

出國報告（出國類別：參加國際研討會）

2016 年綠能製造與應用國際研討會
2016 International Symposium on Green
Manufacturing and Applications

服務機關：國防大學理工學院動力及系統工程系

姓名職稱：陳幼良 教授

派赴國家：印尼

出國期間：105/06/20~105/06/26

報告日期：105/07/01

摘要

本次參加之國際研討會為 2016 年綠能製造與應用國際研討會(2016 International Symposium on Green Manufacturing and Applications)，假印尼觀光勝地峇里島位於努沙杜瓦(Nusa Dua)的國際會議中心舉行。有來自 14 個國家約 450 名的大會邀請演講者、論文發表者及聽講者(包含學者教授、研究生、產業界研究人員)參與會議，研究領域十分廣泛，研討會領域包括綠能科技與技術、綠色製造、材料製程等最新研究和發展信息，提供各國專家學者間的技術交流平台。藉由這次會議提供不同區域學者及研究人員面對面的交流機會，將新的研究方法與應用經驗相互觀摩學習。會議的目的期望能對會議主題相關領域的最新科技知識交流有所貢獻。

本次會議投稿篇數為 450 餘篇，學術討論範圍計有：設計與製造、CAD、CAE、CAM、功能梯度材料(FGM)、合金/陶瓷、智能材料、製程研究、3D 列印技術、綠色能源生產等多項主軸，會議內容極為豐富。大會並於各領域邀請專題演講者，合計共 17 位。本研究團隊此行共發表兩篇論文：其一為口頭發表論文 ”Ballistic Performance Assessment of Al₂O₃/Ti Functionally Graded Material”，另一篇為海報論文 ”Analysis of Ballistic Performance on Varied Content of Alumina/Zirconia FGM”，此行除發表研究成果外，並觀摩各領域的研究成果吸取新知，經由與國外學者交流，可增廣見聞，有助於未來教學研究之精進。

目次

摘要.....	2
目次.....	3
目的.....	4
過程.....	4
心得及建議.....	7
附件一：發表論文簡報及海報.....	8
附件二：參與會議之相關照片.....	10

目的

- 1.赴印尼峇里島參加 2016 年綠能製造與應用國際研討會，發表研究成果。
- 2.與國際學者進行學術交流。
- 3.觀摩與會學者各項研究成果。

過程

此次研討會於 6 月 21 日至 6 月 25 日假印尼峇里島國際會議中心(Bali Nusa Dua Convention Center)舉行，為期 5 日，計有開幕式、大會演講、個別專題邀請演講、論文口頭發表、論文海報張貼、晚宴及閉幕式等事項。峇里島國際會議中心位於努沙杜瓦(Nusa Dua)，為一嶄新的建築，寬敞氣派，頗富當地特色。

6 月 21 日 1100-1700 時開始接受與會人員報到。6 月 22 日 0900 開始即有論文口頭發表以及專題演講，時至 1110-1140 為大會開幕式，由大會主席 Prof. Choon-Man Lee 和 Prof. Noordin Mohd Yusof 主持開幕，並邀請到來自首爾大學的 Prof. Mansoo Choi 進行大會演講，主題為“ Three Dimensional Nanostructures and Their Applications to Energy and Sensor Devices ”，內容概述三維奈米結構可提供創新的奈米元件諸如不同感測器、電子元件、新概念的太陽能及燃料電池能源裝置的平台。當日下午 1330 時由台灣科大機械工程系系主任陳炤彰教授應大會之邀發表“Eco-Diamond Lapping Process of Sapphire Wafers”，從會後的交談當中也了解到他和日、韓建立了研究合作模式。另外聆聽南韓 Nexcoms company 的 M. K Kim 博士發表“Research on the Improvement of Surface Roughness for FDM Technology”，陳述在這項研究中提出可以通過簡單的工藝製作具有良好的表面粗糙度的 FDM 結構的技術。1430 即由本研究團隊研究生巫孟樵口頭發表此次獲邀投稿內容“ Ballistic Performance Assessment of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}$ Functionally Graded Material ”。由於功能梯度材料(Functionally Graded Material, FGM) 在材料的結構、成分或性能上沿著厚度方向呈連續變化而具有特殊優異的性能，本研究利用粉末冶金法 (Powder Metallurgy)製備氧化鋁 (Al_2O_3)及鈦金屬(Ti)的功能梯度材料，以彈道實驗及有限元素模擬方式評估其抗彈性能，並和以傳統方式製造之陶瓷搭配金屬的複合材料(ceramic/metal composite, CMC)以及單層 Al_2O_3 陶瓷板做比較，由彈道測試結果發現經撞

