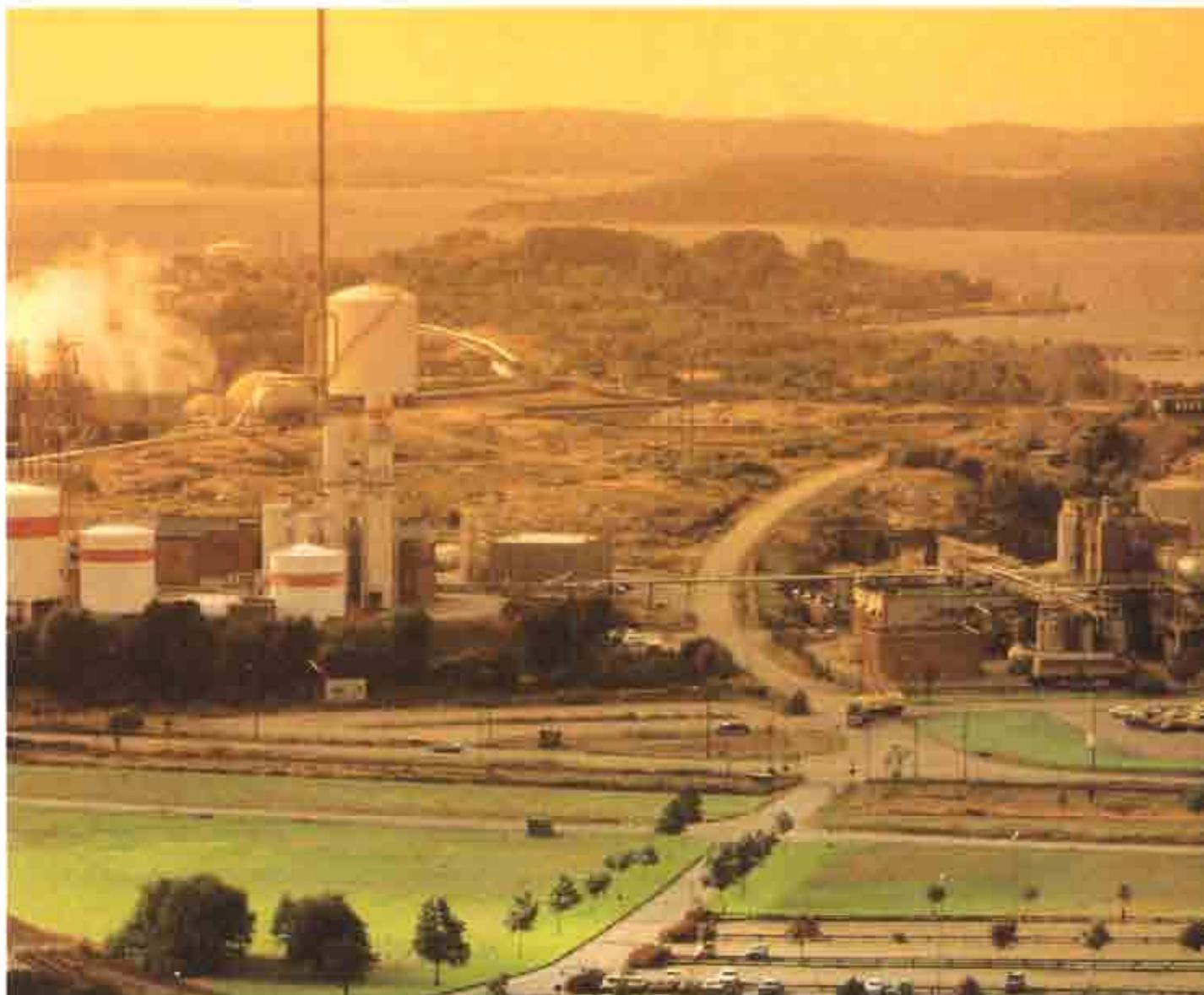


Nuevos gases de protección para soldadura



MIGUEL MÉNDEZ
Jefe División Soldadura y Corte.
AGA, S. A.

