Structure et propriétés de la matrice des composites WC-W-Ni-Cu-Zn-Si renforcés avec des diamants synthétiques

H. Colan, V. Constantinescu, R. Orban

► To cite this version:

H. Colan, V. Constantinescu, R. Orban. Structure et propriétés de la matrice des composites WC-W-Ni-Cu-Zn-Si renforcés avec des diamants synthétiques. Journal de Physique IV Proceedings, 1993, 03 (C7), pp.C7-1805-C7-1810. 10.1051/jp4:19937286 . jpa-00251928

HAL Id: jpa-00251928

<https://hal.science/jpa-00251928>

Submitted on 1 Jan 1993

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Structure et propriétés de la matrice des composites WC-W-Ni-Cu-Zn-Si renforcés avec des diamants synthétiques

H. COLAN, V. CONSTANTINESCU et R. ORBAN

Université Technique de Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Romania

- Abstract -

Although seems very attractive for economical reasons, the natural by synthectic diamonds replacement in the metal-diamond composites elaboration comes up against theirs less thermochemical stability. In order to avoid the possible reinforcement degradation and poor matrix-to-reinforcement bonding resulting from extensive interfacial reactions, processing temperatures below of about 1050°C are required. On effect, the Cu-Sn-Ni binding alloys utilised in the metal-natural diamond composites elaboration by consecrated method - sintering by infiltration of loose mixture of powders, having processing temperatures of about 1150-1225°C, becomes unsuitable.

The author's investigations have found as adequate for this purpose certain Cu-Zn-Si alloys (65..70)-(25..30)-(2.5..3.5)% having the liquidus temperatures 851..870°C, as well as a good wettability of solids. Also, certain WC-W-Ni (30..90)-(0..40)-(3..16)% mixtures of powders were found as appropriates. Solving Ni and, partial, both W and WC, the above mentioned infiltrating alloys act as a liquid phase and make possible the sintering process at temperatures of about 1025°C, leading to a good mechanical encapsulation of diamond grains, a fine structure of metal matrix and, consequently, to mechanical properties of the matrix comparable with those obtained with Cu-Sn-Ni binding alloys at the processing temperatures upper with about 200°C.

Pour la fabrication des outils à diamants, en utilisant la méthode du frittage par infiltration des mélanges de poudres librement versés, **l'alliage d'infiltration** - le liant - forme avec les composants du mélange de poudres la matrice métallique complexe destinée au sertissage des principaux éléments actifs des outils - les granules de diamant - ainsi qu'à la prise des sollicitations mécaniques, thermiques, de corrosion et érosion pendant le fonctionnement.

A part la fluidité, le liant fondu doit avoir une capacité élevée d'humectage des granules de poudre, tandis que les propriétés

mécaniques, la résistance à l'usure abrasive et d'érosion, la conductivité thermique nécessaire pour la dissipation de la chaleur dégagée dans la zone des diamants doivent être aussi grands que possible.

La température liquidus du liant et par conséquent la température d'infiltration doivent être les plus basses que possible afin que les diamants naturels et surtout ceux synthétiques ne soient pas affectés qualitativement ou dégradés. En utilisant des liants avec la température d'infiltration au-dessus de 1100°C, l'intégrité physique des granules de diamant est affectée par grafitisation à la surface ou même intérieure, fissuration, pertes de masse, modifications granulométriques etc.

Tableau 1. Composition des liants (%)

Liant	Cu	Sn	Zn	Ni	Si	Fe-Mo (60%Mo)	Fe-Mn (85%Mn)
L ₁	79	14	-	-	1	3	3
L ₂	75	6	-	10	1	2	5
L ₃	62	7	-	22	1	2	5
E	67	-	30	-	3	-	-
F	71,5	-	25	-	3,5	-	-
G	70,5	1,5	25	-	3	-	-
H	70	1	24	-	3	2	-
I	69	1	26	-	2,5	1	0,5

La composition des liants réalisée par suite des recherches et fabriqués à Diarom - Bucarest est présentée dans le tableau 1. En utilisant des liants Cu-Sn-Ni-(Mn-Si-Mo-Fe) - des bronzes complexes à étain, les températures d'infiltration sont au-