擊後 FGM 的碎片較 CMC 來得小，且 FGM 的碎片仍維持層間接觸面的完整，CMC 則有脫層現象發生。由計算可得 FGM 吸收能量較 CMC 多約 9 %，並降低 4 % 之重量，且更比 Al_2O_3 多吸收約 20 % 的能量，Ls-Dyna 有限元素模擬軟體進行數值模擬分析及驗證，經由模擬觀察彈頭貫穿個別結構的速度歷程以及應力傳遞過程，此次發表歷時 15 分鐘，發表結束後並和在場人員相互交流。

6 月 23 日開始海報發表行程，由研究生黃欽裕海報張貼發表 "Analysis of Ballistic Performance on Varied Content of Alumina/Zirconia FGM"，本研究設計 4-layered $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ FGM，計有 $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 5, 10, 15\%)\text{ZrO}_2$ FGM、 $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 10, 20, 30\%)\text{ZrO}_2$ FGM 和 $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 15, 30, 45\%)\text{ZrO}_2$ FGM，陶瓷試片為六角形，厚度為 11mm，燒結溫度為 1550 °C。背板為 6061-T6 鋁(200×200×1 mm)。彈道實驗採用 0.3" 穿甲彈，速度為 868±15 m/s。另使用 LS-DYNA 數值模擬軟體，分析 FGM 結構的應力傳遞和破壞模式。經實驗結果 $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 5, 10, 15\%)\text{ZrO}_2$ FGM 抗彈能為最佳，且經 SEM 觀察得 FGM 的結構受高速衝擊後，各層之間未造成脫層，可增加各層陶瓷對彈體的侵徹能力，藉由 XRD 得知氧化鋯發生相轉換(t→m)，提高陶瓷韌性，減緩裂痕成長，以提高 FGM 的抗彈性能。此外並觀摩了多篇感興趣的海報內容並和作者交流。

6 月 23 日大會舉辦正式晚宴並頒發優秀論文獎項，同時介紹該研討會的沿革與成果，晚宴包含了當地的特色食物並安排了印尼的傳統音樂與舞蹈表演，也邀請賓客同樂，歷時兩小時結束。從此次研討會議程及活動的安排可以看出主辦單位計畫的周詳與細心，也展現了地主的民族與地方特色。

印尼雖大多數人民信奉回教，但在峇里島卻以信仰印度教為大宗，到處可見印度教的寺廟與神祇雕像。會議期間適逢印度教年度的宗教紀念節日，到各寺廟祭祀祈福的老老少少，不絕於途，直到傍晚。參訪某些印度寺廟服裝上也有規定，必須穿上沙龍方得進入，也算是特別的經驗。

此行順道參訪海神廟 (Pura Luhur Tanah Lot)，該廟是印尼峇里島中西部海岸的一座寺廟，是峇里島六大寺廟之一，觀光客必來景點。廟宇位在塔巴南，距丹帕沙約 20 公里，蓋在一個經海水沖刷而形成的離岸大岩石上，在海水漲潮時，與其連接的通道會被淹沒，無法通行，必須等待退潮才能進入廟宇參觀，但現已不開放觀光客進入，只能在其周圍拍照並有專門人員從事祈福活動。海神廟原文 Tanah Lot 在峇里語意指「海中的陸地」，海神廟據說是由 15 世紀的一個神職人員 Danghyang Nirartha 所建立，他在南部遊覽時，因看到這邊有塊岩石