SUMARIO

De entre los gases que se generan durante la soldadura y que respira el soldador, el ozono es, con diferencia, el más tóxico. Para reducir su efecto, AGA ha creado el gas de protección MISON, que crea un entorno de trabajo menos nocivo, protege la salud del soldador y ayuda a reducir el absentismo laboral producido por las enfermedades profesionales que afectan al soldador.

Palabras clave: Soldadura, ozono, toxicidad, TLV, MISON, TIG, MIG, MAG.

INTRODUCCION

En los procesos convencionales de soldadura al arco, la contaminación del aire que respira el soldador se produce por el polvo, humo y gases que se generan en los alrededores del arco de soldadura. El carácter dañino para la salud de humos y polvo es de sobra conocido, pero no lo es tanto el efecto de los gases que se generan durante la soldadura. Entre estos gases, el más tóxico para el soldador es el ozono, que tiene unos límites máximos admisibles muy bajos.

En este artículo se da una explicación concisa del problema y se presenta la solución; los nuevos gases

de protección MISON, que descomponen el ozono que se forma alrededor del arco, impidiendo de este modo que llegue al área de respiración del soldador.

DEFINICIONES

TIG: Soldadura al arco con electrodo de tungsteno y gas de protección inerte. También llamada soldadura de argón.

MIG: Soldadura al arco con gas de protección inerte y electrodo consumible continuo. También llamada soldadura semiautomática o con hilo.

MAG: Soldadura al arco con gas de protección activo y electrodo consumible continuo. También denominada soldadura semiautomática o con hilo.

MEDIDA DE LA TOXICIDAD DE UNA SUSTANCIA SOBRE EL CUERPO HUMANO

La medida de la toxicidad de una sustancia sobre el cuerpo humano se hace estableciendo concentraciones máximas admisibles recomendables.

Conforme a la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), cuyas directrices se siguen en España, damos las siguientes definiciones:

TLV-TWA: Concentración media, para una jornada de 8 horas durante

La medida de la toxicidad de una sustancia sobre el cuerpo humano se realiza estableciendo concentraciones máximas admisibles recomendables.

5 días laborables, a que puede estar expuesto un trabajador día tras día sin efectos adversos.

TLV-STEL: Concentración media ponderada en un tiempo de 15 minutos que no se debe sobrepasar, aun cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las 8 horas sea inferior al TLV-TWA. Es la concentración máxima a que se puede estar expuesto sin sufrir irritación, daños irreversibles en tejidos o narcosis. Este límite complementa al TLV-TWA.

TLV-C: Concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante el trabajo. En la práctica si no es posible realizar una medida ins-

tantánea el TLV-C se puede fijar en exposiciones cortas mediante un muestreo durante 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que pueden causar irritación de inmediato.

En función de la acción fisiológica de la sustancia, pueden ser pertinentes una o dos categorías de TLV. Por ejemplo, para los gases irritantes solamente es adecuada la categoría TLV-C. En cualquier caso, en la práctica de la higiene industrial, se considera que si se sobrepasa cualquiera de estos valores TLV se presume que existe un riesgo potencial.

Los higienistas industriales consideran **mucho más tóxico al ozono** que a los otros gases que se generan normalmente en la soldadura, puesto que su límite máximo admisible es mucho más bajo:

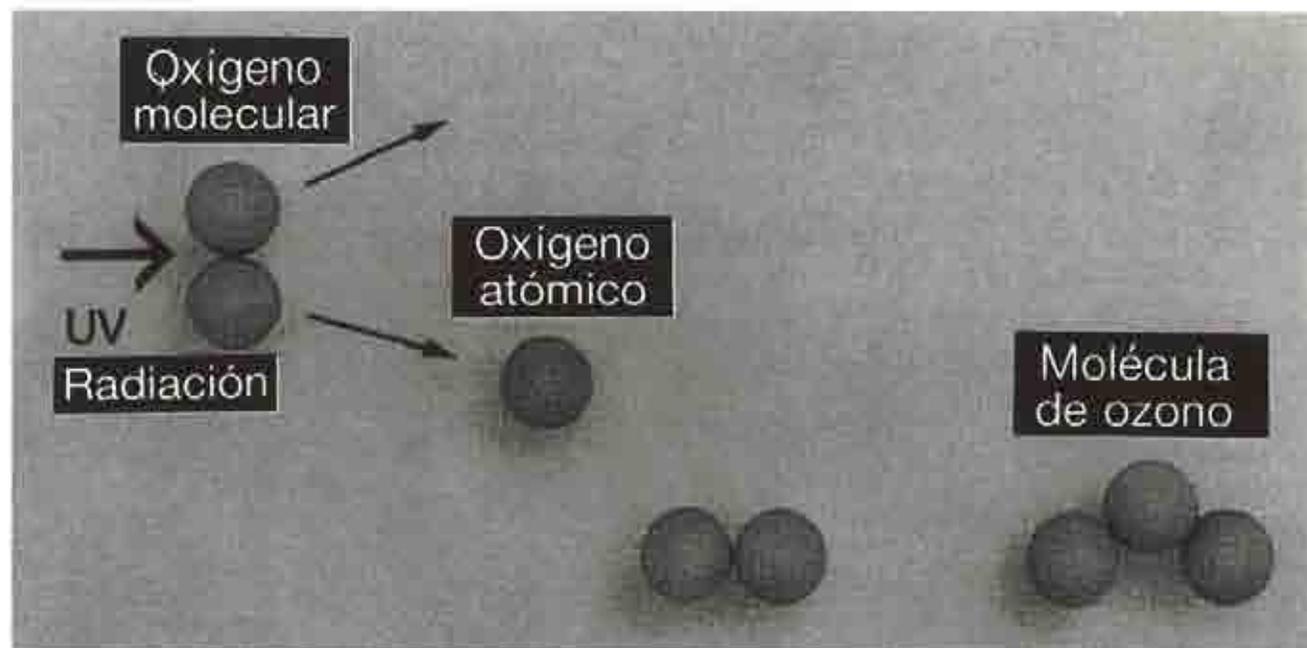
50 veces menor que el del NO_2
4000 veces menor que el del CO , y
250 veces menos que el del NO , si fueran comparables.

EL OZONO. EFECTOS SOBRE EL CUERPO HUMANO

El ozono se genera cuando la radiación ultravioleta del arco descompone las moléculas de oxígeno en átomos libres de oxígeno, que reaccionan con otras moléculas de oxígeno y forman las moléculas de ozono.



FIGURA 1



El ozono, cuya presencia en las capas altas de la atmósfera es tan necesaria, puesto que nos protege de la radiación ultravioleta del sol, tiene, sin embargo, un efecto nocivo cuando está presente en la atmósfera que respiramos.

El ozono que se forma alrededor del arco es tremendamente estable a temperatura ambiente y aunque incoloro, se detecta por su olor picante, tan característico de todos los talleres de soldadura (el olor del argón, denominado por los soldadores), cuando se encuentra en una concentración alrededor de 0,05 ppm. En niveles alrededor de 0,08 ppm produce sequedad e irritación de las fosas nasales. En niveles por encima del valor máximo admisible (0,1 ppm), el ozono causa congestión nasal, punzadas en el pecho, dolores de cabeza y dificultad respiratoria. Exposiciones por encima del valor límite máximo pueden originar, a largo plazo, bronquitis crónicas y enfisemas. Como ya se ha señalado anteriormente, el mayor porcentaje de ozono se forma alrededor del arco de soldadura, a unos 10 ó 15 cm del mismo, habiéndose medido en esa zona concentraciones de ozono de hasta 7 ppm.

NIVELES DE EMISIÓN DE OZONO EN FUNCION DEL PROCESO DE SOLDADURA

Es evidente que no todos los procesos de soldadura generan el mismo nivel de ozono, así, por ejemplo, la soldadura con electrodo manual produce un nivel de ozono muy bajo, por cuanto el revestimiento de los electrodos reduce este nivel mediante el mecanismo que veremos posteriormente.