Tableau 2. Intervalle de solidification et température d'infiltration des liants (°C)

Liant	t _{liquidus}	t _{solidus}	t _{infiltration}
L ₁	892	773	1150
L ₂	1025	925	1180
L ₃	1046	869	1215
E	851	833	1000-1050
F	870	841	1000-1050

dessus de 1150 °C (tab.2); les liants E,F,G,H,I - des laitons à silicium ou complexes Cu-Zn-Si-(Mo-Sn-Mn-Fe)-ont les températures liquidus beaucoup plus réduites, un intervalle de solidification réduit et une bonne fluidité. La température d'infiltration baisse à 1000 - 1050°C.

Les caractéristiques mécaniques sont très rapprochées de celles des liants L (bronzes); la résistance à la traction et à l'usure sont plus élevées (tab.3).

Tableau 3. Propriétés mécaniques des liants

Liant	R_m MPa	R_{comp} MPa	$R_{flex.}$ MPa	E MPa	K J/cm ²	HRB	RUA J/mm ³
L_1	250-270	1030-1080	530-560	108000	22-37	87-91	870
E	440-460	1020-1080	590-610	108000	20-23	88-91	920
F	330-380	1000-1050	590-620	104000	27-36	93-97	940

La microstructure des laitons E (équivalent de Zn 47%) et F (équivalent de Zn 45,6 %) est $\alpha+\beta'$ y compris aussi l'eutectoïde $\alpha+\tau$ du système Cu-Si. Dans les alliages Cu-Zn-Si, le zinc déplace à

Fig.1 Liants a - E ; b - H 200:1

gauche les lignes du diagramme Cu-Si, en diminuant la solubilité du silicium dans le cuivre et le contenu en silicium de l'eutectoïde. De telle sorte que celui-ci est possible d'apparaître dans la structure au bas contenus de silicium, les alliages se maintenant dans le système Cu-Si. Ainsi, leur structure sera α , eutectoïde $\alpha+\tau$ ($CuSiZn$) et β' ($CuZnSi$) (fig.1).

Le silicium agit comme désoxydant, réduit l'intervalle de solidification du laiton, améliore la fluidité et la contraction. Il est limité à 3-4 % pour éviter l'apparition de la phase τ (Cu_3Si) libre, fragile, au joints des grains.

Le fer, le manganèse et le molybdène améliorent les propriétés mécaniques grâce à une structure plus fine (centres supplémentaires de cristallisation, séparations secondaires de $FeZn_7$ dans les phases β' et α). Le manganèse réduit aussi la solubilité du silicium dans le cuivre, huit fois plus fort que le zinc.

Le mélange de poudres doit comprendre des éléments qui forment des solutions solides avec le liant ou des nouveaux constituants qui améliorent les propriétés. De plus, pour l'alliage - matrice il est

Tableau 4. Composition des mélanges des poudres (%)

Mélange	WC	W	Ni	Autres
A ₁	83	-	17	
A ₂	84	-	16	
A ₃	92	-	8	
A ₄	55	40	5	1,5 flux
A ₅	72	21,5	5	1,5 flux
A ₆	29	67	2,5	
A ₇	89	5	6	15 Cu
A ₈	-	80	5	
A ₉	-	86	14	

nécessaire une capacité d'humectage des granules de diamant. Les mélanges de poudre ont été WC-Ni, WC-W-Ni et W-Ni-(Cu) (tab.4), la température d'infiltration 1050 C, les propriétés mécaniques des

