن(co)،ذرات معلق(spm)، و دی اکسید کربنCO2 می باشد که موجب اسیدیته شدن هوا، ایجاد مشکلات زیست محیطی که با نفوذ آلاینده ها در خاک و آب بوجود می آید و... می گردد.

یکی از مهم ترین این گازهای مخرب ترکیبات nox می باشد که در exhaust موتور کشتی ها و در اثر احتراق سوخت های فسیلی ایجاد می شود، بر اساس تحقیقات صورت گرفته میزان مصرف سوخت در کشتی ها به صورت تخمینی ۱۵۸ میلیون تن در سال ۲۰۰۰ و ۳۳۳ میلیون تن در سال۲۰۰۷ اعلام گردیده است که مقدار قابل ملاحظه ای می باشد.آلودگی هوا از سال ۱۹۹۰ میلادی مورد توجه محافل علمی قرار گرفت به طوری که از ابتدای قرن ۲۱ تحقیقات گسترده ای در این زمینه به انجام رسیده است.سازمان جهانی دریانوردی (IMO)یکی از آژانس های سازمان ملل می باشد که به عنوان قانون گذار در زمینه فعالیت های مربط به حمل و نقل دریایی شناخته می شود.

قوانین و مقررات بین المللی و الزام های IMO در خصوص کاهش اثرات nox در exhaust کشتی ها

قوانین و مقررات به عنوان ابزارهایی جهت حمایت از مردم، دارایی ها و طبیعت آن ها در برابر آسیب ها می باشد آسیب های زیست محیطی گاهی اوقات به وسیله کنوانسیون های بین المللی کنترل می گردند و این زمانی اتفاق می افتد که محیط زیست در فراتر از مرزهای سرزمینی تحت تاثیر قرار می گیرد. اولین کنوانسیون در مورد آلودگی هوا کنوانسیون با عنوان کنوانسیون دوربرد فرامرزی آلودگی هوا(CLRTAP)در سال۱۹۷۹ می باشد. به دنبال تصویب کنوانسیون حقوق دریاها پس از آن تمامی کنوانسیون های مرتبط به

Archive of SID

www.SID.ir

کشتیرانی مطابق یک اتفاق نظر بین المللی به تصویب رسیدند.کنوانسیون حقوق دریاها در نوامبر سال ۱۹۹۴ لازم الاجرا گردید.در کنوانسیون مذکور محدودهای هر کشور در خصوص انجام فعالیت هایی از قبیل علمی و یا تجاری مشخص گردیده است. همان طور که پیش تر گفته شد سازمان جهانی دریانوردی (IMO)یکی از آژانس های سازمان ملل در امور مربوط به تهیه قوانین کشتیرانی می باشد که کنوانسیون آن در سال ۱۹۵۸ لازم الاجرا گردید. یکی از مهم ترین قوانین و کنوانسیون های بین المللی در زمینه پیشگیری از آلودگی،کنوانسیون پیش گیری از آلودگی دریاها با عنوان کنوانسیون MARPOL می باشد.این کنوانسیون در پی سانحه ای که برای تانکر توری کانیون که منجر به وقوع آلودگی وسیع گردید شکل گرفت.در سال ۱۹۷۳ در جوامع بین المللی به تصویب رسید و در سال ۱۹۷۸پس از گذشت ۵ سال از تدوین کنوانسیون،به دلیل هزینه های اقتصادی و مشکلات فنی زیاد برای کشتی ها و بنادر برای مطابقت با مفاد آن فاصله زیادی با حد نصاب لازم تصویب از طرف دولت ها برای رسیدن به مرحله لازم الجرا داشت.به همین دلیل در فوریه همان سال کنفرانس بین المللی ایمنی تانکر و جلوگیری از آلودگی پروتکل ۱۹۷۸ را در رابطه با کنوانسیون یاد شده به منظور اصلاح کنوانسیون و سهولت الحاق به آن به تصویب رساند.به این ترتیب پس از آن تاریخ پروتکل و کنوانسیون الحاقی به آن یکجا به عنوان مارپل۷۸/۷۳ شناخته شده اند.کنوانسیون مارپل شامل شش ضمیمه می باشد که دو ضمیمه اجباری شامل مقررات جلوگیری از آلودگی به وسیله نفت (ضمیمه۱) و مقررات کنترل آلودگی های ناشی از مواد شیمیایی(ضمیمه۲)و چهار ضمیمه اختیاری،ضمیمه سوم مقررات لازم جهت پیش گیری از آلودگی های ناشی از مواد خطرناک، ضمیمه

Archive of SID

www.SID.ir

چهارم مقررات لازم جهت پیش گیری از آلودگی های ناشی از فاضلاب کشتی ها، ضمیمه پنجم مقررات لازم جهت پیش گیری از آلود گی های ناشی از زباله کشتی ها و ضمیمه ششم مقررات لازم جهت پیش گیری از آلودگی هوا ناشی از کشتی ها می باشد.کاربرد کنوانسیون در خصوص کشتی هایی که حق برافراشتن پرچم یک دولت عضو راداشته باشد و هم چنین در خصوص کشتی هایی که حق برافراشتن پرچم کشور عضو را ندارند ولی تحت نظر آن ها بهره برداری می گردند می باشد.