La unidad usada para medir las emisiones de gases es el ml/min, es decir la cantidad emitida de sustancia por unidad de tiempo. Para comparar distintos procesos de soldadura se emplea el coeficiente de dilución o valor higiénico nominal de demanda de aire (NHAD en inglés o NHL en alemán), que es la cantidad teórica de aire requerida por unidad de tiempo para diluir los polucionantes, llevándolos a los valores límite umbral. Este valor se obtiene dividiendo el valor de la emisión medida de la sustancia en cuestión entre su valor límite umbral, y se mide en m³/min.

AGA ha desarrollado una gran cantidad de trabajos para el estudio de los valores de emisión de ozono en los distintos procesos de soldadura

Durante la soldadura TIG, la cantidad de ozono que se genera depende en gran medida del caudal del Gas de Protección y de la intensidad de la corriente utilizada.

Un breve resumen de los resultados obtenidos es el siguiente:

Soldadura TIG (de argón) de los aceros inoxidables y del aluminio

En la soldadura TIG de los aceros inoxidables con argón como gas de protección y CC se producen las más altas emisiones de ozono.

Los valores más bajos de emisión de ozono se producen durante la soldadura TIG del aluminio con argón

Material	Gas	Intensidad	NHL
Acero al carbono	CO ₂	80/120	4-12
Acero al carbono	Ar + 20% CO ₂	80/120	8-28
Acero al carbono	Ar + 20% CO ₂	150/250	30-80
Acero inoxidable	Ar + 2% O ₂ /CO ₂	80/120	10-20
Acero inoxidable	Ar + 2% O ₂	200/300	40-60

como gas de protección y CA con amperajes sobre los 200 amperios. La razón de esto es que la CA de alta intensidad genera monóxido de nitrógeno (NO), con lo cual parte del ozono formado se transforma en dióxido de nitrógeno (NO₂) y oxígeno (O₂).

Durante la soldadura TIG, la cantidad de ozono que se genera depende, en gran medida, del caudal del gas de protección y de la intensidad. Otros factores de importancia son la longitud de arco, el diámetro de la tobera de gas y el tipo de gas usado.

Soldadura MAG (con hilo) de los aceros al carbono e inoxidables

La soldadura MAG del acero al carbono con 80 por 100 Ar + 20 por 100 CO₂, de los aceros inoxidables con 98 por 100 Ar + 2 por 100 CO₂ o 98 por 100 Ar + 2 por 100 O₂ produce más o menos la misma cantidad o niveles mayores de emisión de ozono que la soldadura TIG de los aceros inoxidables. Usando CO₂ como gas de protección en la soldadura de los aceros al carbono se obtienen unas emisiones más bajas de O₃, mientras se eleva la emisión de monóxido de carbono, CO. Las emisiones de humos de soldadura son también mucho mayores durante la soldadura con CO₂ a altas intensidades.

Además de por el gas de protección, las emisiones de ozono se ven afectadas por la intensidad y el tipo de transferencia en el arco. El caudal del gas de protección no tiene un gran efecto, sin embargo, durante la soldadura MAG, un cambio en el voltaje del arco produce una gran diferencia en la emisión de ozono y humos.

Los resultados de estos estudios indican que hay un riesgo de exposición a niveles de ozono durante la soldadura MAG de los aceros al carbono e inoxidables usando arco corto o spray.

Los coeficientes de dilución, NHL, (m³/min) medidos para el ozono en la zona alrededor del arco de soldadura son:

Todo esto indica, por ejemplo, que en la soldadura de acero al carbono con mezcla 80/20 y 200 amperios se necesitan de 30 a 60 m³ de aire para diluir la emisión de ozono hasta un nivel no perjudicial.

Soldadura MIG (con hilo) del aluminio

Los niveles de emisión de ozono durante la soldadura MIG del aluminio son mucho mayores que los anteriormente descritos.

Los resultados de los estudios realizados confirman que los riesgos a

exposiciones peligrosas de ozono son los más altos en este tipo de soldadura.

Así, en la soldadura MIG de un Alsi 5 con 250 amperios, en los alrededores del arco se necesitan de 200 a 450 m³ de aire para diluir el ozono emitido hasta un nivel no perjudicial para la salud.

La emisión de ozono depende de los aleantes del hilo de soldadura. Hilos con aleaciones de Mg producen menos emisiones de ozono que los aleados con Si o los de aluminio puro. Además, la emisión de O₃ se ve afectada también por el diámetro del hilo, intensidad y tipo de gas de protección.

