

Propriétés microstructurales et mécaniques d'un assemblage WC-W-3Fe /WC-Co obtenu par brasage

CHENITI Billel, YAHMI Youcef, BOUTAGHOU Zoheir
Welding and NDT Research Center -CSC
PB 64 - Cheraga, Algérie
b.cheniti@csc.dz

MIROUD Djamel, DAOUD Ismail, BOUZEGZI Nouredine,
BOUCHAFAA Hamida
Département De Sciences Des Matériaux
Laboratoire de Sciences et Génie des Matériaux, Faculté de
Génie Mécanique et Génie des Procédés –USTHB
BP32 – 16111 El Alia, Bab Ezzouar Alger Algérie

Résumé : Dans les outils de forage, l'assemblage du cermet WC-Co de taillant en PDC avec le consolidé de multi-matériau WC-W-3Fe obtenu par infiltration non conventionnelle est réalisé par brasage en utilisant un alliage d'apport (MA) à base d'argent. Une diffusion à faible échelle de l'Ag et du Co sur l'interface (MA)/WC-Co est mise en évidence. La caractérisation microstructurale du joint assemblé est effectuée à l'aide de la microscopie électronique à balayage couplée à l'EDS donnant une idée sur la distribution des constituants le long du joint, tandis que l'évolution des propriétés mécaniques est évaluée à l'aide d'un profil de micro-dureté HV0.3.

Mots clés : Brasage, Cermet, Infiltration, multi-matériau, interface.

INTRODUCTION

Dans le domaine pétrolier, la maîtrise des opérations de forage est primordiale, elle impose des outils plus performants face aux conditions sévères de son domaine de fonctionnement, cependant, le choix des matériaux de l'outil de forage est important, d'où l'emploi des carbures cimentés comme le WC-Co ou le Co joue le rôle d'un ciment qui présentent une grande dureté (à haute température), une bonne ténacité et résistance à l'usure et à l'érosion [1], pour cette raison les carbures cimentés sont les mieux adaptés pour les outils de coupe et les outils de forage [2,3].

Nous trouvons en particulier dans le cas des outils de forage, les outils diamantés en PDC (Polycrystalline Diamond Compact) qui sont assemblés avec le corps de l'outil (monobloc) par brasage. Ce corps est souvent réalisé par le procédé non conventionnel d'infiltration spontanée qui sous l'effet des forces capillaires, le métal liquide (alliage à base Cu-Sn) est introduit pour remplir le système de pores interconnectés des mélanges de poudres libres de W-Ni-Fe et/ou WC-Ni [4]. Dans le but d'élargir son utilisation, Chain et al ont assemblé les carbures de tungstène avec l'acier en utilisant un alliage à base de Cu ou à base d'Ag, [5], ou les propriétés mécaniques du joint ont été satisfaisantes point de vue industriel en utilisant le Cu ou l'Ag [6].

Dans notre étude, nous avons brasé le cermet (WC-Co) de taillant en PDC avec un composite de carbure de tungstène, utilisé dans la fabrication des monoblocs des outils de forage la P1 (W-WC-3Fe) cela, en utilisant un alliage d'apport (MA) à base d'Ag (Ag₂₁Zn₁₆Cu₈Mn₅Ni). Nous avons mis l'accent sur les caractéristiques du consolidé P1 élaboré par infiltration non conventionnelle, ainsi que sur le cermet (WC-Co), De plus nous avons suivi l'évolution microstructurale et mécanique des interfaces formées après brasage entre le MA et le consolidé P1 et entre le MA et le cermet respectivement.

PROCEDURE EXPERIMENTALE

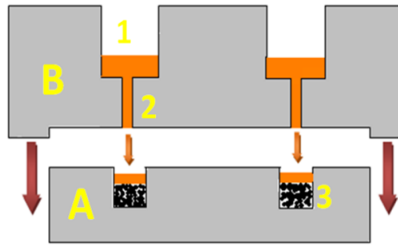
- Matériaux de base : Cermet WC-Co et le Consolidé P1 (WC-W-3Fe).

