

Mesure du Carbone Equivalent avec un LIBS portable

Introduction

Notre note d'application précédente traitait de l'utilisation du SciAps Z-200 C + pour l'analyse du carbone. Cette note décrit comment la mesure du carbone avec le Z est facilement étendue pour déterminer le carbone équivalent (CE).

Technologie & Méthode

Le Z-200 C + est le seul analyseur portable au monde capable d'analyser la teneur en carbone des alliages. Le Z-200 C + utilise la technique de la spectroscopie sur plasma induite par laser (LIBS) pour vaporiser une petite partie de l'échantillon (plus petite que l'étincelle OES). La lumière provenant du plasma résultant est mesurée dans des spectromètres embarqués pour déterminer les éléments présents et, par des courbes d'étalonnage, la quantité de chaque élément. Le Z utilise un laser pulsé à 1064 nm, fonctionnant à 5-6 mJ / impulsion et à une fréquence de 50 Hz. Le spectromètre embarqué couvre 190 nm - 620 nm, avec un spectromètre dédié haute résolution (0,06 nm FWHM) dédié à la plage de 193 nm où le carbone est mesuré.

Le LIBS portable, comme la SEO à étincelle, doit utiliser une purge d'argon pour l'analyse chimique quantitative. La purge à l'argon du Z consiste en une cartouche remplaçable située dans la poignée de l'analyseur. Pour l'analyse de l'acier au carbone, la cartouche d'argon dure environ 100 à 200 tests car les utilisateurs font souvent une moyenne de 2 à 3 tests pour le carbone et l'EC. Le stockage et le transport des petites boîtes sont infiniment plus faciles que les grands réservoirs d'argon utilisés pour les OES par étincelles.

Le Z mesure simultanément plusieurs éléments, y compris les éléments requis pour les équivalents carbone Si, Mn, Cr, Mo, V, Cu et Ni. Il mesure également Nb et B selon les règles du Canada (voir la page suivante). Parce que la mesure du carbone utilise généralement la moyenne de 2-3 tests, la précision pour le Si mesuré et les métaux de transition est très bonne.

(voir le tableau 1). Lors de l'utilisation des courbes d'étalonnage générales, la précision du nombre CE est largement déterminée par la précision des éléments d'alliage. Cependant, lors de l'utilisation de la normalisation de type, la précision de CE est régie par la précision du résultat carbone.

Equivalent Carbone

Le Z-200 C et le Z-200 C + prennent en charge plusieurs calculs d'équivalent carbone. Ceux-ci incluent la formule de Dearden et d'O'Neill qui a été adoptée par l'institut international de soudure (IIW) et la formule de la Société Américaine de Soudure (AWS).

Formules du Carbone Equivalent

Dearden et O'Neill (IIW)

$$CE = \%C + [\%Mn/6] + [\%Cr + \%Mo + \%V]/5 + [\%Cu + \%Ni]/15$$

AWS (American Welding Society)

$$CE = \%C + [\%Mn + \%Si]/6 + [\%Cr + \%Mo + \%V]/5 + [\%Cu + \%Ni]/15$$

Les deux formules sont simplement liées :

$$AWS = IIW + [\%Si/6]$$

Nous supportons également la convention canadienne CAN / CSA Z662, spécifique pour les pipelines canadiens. Une discussion sur le calcul canadien est fournie plus loin dans cette note d'application.

Dans la pratique, la teneur en silicium dans les aciers au carbone est typiquement comprise entre 0,1 et 0,3%, et la contribution supplémentaire à CE provenant de Si est de l'ordre de 0,017-0,05.

Données & Discussion

Les analyses répétées et les valeurs de EC mesurées par le LIBS pour plusieurs aciers au carbone sont indiquées dans le **Tableau 1**. Les classifications de soudabilité par rapport aux valeurs de CE tirées de publications sont présentées dans le **Tableau 2**. Pour l'étude de répétabilité, un alliage de pipeline commun (API 5L X-45) ainsi que plusieurs aciers au carbone communs ont été sélectionnés. La performance montrée dans le



Videos <https://goo.gl/xKR1vn>



Quantum RX SciAps

Tableau 1 est représentative des modèles Z-200 C et C+, à condition que l'utilisateur ait correctement préparé le matériau, à la manière SEO. Les résultats présentés sont typiquement des moyennes de 3 tests plus un pré-tir de 3 secondes, pour un temps de test total d'environ 12 secondes. Les valeurs CE sont calculées par l'analyseur en utilisant la formule AWS.

Nous montrons également les CE et les analyses pour du X-45 lors de l'utilisation de la normalisation de type (c'est-à-dire, calibrage à point unique à un matériau X-45). En général, il existe quelques petits décalages qui peuvent survenir lors de l'utilisation des courbes d'étalonnage générales, généralement lorsque les niveaux de concentration sont inférieurs à 0,05%. La comparaison des résultats Ni et V pour l'étalonnage complet du X-45 (0 - 0,5%) par rapport à la standardisation du type dans le **Tableau 1** est un bon exemple. Nous trouvons généralement que l'utilisation des courbes d'étalonnage complètes peut biaiser la valeur CE de $\pm 0,03$ dans les deux sens. Par conséquent, si le CE mesuré se situe entre 0,03 unité et une valeur seuil pour la soudabilité (par exemple, proche de 0,4 comme dans le Tableau 2), la standardisation de type peut être le bon choix.

