

材料製程與分析實驗室(I509)

A.實驗室成員介紹

碩士班一年級(107 級)

1. 張紘碩
2. 陳淵淥

B.林宏茂老師個人簡介

沃斯回火熱處理FCD450球墨鑄鐵之機械性能及切削性評估研究

林宏茂¹ 陳金多² 張瑞祺³ 吳家州⁴
¹南臺科技大學 化學工程與材料工程系
²嘉義鋼鐵股份有限公司
³金屬工業研究發展中心熔鑄組
⁴遠東科技大學機械工程系

本研究感謝科技部MOST 106-2622-8-218-004經費支持

一般球墨鑄鐵件的抗拉強度難達到 ≥ 900 MPa的要求，各國規範中也僅有歐洲DIN 1563規範有此特殊的牌號規格。想要滿足此一高強度規格，各廠皆需輔以相關熱處理技術來達成。例如，以FCD-700標準材料進行鑄造，再輔助以淬火/回火熱處理，雖可勉強達到該高強度規格要求，但因為FCD-700材料鑄造性不佳，致使整體良率僅有約10-20%。本研究擬以「FCD-450 +ADI熱處理」的鑄造材料處理流程，預期可較易達到沃斯回火球墨鑄鐵規範中JIS FCAD-900-4的機械性能。來滿足FCD-900-2的產品規格。研究結果顯示不同沃斯回火溫度(300°C、330°C及360°C)之外鑄試件拉伸性質，其抗拉強度及降伏強度隨沃斯回火溫度升高而降低，但伸長率則隨著沃斯回火溫度升高而增加。不同沃斯回火溫度試片之抗拉強度及伸長率均可達900MPa以上及4%以上。沃斯回火熱處理FCD450球墨鑄鐵之車削實驗結果顯示，立方氮化硼刀具不論於高速(300 m/min)或低速(150 m/min)車削，其刀具磨耗量均略低於Al₂O₃/TiC陶瓷刀具。工件表面粗糙度方面，立方氮化硼刀具不論於高速(300 m/min)或低速(150 m/min)車削，其工件表面粗糙度均優於Al₂O₃/TiC陶瓷刀具。

表1 球墨鑄鐵成分FCD 450化學組成 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cu	Mg	Fe
3.50	2.44	0.27	0.036	0.009	0.008	0.044	Bal.

表2 ADI熱處理條件

沃斯回火溫度(°C)	沃斯回火時間(min)	沃斯回火溫度(°C)	沃斯回火時間(min)
900	120	300	120
900	120	330	120
900	120	360	120

步驟:
 1. 沃斯回火(900°C-120 min)
 2. 淬火
 3. 沃斯回火熱處理(300°C, 330°C, 360°C-120 min)
 4. 冷卻至室溫