ELIMINACION DEL OZONO MEDIANTE EL MONOXIDO DE NITROGENO

Anteriormente ya se ha señalado que el ozono no es un problema en la soldadura con electrodo revestido (SMAW). El motivo se debe, sencillamente a que el recubrimiento del electrodo produce durante la soldadura un elevado nivel de monóxido de nitrógeno, el cual reacciona con el ozono que se genera para dar lugar a la formación de oxígeno de acuerdo a:



Esta reacción se produce rápidamente a temperatura ambiente. El otro producto de la reacción (el NO₂) tiene, como ya observamos anteriormente, un límite umbral 50 veces superior al del ozono, y no llega, por tanto, a alcanzar concentraciones dañinas para el operario que efectúa la soldadura.

Este fenómeno es, como también se ha dicho ya, el que hace que los

Los higienistas industriales consideran mucho más tóxico al ozono que a los otros gases que se generan normalmente en la soldadura, puesto que su límite máximo admisible es mucho más bajo

niveles de ozono durante la soldadura TIG del aluminio sean más bajos, debido al empleo de corriente alterna, que genera mayor cantidad de NO. El monóxido de carbono y el hidrógeno también pueden reducir el nivel ozono, pero con una efectividad muchísimo menor.

ELIMINACION DEL OZONO CON GASES DE PROTECCION MISON

La estrecha relación entre el NO y el nivel de O₃ fue observada en los primeros estudios realizados por AGA. Tras intensas investigaciones,

se comprobó que la adición controlada de un máximo de 300 ppm de NO al gas de protección permitía reducir el nivel de ozono que respira el soldador en unos valores de hasta un 90 por 100 del total. Sobre esta base, AGA ha patentado una familia de gases de protección, conocida con el nombre de MISON y que sustituye en sus aplicaciones al argón y sus mezclas, pero con la ventaja de que producen un entorno de trabajo menos tóxico para el soldador.

Los trabajos realizados por AGA, es decir, la reducción del nivel de ozono empleando gases de protección MISON, han sido comprobados por importantes institutos de soldadura europeos, entre ellos The Welding Institute (Inglaterra), Institut de Soudure (Francia), The Danish Welding Institute (Dinamarca), Bundesanstalt für Materialprüfung (Alemania), etc., y MISON se ha venido usando durante años en Suecia, Alemania, Dinamarca, Holanda, Francia, Inglaterra, Bélgica, Austria, Suiza, Noruega, Finlandia y Estados Unidos en la industria del automóvil, naval, de calderería y todas aquellas que emplean la soldadura con protección gaseosa.

La figura n° 3 nos muestra los resultados obtenidos durante la soldadura con arco corto de un acero al carbono, y cómo un aumento del nivel de NO en el gas de protección puede reducir la emisión de ozono.

La concentración de NO en el gas de protección deberá tener un nivel tal que la cantidad de éste en la pistola sea igual que la cantidad de ozono generada por unidad de tiempo. La pequeña cantidad de NO añadida (≤ 0,03 por 100) en los gases de protección MISON aumenta ligeramente los niveles de NO₂ durante la soldadura. El NO₂ tiene también efectos fisiológicos sobre el cuerpo humano, pero los niveles deben ser 50 veces