Tableau 5. Propriétés mécaniques des matrices

Matrice	R _{flex} * MPa	R _{comp} * MPa	HRC	RUA J/mm ³
A ₁ , E	520-590	980-1020	38-43	7870
A ₁ , L ₃	540-600	1150-1300	35-46	7480-8260
A ₃ , F	340-430	850- 880	41-46	6210
A ₃ , L ₃	520-620	1200-1300	42-50	6090-6740
A ₄ , E	500-570	790- 900	32-42	3980
A ₄ , F	460-510	830-1000	36-42	4050
A ₄ , L ₁	480-520	800- 880	26-41	3740-4130
A ₅ , E	280-320	790- 880	34-40	4190
A ₅ , F	450-540	880- 930	35-44	4310
A ₅ , L ₁	300-380	1000-1100	32-45	4000-4530
A ₈ , F	510-550	600- 640	22-27	-
A ₈ , L ₁	500-550	650- 700	16-22 (28)	-

matrices obtenues en étant appropriées (tab.5). Ont été fabriqués des outils de forage à performances comparables à celles obtenues avec des liants Cu-Sn-Ni et après le dessertissage on a constaté une intégrité sensiblement meilleure des diamants récupérés.

Ont été effectuées des sections métallographiques longitudinales dans les échantillons cylindriques infiltrés (matrices) dans la troisième partie extérieure du rayon, à trois endroits sur la hauteur du cylindre: supérieur, moyen, inférieur pour mettre en évidence les eventuelles non-remplissages ou porosités et ségrégations. Attaque chimique à clorure ferrique.

Par l'infiltration et la réalisation de la matrice, la dissolution du nickel dans l'alliage Cu-Zn-Si donne naissance à une solution solide complexe, avec la présence de la phase Ni₂Si, la solubilité

de laquelle varie fortement avec la température (possibilité de durcissement par précipitation, en augmentant la résistance à l'usure). Le nickel améliore les propriétés mécaniques: augmente la dureté de la phase α (un peu) et de la phase β' (beaucoup).

Tableau 6. La structure des matrices

Mélange de poudres	Matrice	Microstructure
WC-Ni	$(A_1, A_2, A_3) - (E, F)$	$WC + \alpha + \text{eutectoïde}(\alpha + \tau) + \beta'$
WC-W-Ni	$(A_4, A_5, A_6, A_7) - (E, F)$ $(A_4, A_5, A_6) - (G, H, I)$	$WC + W + \alpha + \text{eutectoïde}(\alpha + \tau) + \beta'$ Idem. Eutectoïde très fin (H) et fin (I) dû au FeMo
W-Ni-(Cu)	$(A_8, A_9) - (E, F)$	$W + \alpha + \text{eutectoïde}(\alpha + \tau) + \beta'$

La structure des matrices est présentée dans le tableau 6 et les figures 2 et 3. On peut observer que l'eutectoïd le plus fin qui lie les grains de WC et W est obtenu avec des liants G, H, I (surtout H), alliages Cu-Zn-Si complexes, grâce à la présence du fer et du molybdène.

Fig.2 Matrices a - A_1E ; b - A_1F ; c - A_7E ; d - A_7F ; e - A_8E ; f - A_8F 200:1

Certaines porosités apparaissent dans les matrices utilisant les mélanges A_1 , A_3 à WC (remplissage incomplet); pour les mélanges à WC et W le phénomène ne se rencontre pas souvent et pour ceux à W (sans WC) les pores n'apparaissent pas.

Fig.3 Matrices a - A_4E ; b - A_4F ; c - A_4G ; d - A_4H ; e - A_4I 200:1

Ont été élaborés aussi des étalons pour l'analyse chimique rapide par fluorescence des rayons X des liants, de la matrice et des matières premières métalliques nécessaires à la fabrication des outils de forage à diamants.

BIBLIOGRAPHIE

1.H.Colan, V.Constantinescu, R.Orban. Cercetări asupra structurii și proprietăților aliajelor Cu-Zn-Si utilizate ca lianți pentru sinterizarea prin infiltrare a materialelor compozite cu diamante sintetice. A III-a Conferință națională de metalurgia pulberilor. Cluj-Napoca 1988. Vol.I, p.171-177.

2.H.Colan, V.Constantinescu, R.Orban Materiale compozite WC-W-Ni-Cu-Zn-Si pentru scule cu rezistență ridicată la uzare. A III-a Conferință națională de metalurgia pulberilor. Cluj-Napoca 1988, Vol.I. p.165-170.