圖1 沃斯回火熱處理步驟

圖2 不同沃斯回火溫度之DPM金相組織

圖3 不同沃斯回火溫度之FCD450球墨鑄鐵拉伸性質

圖4 不同切削速度之立方氮化硼(PCBN)刀具及Al₂O₃/TiC陶瓷刀具磨耗量比較

圖5 不同切削速度之立方氮化硼(PCBN)刀具刀痕磨痕及切屑形貌觀察

圖6 不同切削速度之Al₂O₃/TiC陶瓷刀具刀痕磨痕及切屑形貌觀察

圖7 不同切削速度之立方氮化硼(PCBN)刀具與Al₂O₃/TiC陶瓷刀具表面粗糙度比較

林宏茂

中文姓名	林宏茂			性別	男	
英文姓名	Hung-Mao Lin					
出生年月日	民國 62 年 06 月 29 日					
聯絡方式	電話	06-2507512				
	手機	0931-828434				
聯絡地址	704台南市北區文成三路958號					
電子信箱	hmlin@stust.edu.tw					
學歷	學位	校名	系所別	畢業年月		
	博士	國立成功大學	材料科學及工程學系	93.11		
	碩士	國立成功大學	材料科學及工程學系	87.06		
	學士	逢甲大學	機械工程學系	85.06		
經歷 (請註明起迄年月)	現職	南臺科技大學 化學工程與材料工程系 副教授(106.08~迄今)				
	經歷	台灣鑄造學會第三十四及三十五屆監事(101.11~迄今) 台灣鑄造學會第三十五屆司選委員會主任委員(105.01~迄今) 勞動部勞動力發展署 全國技能競賽鑄造職類裁判(98.01~迄今) 經濟部標準檢驗局鐵金屬冶煉國家標準技術委員會委員(106.07~迄今) 台灣金屬熱處理學會第十六、十七、十八及十九屆監事(98.01~迄今) 台灣金屬熱處理學會第十八及十九屆出版委員會主任委員、學術委員會委員及技術委員會委員(103.01~迄今) 台灣金屬熱處理學會「金屬熱處理期刊」主編(103.01~迄今) 勞動部勞動力發展署乙、丙級熱處理技術士監評(104.05~迄今) 遠東科技大學 機械工程系 副教授 (101.12~106.07) 遠東科技大學 精密製造中心 主任 (102.08~106.07) 遠東科技大學 機械工程系 助理教授(94.08~101.11) 經濟部工業局事業廢棄物個案再利用許可申請案審查委員(104.01~迄今) 國立成功大學材料科學及工程學系博士後研究員 (93.11~94.07)				
教師證號	副字第043990號					
專業證照	勞委會乙級熱處理技術士-滲碳滲氮熱處理					
專長	合金設計及鑄造技術、鋼鐵及航空材料、金屬熱處理、表面處理、材料磨耗及腐蝕分析、放電加工及合金化製程、合金材料逆向工程					
代表著作或專	1. Hung-Mao Lin* and Tuan-Sheng Lui, "Microstructural Characteristics of					

利	<p>Electric Discharge Alloyed Layers on Spheroidal Graphite Cast Iron with Different Electrode Materials”, Materials Transactions, Vol. 53, No. 6, (2012), pp. 1184-1190. (SCI)</p> <p>2. Hung-Mao Lin*, Stambekova Kuralay, Jun-Yen Uan, “Microstructural and Corrosion Characteristics of Iron-Silicon Alloyed Layer on 5083 Al Alloy by Electrical Discharge Alloying Processing”, Materials Transactions, vol. 52, No.3, (2011) , pp. 514-520. (SCI)</p> <p>3. 林宏茂、呂傳盛、洪飛義, "利用放電加工方式獲得急速凝固合金之方法", 中華民國發明專利第I381898號(專利權期間：2013.1.11~2029.7.27)</p> <p>4. 林宏茂,汪俊延,程金保, "抗菌金屬基材之製法", 中華民國發明專利第I464025號(專利權期間：2014.12.11~2032.1.19)</p> <p>5. 林宏茂、程金保、汪俊延, "模具表面改質之方法", 中華民國發明專利第I537080號(專利權期間：2016.6.11~2032.9.19)</p> <p>6. 林宏茂、汪俊延、陳旺志、謝博奇, "鋁基鍋具之導磁層加工方法", 中華民國發明專利第I575119號(專利權期間：2017.3.21~2035.4.27)</p> <p>7. 林宏茂、汪俊延、謝博奇、陳旺志, "傳動件之放電加工表面處理方法", 中華民國發明專利第I574766號(專利權期間：2017.3.21~2034.9.25)</p> <p>8. 林宏茂、程金保、周敬智、謝博奇, "放電加工方式結合後熱處理以提高披覆合金基材機械性能之方法", 中華民國發明專利第I575086號(專利權期間：2017.3.21~2034.11.11)</p>
其他學術表現	<p>一、 專案計畫</p> <p>A. 擔任102、103及104年度行政院勞動部勞動力發展署補助大專校院辦理就業學程計畫主持人及專精課程教師(具執行就業學程計畫經驗)</p> <p>1. 經濟部工業局107年度中小企業即時技術輔導計畫-離岸風力發電機用偏航制動器缸體鑄件之固溶強化肥粒體基球墨鑄鐵製程技術開發及材質性能評估(計畫代號：A10610136)- 計畫總金額212,500元 (2018.06.14~2017.11.13)-計畫主持人</p> <p>2. 107年度學界協助中小企業科技關懷計畫-商用車渦輪增壓系統之鎳抗延性鑄鐵渦輪殼件合金設計及製程技術開發-核定金額72,000元 (2018.05.01~2018.10.31)-計畫主持人</p> <p>3. 107年度學界協助中小企業科技關懷計畫-產業機械用鑄態高強度高伸長率之球墨鑄鐵材質製程開發及切削性能評估- 核定金額72,000元 (2018.05.01~2018.10.31)-計畫主持人</p> <p>4. 106年度科技部專題研究計畫(國防科技研究計畫)- UAV推進系統之分層燃燒技術建立合金鑄鐵材料開發(III)(MOST 106-2623-E-269-001-D)-核定金額658,000元(2017.01.01 ~2017.12.31)-計畫主持人</p> <p>5. 106年度科技部專題研究計畫(產學合作研究計畫)- 產業升級創新平台輔導計畫-高階球墨鑄鐵液壓元件導入3D列印技術及智慧澆鑄之製程優化技術開發(2/2)(MOST 106-2622-8-269-001-)-計畫總金額2,400,000元 (2017.01.01~2017.12.31)(合作企業：嘉義鋼鐵股份有限公司-上櫃公司)-計畫主持人</p>