ضمیمه ششم کنوانسیون مارپل

ضمیمه ششم کنوانسیون بین المللی جلوگیری از آلودگی ناشی از کشتی ها (MARPOL)در سال۱۹۹۷ به تصویب کشورهای عضودر سازمان بین المللی دریانوردی (IMO) رسید که به نام پروتکل۱۹۹۷ کنوانسیون مذکور نامیده شد،اما روند لازم الاجرا شدن آن در سطح جهانی تا ۱۹ ماه می ۲۰۰۵ به طول انجامید.ضمیمه ششم شامل الزام های کنترلی در خصوص مواد کاهنده لایه ازن(ازن شامل هالون ها و CFC)،اکسید های نیتروژن،اکسید های گوگرد،ترکیبات معدنی فرار ناشی از بارگیری مواد نفتی،گاز های ناشی از سوزاندن مواد در کوره کشتی،تسهیلات دریافت مواد زاید بنادر و کیفیت سوخت مصرفی کشتی می باشد علاوه بر آنnox technical code نیز که در ماه می ۲۰۰۵ به انکس شش مارپل اضافه و در ژولای همان سال توسط کمیته mepc بازنگری و در mepc 58 نهایی گردید به طور اختصاصی الزام های مربوط به میزان nox مجاز موتورهای دریایی و نحوه اندازه گیری آن توسط کمپانی های کشتی سازی در هنگام trial شناور و نحوه اخذ گواهی نامه های مربوطه و...را

Archive of SID

www.SID.ir

به طور دقیق تعیین می نماید.

به دنبال لازم الاجرا شدن ضمیمه ششم کنوانسیون مارپل کلیه مفاد آن نیز لازم الاجرا می باشد.ماده ۱۳ ضمیمه در خصوص اکسید های نیتروژن می باشد که موارد اعمال مفاد آن را در خصوص موتور دیزل دریایی شناور با ظرفیت ناخالص بیش تر از ۴۰۰،با توان خروجی بیش از ۱۳۰ کیلو وات،نصب شده برروی یک کشتی و هر موتور دریایی با توان خروجی بیش از ۱۳۰ کیلو وات که پس از اول ژانویه سال۲۰۰۰ تحت تغییر عمده قرار گرفته باشد اعلام می نماید.مطابق مفاد این ماده موتورهای نصب شده برروی شناورها در باز ه های زمانی تشریح شده ذیل در شناورها به کار گرفته خواهند شد.

مرحله اول:

۱.به کارگیری موتورهای دریایی در بازه زمانی اول ژانویه سال ۲۰۰۰ تا اول ژانویه سال۲۰۱۱ ممنوع است مگر انتشار اکسید های نیتروژن از موتور در حد مقادیر ذیل باشد:

الف) ۱۷ G/KW.H (گرم بر هر کیلو وات ساعت) هنگامی که N (چرخش های میل لنگ در دقیقه) کم تر از ۱۳۰ دور در دقیقه باشد.

ب) G/KW.H ۴۵×N^(-.2) هنگامی که N برابر۱۳۰ یا بیش تر، اما کم تر از ۲۰۰۰ دور در دقیقه باشد.

ج) G/KW.H ۹,۸ هنگامی که N برابر۲۰۰۰ دور در دقیقه باشد یا بیش تر.

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله دوم:

۲.به کارگیری موتورهای دریایی در بازه زمانی اول ژانویه سال ۲۰۱۱و بعد از آن ممنوع است، مگر انتشار اکسید های نیتروژن از موتور در حد مقادیر ذیل باشد:

الف) ۱۴,۴ G/KW.H(گرم بر هر کیلو وات ساعت)هنگامی که N (چرخش های میل لنگ در دقیقه)کمتر از ۱۳۰ دور در دقیقه باشد.

ب) ۴۴×N^(-.33) G/KW.H هنگامی که N برابر۱۳۰ یا بیش تر، اما کم تر از ۲۰۰۰ دور در دقیقه باشد.