FIGURA 2

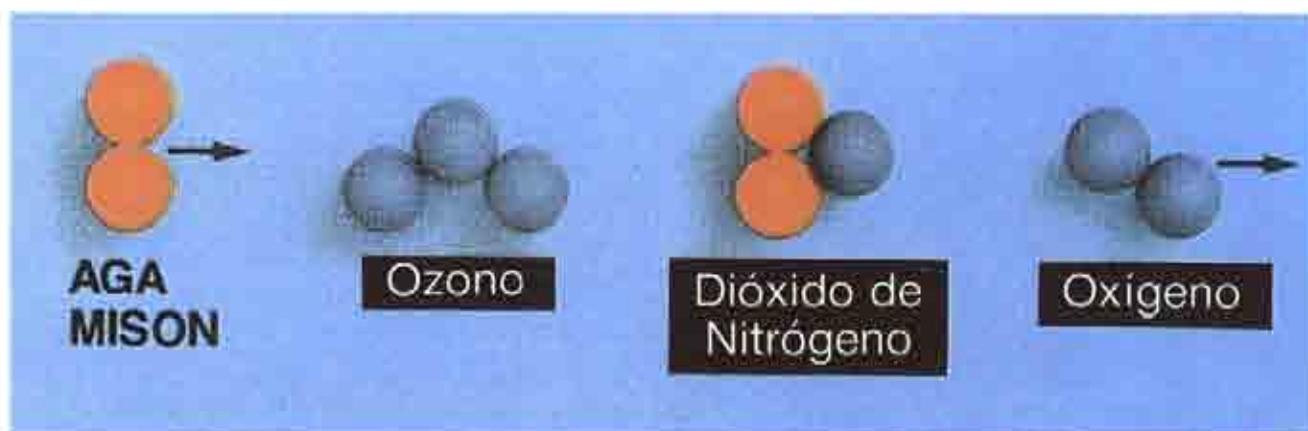
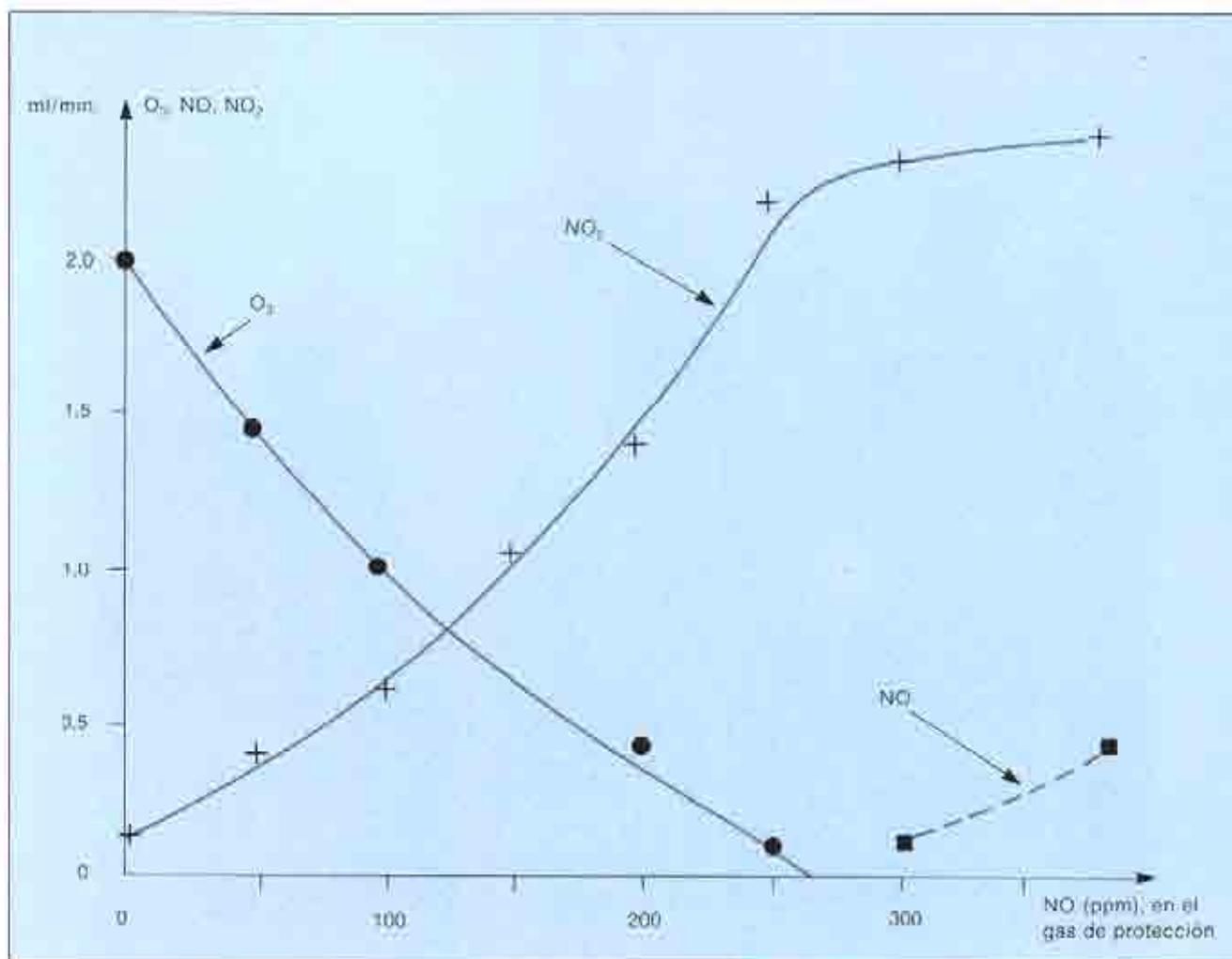


