

Mathieu DUTTO - 14 septembre 2017 à 10h en amphi F1 à Mines Saint-Etienne.

La présentation sera en anglais, et aura lieu devant le jury composé de :

Bernard Frédéric, Professeur, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne, Rapporteur

Maitre Alexandre, Professeur, SPCTS-Centre Européen de la Céramique, Rapporteur

Lepetitcorps Yann, Professeur, Thermostructural Composites Laboratory CEA - SNECMA – CNRS, Examineur

Frage Nachum, Professeur, Ben Gurion University, Examineur

Goeuriot Dominique, Directrice de recherche, Mines Saint-Etienne, Directrice de thèse

Hayun Shmuel, Professeur, Ben Gurion University, Co-directeur de thèse

Marinel Sylvain, Professeur, CRISMAT, Co-directeur de thèse

Saunier Sébastien, Maître de conférences, Co-encadrant

Barthélemy François, DGA/DT/DGA TT/SDT/AM, Invité

Mots clefs : Micro-onde, Reaction bonding, Carbure de bore, Carbure de silicium, haute dureté

Résumé :

De nombreuses études ont montré la faisabilité de la fabrication de pièces composites en carbure de bore et de silicium par l'infiltration de silicium fondu dans une préforme poreuse en carbure de bore (Reaction bonding). Cette méthode permet l'obtention d'un composite fortement chargé en carbure de bore (phase qui nous intéresse pour les applications balistiques), sans pour autant avoir besoin de monter à des températures de frittage de plus de 2200°C (température habituellement utilisée pour fritter le B4C). Dans notre cas la température maximale est comprise entre 1400-1600°C. Cette thèse s'intéresse plus particulièrement à l'adaptation du procédé de « reaction bonding » au chauffage sous champ micro-ondes. Les micro-ondes sont particulièrement intéressantes en ce qui concerne la rapidité du cycle thermique et le chauffage préférentiel de certaines phases (dans le cas des multi-matériaux). Pour ce faire, plusieurs verrous technologiques ont dû être levés (travail sous atmosphère et sous champs électromagnétiques, température élevée, ...). Les composites obtenus sont comparés à leurs équivalents en chauffage conventionnel. Des différences microstructurales ont été observées au niveau du SiC formé lors de la réaction. Cette thèse nous a donc permis de :

-trouver des conditions de fabrication de pièces en carbure de bore par chauffage micro-ondes (Argon/Hydrogéné10%, légère surpression : 1.4 bars)

-montrer que les propriétés mécaniques (dureté, module d'Young,...) obtenues en four micro-ondes sont équivalentes à celles obtenus en four conventionnel (dureté : 14-20GPa)

-montrer d'importantes différences microstructurales du carbure de silicium formé, entre les échantillons obtenus sous vide (four conventionnel) et ceux obtenus sous atmosphère contrôlée (micro-ondes et four conventionnel).

-montrer que le passage à des plus grandes tailles est possible, il est même plus simple d'infiltrer de grandes pièces que de petites à cause de l'effet de la masse sur la réponse du matériau aux champs électromagnétiques des micro-ondes.

Ces résultats sont très prometteurs pour des applications balistiques : fabrication de gilets pare-balles et blindages légers.

Keywords: Microwave, Reaction bonding, Boron carbide, Silicon carbide, high hardness

Abstract:

Many studies showed the feasibility of the silicon and boron carbide composite fabrication, by the molten silicon's infiltration in a porous preform made in boron carbide (Reaction Bonding). The composite obtained by this method is highly charged in boron carbide phase (which is the interesting phase for ballistic application). No very high temperature (2200°C) and high pressure (30-40MPa) are requested. In our case, the maximum temperature is between 1400 and 1600°C. The main goal of this thesis is the adaptation of the reaction bonding methods to the heating under microwaves field. Microwaves sintering showed interesting result in terms of, rapidity and heating preferences of certain phase (in the case of multi-materials). For doing that, many technological lock had to be removed (working in controlled atmosphere and under microwave field, high temperature ...). Composites obtained are compared to the ones obtained with conventional heating methods. Some microstructural differences were observed in formed SiC. This thesis allows:

- finding boron carbide composite piece fabrication condition in microwave cavity (Argon/Hydrogen10%, slight overpressure: 14bars)
- showing that mechanical properties (hardness, Young's modulus...) obtained in microwave furnace are the same than in conventional furnace (hardness: 14-20GPa).
- showing that formed SiC microstructural differences, between vacuum samples (four conventional) and ones obtained in hydrogenous argon (microwave).
- showing that it is possible to go through bigger piece (66mm of diameter). It is also easier because of the beneficial influence of the weight on the microwave coupling effect.

These results are promising for the ballistic applications: fabrication of bulletproof jacket and light armoring.