ج)7.7G/KW.H هنگامی که N برابر۲۰۰۰ دور در دقیقه یا بیش ترباشد.

مرحله سوم:

به کارگیری موتورهای دریایی در بازه زمانی اول ژانویه سال ۲۰۱۶و بعد از آن ممنوع است، مگر انتشار اکسید های نیتروژن از موتور در حد مقادیر ذیل باشد:

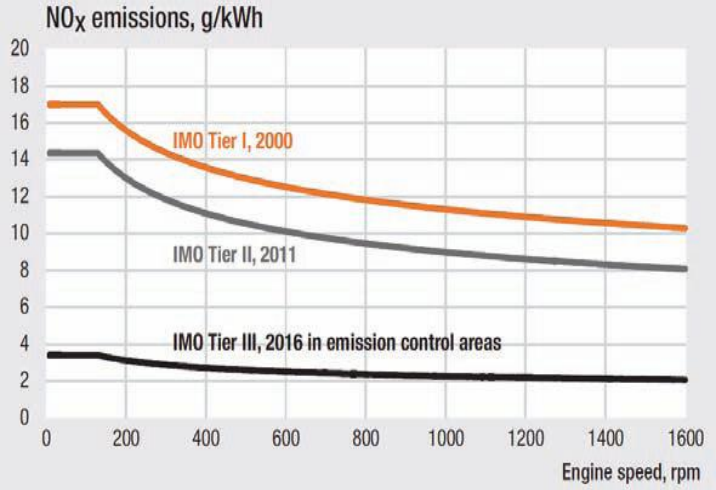
الف) ۳,۴ G/KW.H(گرم بر هر کیلو وات ساعت)هنگامی که N (چرخش های میل لنگ در دقیقه) کم تر از ۱۳۰ دور در دقیقه باشد.

ب) ۹×N^(-.2) G/KW.H هنگامی که N برابر۱۳۰ یا بیش تر، اما کم تر از ۲۰۰۰ دور در دقیقه باشد.

ج) G/KW.H2 هنگامی که N برابر۲۰۰۰ دور در دقیقه یا بیش تر باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱. میزان انتشاراکسیدهای نیتروژن مطابق کنوانسیون مارپل

در ۲۶ سپتامبرسال ۱۹۹۷ اعضای کنوانسیون مارپل ۷۳/۷۸ دستورالعملی را به عنوان دستورالعمل فنی کنترل اکسید های نیتروژن خروجی از موتورهای دریایی را به تصویب رساندند.که به دنبال لازم الاجرا شدن ضمیمه ۶ در ۱۹ می سال۲۰۰۵ بایستی کلیه مفاد آن در خصوص کشتی های که ماده ۱۳ ضمیمه ششم کنوانسیون را رعایت می کنند اجرا گردد.هدف از دستورالعمل تهیه روش های قانونی به منظور تست،بازررسی و صدور گواهینامه جهت موتورهای دریایی می باشد که سازندگان کشتی ها،صاحبان شناور و متولیان امور دریایی را مطمئن می سازد که موتورهای دریایی مطابق محدودیت های تعریف شده در ماده۱۳ ضمیمه کنوانسیون می باشند.

راه های کاهش nox و نحوه عملکرد سیستم scr :

با توجه به روند موجود در تجارت بین المللی متوسط اندازه کشتی ها افزایش پیدا نموده است. انواع متفاوت کشتی ها از قبیل نسل های جدید کشتی های

Archive of SID

www.SID.ir

کانتینری،کشتی های رو-رو و کشتی های فله بر مایع و خشک ویژگی خاصی را به شناورها داده است که منجر به طراحی موتورهای با قدرت بالا گردیده است. بزرگ شدن اندازه کشتی ها با موتورهای بزرگ بدون تغییر در تکنولوژی های ساخت آن ها نیاز به مصرف سوخت بیش تر و در نتیجه آلودگی بیش تر می شود که یکی از مهم ترین آن ها آلودگی ناشی از ترکیب های nox موجود در exhaust خروجی موتورها می باشد که به علت استفاده از سوخت ها فسیلی در موتور کشتی به وجود می آید و مقدار آن با توجه به نوع و سایز موتور، نوع ترکیب های موجود در سوخت متفاوت می باشد.