發出耀眼的光芒而決定在此休息。Nirartha 認為此地是個可祭拜海神的聖地，之後吩咐這些漁夫在岩石上蓋起這座廟。往後的幾世紀，海神廟成了峇里神話的一部分，據說在建造廟宇的時候，遇到了大風浪的侵襲，在岌岌可危之時，Nirartha 便解開身上繫的腰帶丟入海中，這個腰帶就變化成一條大海蛇保護廟宇不受侵襲。此外據說海神廟底座的海蝕洞裡會出現顏色黑白相間的海蛇守護此廟宇，防止惡靈和入侵者的騷擾。

此行亦參訪烏布皇宮，烏布王宮（Puri Saren）是蘇卡瓦堤（Sukawati）王室的居所，亦為烏布（Ubud）的地標，皇宮坐落在素有峇厘島藝術重鎮之稱的烏布市里，皇宮始建於 16 世紀，由著名的藝術家們一手設計，共有 60 間房，整座宮殿氣勢恢宏，特別是大門，宮殿內精緻細膩的手工雕刻和貴氣逼人的金箔裝飾，每年吸引著許多的藝術愛好者們慕名而來，此外下午七點半開始在宮殿裡還可以欣賞到許多精彩的極具峇厘島本土特色的傳統舞蹈表演，如迎賓舞、假面舞等，聆聽著清脆的音樂，攝人心魄，皇宮裡面居住著皇族的後裔。

庫塔區是峇里島開發比較早的區域，鄰近沙灘，觀光客經常流連的商店街充斥著各式各樣的當地特色商品與紀念品，吸引訪客駐足並搶賺觀光財。街上矗立了一塊紀念碑紀錄了 2008 年當地酒吧遭恐攻死亡的民眾姓名，吸引不少遊客拍照憑弔。

心得及建議

來自 14 個國家約 450 名學者教授、研究生、產業界研究人員參與本次假峇里島舉行的 2016 年綠能製造與應用國際研討會(2016 International Symposium on Green Manufacturing and Applications)，本研討會研究領域十分廣泛，包括綠能科技與技術、綠色製造、材料製程等最新研究和發展信息，提供各國專家學者間的技術交流平台。個人認為藉由這次會議可提供與會者觀摩其他領域的研究成果，並提供不同區域學者及研究人員面對面的交流機會，將新的研究方法與應用經驗相互交流，是很棒的經驗。也達到期望能對相關領域的最新科技知識交流有所貢獻的會議目的。

本次會議投稿篇數為 450 餘篇，學術討論範圍計有：設計與製造、CAD、CAE、CAM、功能梯度材料(FGM)、合金/陶瓷、智能材料、製程研究、3D 列印技術、綠色能源生產等多項主軸，會議內容極為豐富。我們研究團隊亦發表了兩篇和 FGM 應用有關的論文和大家分享，FGM 可應用於各種不同領域，為未來研究發展提供參考與依據。此行除發表研究成果、吸取新知外，經由與國外學者交流討論，獲益良多，有助於未來教學研究之精進。

此次研討會由韓國相關單位主辦，會議主題廣泛，議程安排緊湊，從此次研討會議程及活動的安排可以看出主辦單位計畫的周詳與細心，也展現了地主的民族與地方特色。以觀摩交流學習的態度參加此次國際研討會，一方面除磨練研究生於國際會議的發表經驗外，並能多了解與會學者在該領域的研究成果，增廣自己的見聞。看到國際間各學者最近的研究成果，不論對材料製程條件的分析、量測技術的精進、創意設計、乃至生醫領域的模擬分析等不一而足。個人認為應多鼓勵我國學者與研究人員參加類似之國際交流會議，讓從事科技研究人員拓展視野、得到更多的啟發，期能立足於競爭的世界舞台。同時，深感英文表達能力之重要性，此後亦當持續鼓勵研究生參加國際研討會，以培養其表達與溝通的能力。