Le carbure de tungstène cimenté (WC-3%Co) est utilisé sous forme de pastille de 13 mm de diamètre et de 10mm d'épaisseur, il est obtenu par métallurgie des poudres précisément par frittage en phase liquide d'une poudre de WC de taille de 1 à 3 μ m avec le Co comme ciment. Concernant le consolidé P1, il est élaboré par infiltration spontanée d'un mélange de poudres libres WC, W et 3% de Fe, par un liant à base du bronze allié (Cu-6Sn-9Ni). (Tableau 1)

TABLE 1. COMPOSITION CHIMIQUE DU LIANT D'INFILTRATION

Elément	Cu	Ni	Sn	Mn	Fe	Mo	Si
% Pds	balance	9.75	6.26	5.15	1.30	1.19	0.60

Le consolidé P1 est élaboré dans un moule en graphite constitué de deux parties (Figure 1), dans la partie inférieure on met le mélange des poudre (WC-W-3%Fe) et on remplit la partie supérieure du moule par le liant (Cu-6Sn-9Ni) en rajoutant du flux (borax) pour diminuer le taux d'impuretés et pour améliorer la mouillabilité, puis on introduit le tout dans un four en suivant le cycle de traitement suivant : un chauffage à 1180°C suivi d'un maintien pendant 35 mn enfin un refroidissement à l'air.



A)- Moule en graphite, B)- Réservoir des granulés du liant,
1)- Compartiment contenant le flux et le liant. 2)- Canal
d'attaque. 3)- Cavité contenant les mélanges de poudres
libres

Figure 1 : Schéma montrant le moule d'élaboration de consolidé P1

- Assemblage de WC-Co /Wc-W-3Fe

Une fois le P1 est élaboré nous l'avons découpé afin de le brasé avec le cermet WC-Co (Figure 2) en utilisant un alliage d'apport (MA) à base de zinc (Tableau 2), la température lors de brasage est au voisinage de 650°C

TABEAU 2. COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ALLIAGE D'APPORT (MA)

Éléments	Ag	Zn	Cu	Ni	Mn	C
%Pds	44.39	21.52	15.84	6.11	8.02	4.12

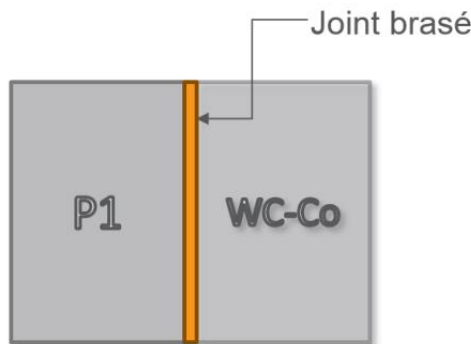


Figure 2. Schéma démonstratif du joint brasé entre le consolidé et le cermet.

RESULTATS ET DISCUTIONS

L'observation par microscopie électronique du consolidés P1 (figure 3) semble confirmer une infiltration satisfaisante de liant (Cu6%Sn9%Ni), ce dernier qui a une structure dendritique causée par l'échange thermique permettant d'atteindre des

cinétiques de refroidissement importantes, cela, après un temps de maintien de 35 min [7], avec une bonne répartition des carbures de tungstène WC (aspect irrégulier). Par ailleurs, nous observons particulièrement une dissolution partielle du fer de forme granula-sphérique, entouré par les particules réfractaires. D'après l'analyse EDS, les conditions d'infiltration (température, temps) semblent favoriser une décarburation des particules de WC. Nous avons noté aussi, la présence de porosités résiduelles plus marquées en bas du consolidé.

L'interface séparant le consolidé P1 à l'alliage d'apport (MA) est illustrée dans la Figure 4. Nous remarquons que le MA a une microstructure fine à contraste différent avec une zone sombre riche en zinc et une zone claire riche en argent, par ailleurs, l'analyse EDS donnant le profil de distribution des éléments illustrée sur la Figure 4, montre la présence des éléments de MA à l'intérieur du consolidé comme le Zn et l'Ag, l'arrivée de ces éléments à se diffuser dans le P1 est due au taux de porosité qui forme des pistes permettant et facilitant leur diffusion. Quant aux autres éléments comme le Cu, et le Ni leur distribution est homogène sur toute l'interface.