Norme Soudage Canadienne

Le calcul du CE au Canada, indiqué dans la formule ci-dessous, ajoute une exigence supplémentaire. La valeur CE comprend une contribution de 5 fois la concentration en bore. Les teneurs en bore dans l'acier sont généralement inférieures à 5 ppm (0,0005%), inférieures à la limite de détection (LOD) des analyseurs SEO à étincelles mobiles. En fait, pour les Z-200 C et C+, nous estimons la limite de détection pour le bore à environ 80 ppm (0,008%).

$$CE (CAN) = \%C + F * [\%Mn/6 + \%Si/24 + \%Cu/15 + \%Ni/20 + (\%Cr + \%Mo + \%V + \%Nb)/5 + 5 * \%B]$$

Pour le calcul du CE canadien, le Z utilise l'approche suivante. À condition que le bore ne soit pas détecté, une valeur maximale de 0,008% B est utilisée pour le calcul du CE, puisqu'il s'agit de notre LOD estimée. Cette valeur est multipliée par 5, puis par le facteur de pondération F qui dépend de la concentration en carbone, ce qui fausse légèrement le CE mais de manière conservatrice.

Le Tableau 3 montre les résultats CE pour les aciers testés en utilisant la formulation AWS, la formulation canadienne avec du bore réglé à 10 ppm (0,00010%), et la formulation canadienne avec B réglé à notre valeur LOD de 80 ppm (0,008%). Nous étudions des milliers de tests OES sur des aciers de pipeline au Canada et n'avons pas encore trouvé un résultat de bore supérieur à 10 ppm. Par conséquent, les résultats pour les valeurs canadiennes de la CE en utilisant 10 ppm et 80 ppm permettent une bonne comparaison. Comme l'indique le tableau 3, l'impact sur le CE est minime. L'utilisation de 80 ppm pour le bore gonfle généralement la valeur CE d'environ 0,03 pour une gamme d'aciers au carbone. Notre recommandation est donc de prendre des décisions de soudabilité sur notre valeur de CE, à moins que le CE se situe à moins de 0,03 d'un seuil de soudabilité tel que ceux présentés dans le **Tableau 2**.

Conclusion

Le SciAps Z a démontré sa capacité à mesurer des carbones équivalents, ainsi que la teneur en carbone dans les aciers faiblement alliés. Le Z-200 C et C+ sont les seuls analyseurs portables au monde capables de mesurer le carbone. La méthode d'analyse du carbone, qui consiste généralement en deux à trois essais plus un pré-tir, applique la même moyenne aux autres éléments d'alliage et donne la précision requise pour produire une valeur CE significative. La soudabilité peut être déterminée par la mesure LIBS basée sur des critères publiés. Il est démontré que le calcul de soudabilité est accepté avec les formules IIW (Dearden et O'Neill) et AWS.

Tableau 3 Comparaison valeurs CE AWS et Normes Canadiennes

Alliage	CE - AWS	CE-CAN (B=80 ppm)	CE-CAN (B=10 ppm)	Δ
X-45	0.36	0.33	0.30	0.03
1018	0.36	0.41	0.38	0.04
1030	0.54	0.60	0.56	0.04
X-45 Type Cal	0.37	0.40	0.36	0.04
A36 Type Cal	0.33	0.37	0.33	0.04

Tableau 1

Echant.	C.E.	C (%)	Cr (%)	Cu (%)	Ni (%)	Si (%)	V (%)	Mn (%)	Mo (%)	Nb (%)
X45										
Moy	0.359	0.107	0.014	<0.02	0.054	0.205	0.047	1.480	<0.01	0.024
Stdev	0.009	0.008	0.002		0.008	0.015	0.001	0.046		0.005
RSD	2.6%	7.2%	14.7%		14.7%	7.2%	3.1%	3.1%		18.5%
1018										
Moy	0.364	0.180	0.121	0.226	0.129	0.255	0.010	0.840		< 0.015
Stdev	0.012	0.012	0.001	0.005	0.003	0.011	0.001	0.009		
RSD	3.2%	6.9%	1.0%	2.2%	2.5%	4.2%	8.3%	1.1%		
1030										
Moy	0.540	0.333	0.203	0.207	0.140	0.241	0.049	0.834		< 0.015
Stdev	0.023	0.024	0.004	0.004	0.008	0.021	0.002	0.041		
RSD	4.3%	7.2%	1.8%	1.8%	5.8%	8.5%	3.7%	4.9%		
A36 TypeCal										
Moy	0.370	0.165	0.142	0.290	0.147	0.234	0.017	0.819	0.038	< 0.015
Stdev	0.010	0.010	0.002	0.007	0.008	0.015	0.002	0.016	0.002	
RSD	2.8%	6.1%	1.2%	2.6%	5.6%	6.4%	9.7%	2.0%	4.9%	
X45 TypeCal										
Moy	0.329	0.091	0.013	0.007	0.020	0.214	0.038	1.411	< 0.01	< 0.015
Stdev	0.015	0.007	0.001	0.001	0.003	0.014	0.001	0.060		
RSD	4.5%	7.7%	6.7%	8.0%	17.3%	6.4%	2.9%	4.3%		

Tableau 2 Classification publiée Soudabilité selon le Carbone Equivalent

Equiv. Carbone #	Soudabilité
0 - 0.35	Excellente
0.36 - 0.40	Très Bonne
0.41 - 0.45	Bonne
0.46 - 0.50	Moyenne
> 0.50	Faible



www.quantum-rx.com
info@quantum-rx.com
+33 1 60 12 26 94