此行接觸到許多他國留學生至韓國就讀研究所，經了解台灣的大學也競相爭取外國學生來台攻讀博碩士學位，畢竟研究人力是研究能量提升不可或缺的一環，民校如此，軍校亦然，研究人才的培育與發展是國家永續經營的基石。

附件一：發表論文簡報及海報



ISGMA 2016



Ballistic Performance Assessment of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}$ Functionally Graded Material

Yu-Liang Chen, Chuan-Cheng Chang, Meng-Chiao Wu,
and Wei-Lun Chen

Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University
Taiwan R.O.C.



P.V. S.E. 2016/6/28 Chung Cheng Institute of Technology, NDU Taiwan R.O.C. 1



Contents



- 1. Introduction
- 2. Materials selection and specimen processing
- 3. Ballistic test
- 4. LS-DYNA Numerical Simulation
- 5. Stress Wave Theory
- 6. Results and Discussion
- 7. Conclusion



P.V. S.E. 2016/6/28 Chung Cheng Institute of Technology, NDU Taiwan R.O.C. 2





Analysis of ballistic performance on varied content of alumina/zirconia FGM

C.Y.Huang¹, Y. L. Chen²

¹School of Defense Science, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, No.75, Shiyuan Rd., Daxi Dist., Taoyuan City 33551, Taiwan
²Dept. of Power Vehicle and Systems Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, No.75, Shiyuan Rd., Daxi Dist., Taoyuan City 33551, Taiwan



Abstract

In this study, four-layer FGM specimens with three different compositions, that is $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 5, 10, 15\%)\text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 10, 20, 30\%)\text{ZrO}_2$ and $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 15, 30, 45\%)\text{ZrO}_2$, were designed. The ceramic specimens were hexagons that are 60 mm long in all sides and 11 mm thick. The sintering temperature of those specimens was 1550 °C. Accordingly, 6061-T6 Al (200 mm × 200 mm × 1 mm) was used as backplane. The ballistic test showed that the $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 5, 10, 15\%)\text{ZrO}_2$ FGM had the best impact resistant performance. The microstructure investigation through SEM observation did not find delamination in the FGM interlayer after impact. Furthermore, the abrasion ability between the ceramic and the projectile may increase. The XRD analysis verified the phase transformation of ZrO_2 from the tetragonal phase to the monoclinic phase. This transition delayed crack growth and increased the material toughness, thereby promoting the impact resistance capability of FGMs.

Introduction

Functionally graded materials (FGMs) are new materials characterized by continuous and monotonic variation in elements (composition and structure) over thickness direction, which results in corresponding changes in material properties and functions. Tests have verified that the impact resistance performance of the FGM structure is superior to that of the ceramic/metal composite armor. Therefore, improvements on the impact resistance performance of materials introduced by a functionally graded design would definitely make FGM one of the future leading trends. Literature shows that many researchers have already applied the toughened ceramic composite and ceramic/metal FGM design to the impact resistance field using experiments and simulations. Therefore, the present research manufactures an FGM with different Al_2O_3 and ZrO_2 contents to analyze the impact resistance performance.

Ballistic test and simulation

This study used Al_2O_3 and 3mol% Y_2O_3 -stabilized zirconia (3YSZ) ceramics. The FGM impact-resistant specimens with various zirconia percentage contents included $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 5, 10, 15\%)\text{ZrO}_2$ FGM(5%FGM), $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 10, 20, 30\%)\text{ZrO}_2$ FGM(10%FGM), and $\text{Al}_2\text{O}_3/(0, 15, 30, 45\%)\text{ZrO}_2$ FGM(15%FGM) (Fig. 1). The 1/4 finite element model was adopted to construct the ceramic composites (Fig. 2). The total number of model grids was about 60,000–75,000.