FIGURA 3



mayores que los de ozono para tener los mismos efectos.

Soldadura TIG (de argón) de los aceros inoxidables

Durante la soldadura TIG de los aceros inoxidables, las cantidades de ozono emitidas son bastante más bajas cuando se usa MISON sustituyendo al argón como gas de protección. Las cantidades de NO₂ generadas son ligeramente más altas. Los resultados indican que la emisión total de O₃ y NO₂ se reduce cuando se usa MISON como gas de protección. La magnitud de la reducción depende, entre otros factores, de los parámetros de soldadura. En general, se puede esperar que se produzca una reducción de un 30 por 100 a un 90 por 100 en la emisión total.

El posflujo de gas también tiene influencia en el efecto de reducción de ozono de MISON. Un aumento del posflujo de gas disminuye la emisión de O₃ con MISON, puesto que el NO

AGA comprobó, tras intensas investigaciones, que la adición controlada de un máximo de 300 ppm de NO al gas de protección permitía reducir el nivel de ozono que respira el soldador a unos valores de hasta un 90 por 100 del total.

reacciona extremadamente rápido con el O₃ igualmente si se extingue el arco. Si se usa argón como gas de protección, el posflujo de gas no tienen mayor efecto sobre las emisiones de O₃.

Se concluye que las concentraciones de O₃ en la zona de respiración de los soldadores se ven significativamente reducidas cuando se usa MISON como gas de protección en vez de argón, y aunque la concentración de NO₂ aumenta ligeramente, los valores medidos en la ecuación sumamos indican que la carga ambiental sobre el soldador disminuye en un valor medio de tres veces menos.

Soldadura TIG (de argón) del aluminio usando corriente alterna

Durante la soldadura TIG del aluminio usando corriente alterna, MISON tiene también un buen efecto de reducción del ozono para niveles de intensidad normales. A niveles superiores de 200 amperios, sin embar-

FIGURA 4



go, MISON no reduce el nivel de ozono de forma significativa. Esto es debido al NO que se genera de forma natural y que reduce el nivel de O₃.

Soldadura MAG con hilos sólidos

La figura n° 5 nos muestra los resultados obtenidos con arco corto en la soldadura de aceros al carbono usando 3 gases diferentes de protección: 80 por 100 Ar + 20 por 100 CO₂, CO₂ y MISON 20 (80 por 100 Ar + 20 por 100 CO₂ + 0,03 por 100 NO). Los resultados muestran que las emisiones de ozono son más bajas con CO₂ que con 80 por 100 Ar + 20 por 100 CO₂, pero que se reduce bastante más el nivel de O₃ cuando se usa MISON 20.

El instituto de Soldadura Danés (Svejsecentralen) ha desarrollado un gran número de estudios sobre humos y emisiones de ozono, usando diferentes gases de protección. Los resultados indican que las emisiones de O₃ están estrechamente relacionadas con la estabilidad y la forma de transferencia de las gotas en el arco. Un arco estable produce pocos humos, pero altas emisiones de ozono, y viceversa. En todos los casos estudiados, los gases MISON producen una reducción significativa en la cantidad de ozono emitida. Las emisiones de los gases nitrosos (NO₂ y NO) aumentan, como era de esperar, aunque fueron, en general, más bajas en comparación con la soldadura con electrodo revestido y con la soldadura oxiacetilénica.