راه های مختلفی جهت کاهش میزان nox خروجی از کشتی ها وجود دارد نظیر بهینه سازی نسبت سوخت و هوا در محفظه احتراق موتور،استفاده از سوخت با کیفیت بالاتر و مرطوب نمودن هوای ورودی به موتور و یا پاشش آب به داخل سیلندر که موجب کاهش ۴۰٪ میزان nox می گردد ولی موجب کاهش بازدهی نیز می گردند... اما روش متداول در این خصوص استفاده از سیستم scr می باشد که می تواند ۷۵٪ تا ۹۰٪ میزان nox را کاهش دهد در این روش آمونیاک(nh3) یا اوره به عنوان کاتالیزور به گازهای خروجی پاشش می گردند و طی معادله شیمیایی $no + no2 + \longrightarrow 2n2+3h2o$ 2nh3 ترکیبات nox موجود در exhaust به نیتروژن و آب تبدیل می گردد. این سیستم علاوه بر کشتی ها در بویلرهای بزرگ صنعتی، توربین های گاز و لوکوموتیوهای دیزل نیز استفاده می گردد

یکی از مشکلات این سیستم در کشتی ها تامین آمونیاک مورد نظر از بنادر مختلفی که کشتی ها جهت تخلیه و بارگیری به آن جا سفر می کنند می باشد

Archive of SID

www.SID.ir

چرا که این ماده در همه ی بنادر در دسترس نبوده و این خود به یکی از مشکلات این سیستم تبدیل شده است.

در این سیستم عمل واکنش در catalyst chamber (یا catalyst housing)و هنگام خروج گازها از آن اتفاق می افتد و قبل از ورود به این محفظه ماده کاتالیزور به صورت injection (مه پاش) به آن اضافه می شود و در قسمت mixer کاتالیزور با آن ترکیب می گردد.

در سیستم های جدید پایش به صورت multipoint انجام می گردد تا عمل ترکیب با گاز به خوبی انجام گردد و نیازی به mixer نخواهد داشت در نتیجه فضای کم تری را اشغال خواهد نمود.

پس از ترکیب کاتالیزور با گازهای خروجی به علت دمای بالای این گازها(واکنش در دمای ۵۰۰ تا ۷۲۰درجه سانتی گراد انجام می گردد) واکنش شیمیایی در catalyst chamber انجام می شود و nox خروجی به بخار آب و نیتروژن تبدیل می گردد. با توجه به دمای گازهای خروجی ممکن است از یک گرمکن در مسیر استفاده نمود لازم به ذکر است که این سیستم علاوه بر nox ترکیبات sox را که ترکیب های مضر می باشد را طی واکنش شیمیایی زیر کاهش می دهد.

$$2so2 + o2 \longrightarrow 2so3$$

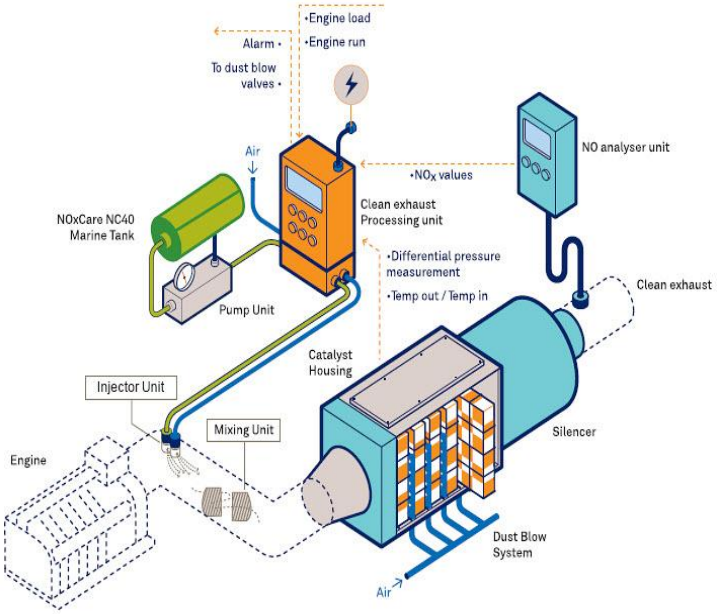
$$2nh3 + so3 + h2o \longrightarrow (nh4)2so4$$ سولفات آلمونیوم

پس از خروج گاز از کاتالیزور یک کنترلر میزان nox موجود در آن را اندازه گیری می نماید تا میزان حد مجاز آن بر اساس کنوانسیون های مرتبط (nox technical code &annex iv marpol) رعایت گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل زیر نمونه ای از سیستم scr که درکشتی کاربرد دارد نشان داده شده است.



Archive

www.SID.ir

منابع :

www.imo.org
ANNEX VI MARPOL
NOX TECHNICAL CODE
http://www.allaboutshipping.co.uk
http://themaritimeblog.com
http://www.globalspec.com
http://projects.dnv.com
WWW.BRANCHENV.COM
www.vartsila.com
www.pmo.ir

Archive of SID

www.SID.ir