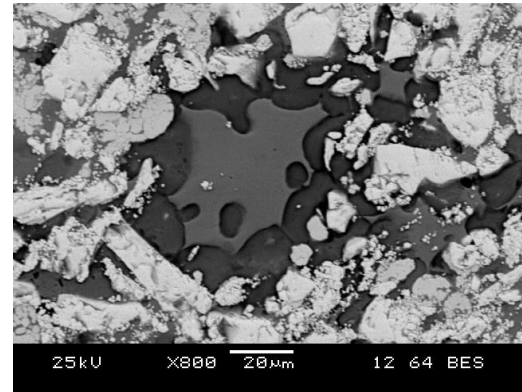


Figure 3. Micrographie établie par MEB illustre l'aspect du consolidé P1

Concernant l'interface MA/WC-Co (Figure 5), les résultats de l'analyse EDS sont regroupés dans le tableau 3, ils nous ont permis de révéler une diffusion à faible échelle du Co dans l'alliage d'apport, de plus, on a une diminution de la concentration du C en s'éloignant de l'interface vers la brasure qui semble indiquée une décarburation du cermet WC-Co favorisée par les conditions de brasage (température qui voisine 650°C).

Le profil de la micro-dureté de l'interface P1/MA/Cermet (WC-Co) est illustré dans la Figure 6, nous pouvons constater en haut du consolidé, l'évolution de la microstructure est croissante le long de joint brasé elle varie de 160 HV0.3 jusqu'à 230 HV0.3 au voisinage du cermet, puis elle se stabilise à une valeur de 1600 HV0.3 qui est la dureté du cermet

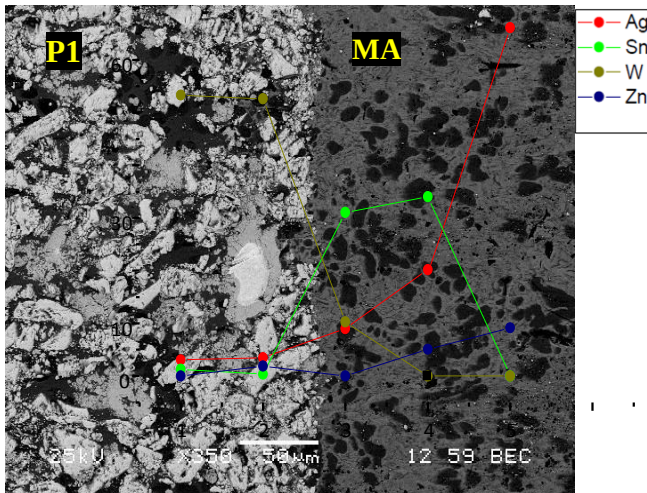


Figure 4. L'interface entre le consolidé P1 et l'alliage d'apport MA avec le profil de distribution des éléments établi par l'analyse ponctuelle EDS.

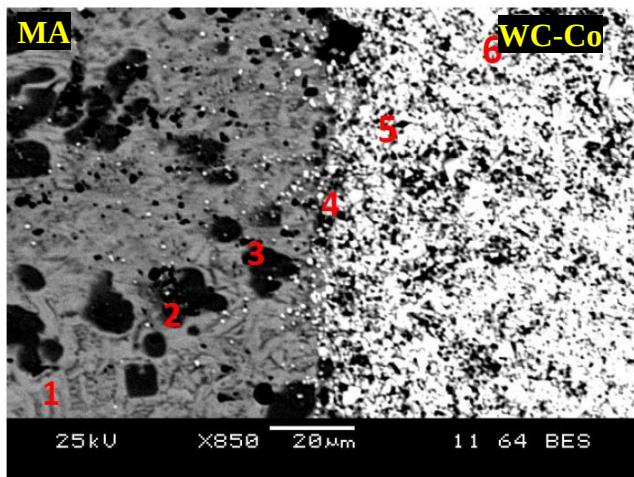


Figure 5. Micrographie en électrons rétrodiffusés et cartographie établie par EDS des principaux éléments présents dans la zone d'interaction de l'alliage d'apport MA ($\text{Ag}_{21}\text{Zn}_{16}\text{Cu}_{8}\text{Mn}_{5}\text{Ni}$) avec le cermet (WC-Co) après brasage

Les deux autres profils, de milieu et de bas du consolidé ont une allure variable, ils décroissent en allant de P1 vers MA, puis ils suivent une allure ascendante de MA jusqu'au cermet (WC-Co). Nous constatons que malgré la légère diffusion des éléments entre le MA et le cermet mise en évidence par l'analyse EDS, les mesures de la micro-dureté n'indiquent la présence d'aucune zone intermédiaire,