La soldadura MAG con hilos tubulares

En general, se produce mayor cantidad de humos durante la soldadura con hilos tubulares que con hilo sólido. Esto se debe a que la estabilidad del arco es más pobre ya que la trans-

ferencia del metal es diferente. Debido a que la emisión de humos es más elevada, se podría esperar que las emisiones de ozono fueran más bajas o que no existieran durante la soldadura con hilo tubular. Sin embargo, éste no es el caso, ya que las emisiones de ozono dependen del tipo de gas usado. Si se usa CO₂, las emisiones de ozono son bajas, mientras que las emisiones de humo son altas. Si se usa MISON 20 como gas de protección la emisión de humos y ozono es más baja.

CONCLUSIONES

— Está probada y reconocida por los higienistas Industriales la toxicidad para el soldador del ozono que se forma en el arco de soldadura.

— De los estudios realizados por diferentes Institutos de Soldadura Europeos independientes se deduce que la soldadura con MISON, frente a la soldadura con argón, reduce la emisión de ozono en el arco entre el 40 y el 90 por 100.

— La experiencia industrial en Europa durante 10 años ha probado en la práctica el beneficioso efecto de MISON para la salud del soldador.

BIBLIOGRAFIA

Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo para 1991-1992. American Industrial Hygiene Association (sección española).
The problem of ozone during gas metal arc welding AGA AB, Report GM 144 e, 1980.
 SIPEK, L., y SMARS, E.: *Ozone and nitrogen oxides in gas shielded arc welding*. AGA AB Innovation.

SIPK, L.: *Unpublished studies*. AGA AB Innovation.
 BECK HANSEN, E.: *Emissions of fume, ozone and nitrous gases during MAG welding of low-alloy steel and stainless steel, 1987. Appendix with results of MAG welding with shielding gas 75 Ar/25 CO₂ and MISON 25, 1988*. The Danish Welding Institute.
 SMARS, E.: *Emission of fume and gases in gas metal arc welding*. AGA AB Innovation.
 BECK HANSEN, E.: *Testing of MISON and MISON-torch-shower for AGA Innovation AB*. The Danish Welding Institute (1983).
 SIPEK, L., y SMARS, E.: *Ozone in gas shielded arc welding - the importance of different shielding gases and gas mixture*. AGA AB Innovation.
 BECK HANSEN, E.: *Emissions of fume, ozone and nitrous gases during MAG welding of low-alloy steel and stainless steel*. The Danish Welding Institut, 1989.
 PERSSON, K.-A., y STENBACKA, N.: *Influence of different shielding gases in GMA welding of mild steels* AGA AB Innovation, 1988.
 OLSSON, K.: *Comparison of two shielding gases for MIG welding of stainless steel*. Sandvik AB, 1980.
 SIPKES, M. P., y GALES, A.: *Lasbaarheid en Kwaliteit bij het lassen onder het beschermgas AGA MISON*. TNO, 1988.
 WILLIAMSSON, S.: *Shielding gas aluminium*. AGA AB Innovation, 1988.
 AGA MISON SHIELDING GAS: *Material Investigations of welds*. AGA AB, Report GM 145e, 1977.
 TRONSKAR, J. P., y ULLE, H.: *Investigation of the influence of addition of No to 75% Ar 25% CO₂ shielding gas during fluxcored welding of C-Mn steel on the appearance, chemical composition and mechanical properties of the weld*. Veritec, 87-3699, 1987.
 STENBACKA, N.: *Reduction of ozone using Mison shielding gases a few basic facts*. AGA AB Innovation, 1989.
The facts about fume. The Welding Institute, 1986.
 OLSEN, H., y GRANEGGEN, J.: *Virking av NO-tillsetning i argondekkesgas på fasthet og korrosjonsmotstand hos 3 ulike staltyper*. SINTEF Rapoport STF 16, F88069, 1988.
 BERMEJO, A.: *Los problemas del ozono en la soldadura eléctrica al arco con protección gaseosa*. AGA España, 1991.

FIGURA 5