Results & discussion

Microstructural analysis

Fig. 3 illustrates that every interface bonding between the layers is integrated after impact without severe cracks or delamination. The toughening mechanism can be characterized as the generation of strong energy and stress under impact, which leads to the ZrO_2 phase variation from the tetragonal phase to the monoclinic phase (Fig. 4).

Test and numerical simulation analysis

Fig. 5 shows that the absorptive energies obtained from test and simulation are in agreement. Fig. 6 shows that all specimens have the highest energy absorption in the second layer. Zirconia is added into the ceramics starting from the second layer to improve toughness, reduce the ceramic crack growth beyond the second layer, delay the ceramic cone formation, increase the ceramic cone integrity, and improve the ballistic resistance performance. The ZrO_2 content gradient of the 5%FGM is the smallest. This small gradient could decrease the wave impedance difference, reduce the tensile wave strength caused by the reflection wave, decrease the ceramic damage, and improve the ceramic energy absorption. Fig. 7(a) exhibits the smallest fracture zone. After ceramics is impacted, the backplane begins to bear the ceramic impact damage even before the projectile moves to the backplane if the ceramic cone is rapidly formed with an excessively big volume. Therefore, early deformation can happen, and the ballistic resistance performance of the entire structure will be negatively affected. Fig. 7(a) shows that the 5%FGM structure delays the ceramic cone formation and reduces its volume. Therefore, the 5%FGM design has the optimal ballistic resistance performance.

Fig. 6. Internal energy of the FGMs: (a) 5%FGM, (b) 10%FGM, (c) 15%FGM.

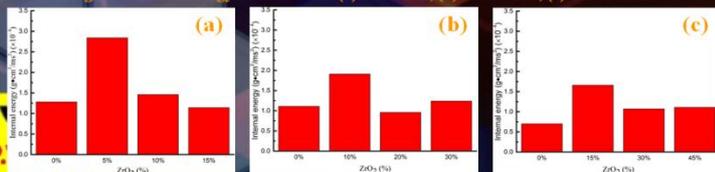


Fig. 1. Specimen of ballistic test.



Fig. 2. Finite element model.

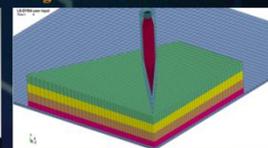


Fig. 3. The microstructure of FGM after impact: (a) 5%FGM, (b) 10%FGM, (c) 15%FGM.

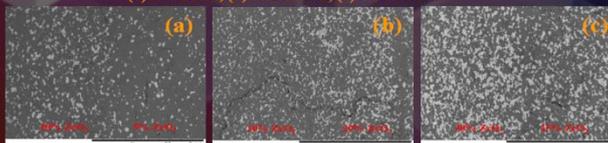


Fig. 5. Absorptive energy of test and simulation.

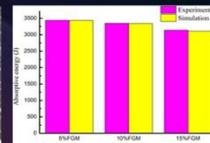


Fig. 4. XRD spectra of FGM specimens: (a) before impact, (b) after impact.

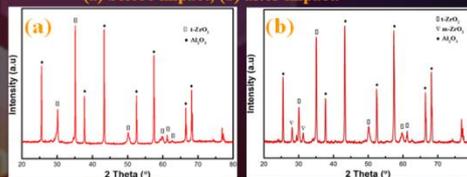
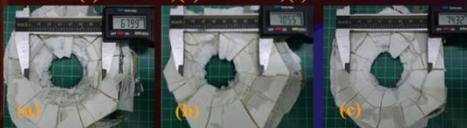


Fig. 7. Ceramic cone of the FGMs under impact: (a) 5%FGM, (b) 10%FGM, (c) 15%FGM.



Conclusion

With a fixed number of layers, the experimental results of this research verify that the ZrO_2 content is a major factor affecting the ballistic resistance performance. Future work can focus on thickness variation.



附件二：參與會議之相關照片