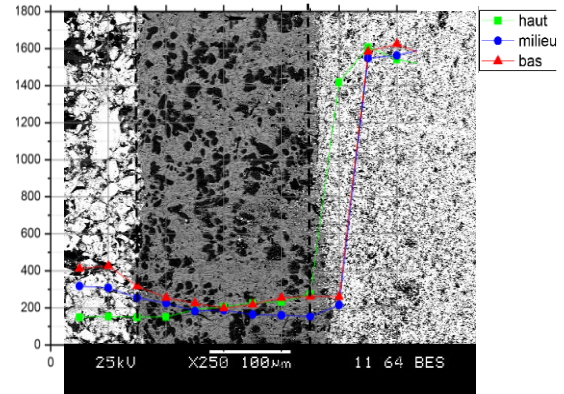


Figure 6. Profile de la micro-dureté HV0.3 sur le haut le milieu et le bas de l'interface brasé P1/MA/WC-Co

TABLEAU 3. ANALYSE PONCTUELLE PAR EDS DE L'INTERFACE BRASE ALLIAGE D'APPORT (MA)/CERMET WC-Co.

Zones	%Pds						
	C	Zn	Cu	W	Co	Ag	Ni
1	--	16.48	08.89	--	--	57.75	00.71
2	--	22.15	18.24	--	--	41.22	08.57
3	--	22.34	15.20	--	--	54.45	--
4	06.23	11.97	09.05	29.00	01.35	23.93	03.28
5	08.25	--	--	75.21	02.74	--	--
6	--	--	--	95.43	04.57	--	--

CONCLUSION

Dans cette étude nous avons assemblé par brasage un multi-matériau obtenu par le procédé d'infiltration non conventionnel d'une poudre de WC-W-3%Fe infiltrée par un bronze allié au Ni avec un cermet (WC-Co), en utilisant un alliage d'apport à base d'Ag. Nous constatons que l'inter-diffusion entre le liant liquide et l'élément de transition (le fer) favorise l'apparition de plusieurs configurations lors de solidification entre les particules réfractaires ce qui complique les mécanismes intervenant dans les interactions des différentes phases du consolidé P1. De plus d'après les analyses établies par EDS sur les interfaces cermet (WC-Co)/MA et P1/MA, nous avons pu mettre en évidence l'inter-diffusion des éléments de MA vers le P1 comme l'Ag et le Zn et une diffusion à faible échelle de Co de cermet (WC-Co) vers le MA. Par ailleurs et malgré cette inter-diffusion, nous n'avons pas remarqué la présence d'aucune zone intermédiaire entre le MA et le cermet.

REFERENCES

- [1] Guo J, Fang ZZ, Fan P, Wang X. Kinetics of the formation of metal binder gradient in WC-Co by carbon diffusion induced liquid migration. Acta Mater 2011;59:4719–31.



- [2] Wu Z, Deng JX, Xing YQ, Cheng HW, Zhao J. Effect of surface texturing on friction properties of WC/Co cemented carbide. Mater Des 2012;41:142–9.
- [3] Xu PQ. Dissimilar welding of WC–Co cemented carbide to Ni₄₂Fe_{50.9}C_{0.6}- Mn_{3.5}Nb₃ invar alloy by laser–tungsten inert gas hybrid welding. Mater Des 2011;32:229–37.
- [4] F. GRONDIN, Les Outils de Forage, SONATRACH, p 6-7, 16-18, Janvier 2004.
- [5] Chen HS, Feng KQ, Wei SF, Xiong J, Guo ZX, Wang H. Microstructure and properties of WC–Co/3Cr13 joints brazed using Ni electroplated interlayer. Int J Refract Met Hard Mater 2012;33:70–4.
- [6] Hugossona HW, Engqvist H. The connection between the electronic structure and the properties of binderless tungsten carbides. Int J Refract Met Hard Mater 2003;21:55–61.
- [7] D. Miroud: Etude du frittage en phase liquide de mélanges multi-constitués W/WC-Ni, par le procédé d'infiltration du liant Cu-9Ni-6Sn-5Mn.. Thèse de doctorat USTHB Alger 2007.