6. 106年度經濟部A+企業創新研發淬練計畫(鼓勵國內企業在臺設立研發中心計畫)「振鋒企業高強度合金製造技術研發中心計畫」-(2017.01.01至 2018.12.31)(合作企業：振鋒企業股份有限公司-2015年榮獲行政院卓越中堅企業獎之臺灣專業製造工業起重用安全吊鉤公司)-**擔任有給職顧問**
7. 經濟部工業局106年度中小企業即時技術輔導計畫-利用鈿及鈿元素添加方式提升船用引擎汽門表面抗磨耗及耐氧化性能之PTA被覆Stellite合金鍍層技術開發及鍍層性能評估(計畫代號：A10610136)- 計畫總金額225,000元(2017.06.16~2017.11.15)-**計畫主持人**
8. 106年度學界協助中小企業科技關懷計畫-自動化設備用鑄鐵液壓控制閥之固溶強化肥粒體基球墨鑄鐵合金設計及製程技術開發(計畫編號：PS106130012)- 核定金額72,000元(2017.05.01~2017.10.31)-**計畫主持人**
9. 105年度科技部專題研究計畫(產學合作研究計畫)- 產業升級創新平台輔導計畫：高階球墨鑄鐵液壓元件導入3D列印技術及智慧澆鑄之製程優化技術開發(1/2) (MOST 105-2812-8-269-001-)-計畫總金額2,400,000元(2016.01.01~2016.12.31)(合作企業：嘉義鋼鐵股份有限公司-上櫃公司)-**計畫主持人**
10. 經濟部工業局105年度中小企業即時技術輔導計畫-以鈿及鈿元素添加方式提升軋延輥輪及耐磨環表面PTA被覆Fe-Cr-C合金鍍層磨耗性能與其鍍層超深冷處理之技術開發(計畫代號：10510189)- 計畫總金額175,000元(2016.05.27~2016.10.26)-**計畫主持人**
11. 105年度學界協助中小企業科技關懷計畫-添加碳化物促進元素及最佳熱處理條件提升軋延輥輪及耐磨環表面PTA被覆高鉻鑄鐵鍍層耐磨耗特性之技術開發及性能評估(計畫編號：PS105130128)- 核定金額72,000元(2016.05.01~2016.10.31)-**計畫主持人**
12. 教育部區域產學合作中心-高雄應用科技大學105年度工作計畫分項計畫-產業公協會分化交流-台灣鑄造學會深化合作交流計畫-核定金額350,000元(2016.03.22~2016.12.15)-**分項計畫主持人**
13. 105年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-高附加價值高強度高表面品質鋁合金之研發與產業人才培育計畫(2/3) (MOST 105-2218-E-218 -001-)-核定金額5,000,000元(2016.10.01~2017.09.30)-**共同主持人**
14. 105年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-無機廢棄脫硫渣之回爐再利用技術(第二期)(1/4)(MOST 105-2218-E-005-014-)-核定金額1,200,000元(2016.10.01~2017.09.31)-**共同主持人**
15. 104年度遠東科技大學產學合作計畫-低磁性高硬度高錳球墨鑄鐵開發及磨耗性能評估-計畫金額300,000元(2015.11.01~2016.10.31) (合作企業：台灣鑄造學會)-**計畫主持人**
16. 經濟部工業局104年度中小企業即時技術輔導計畫-電漿電弧法重熔套筒及耐磨環表面火焰熔射添加鑄鐵強化相鎳基自熔合金塗層之技術開發及塗層性能評估(計畫代號：10410615)- 計畫總金額175,000元

(2015.04.24~2015.09.23)-計畫主持人

17. 104年度學界協助中小企業科技關懷計畫-以鉬及鉬元素添加方式改善中碳鋼及耐熱鋼表面轉移式電漿電弧被覆Stellite合金鍍層磨耗性能之技術開發(計畫編號：PS104130277)-核定金額72,000元

(2015.05.31~2015.10.31)-計畫主持人

18. 104年度行政院勞動部勞動力發展署補助大專校院辦理就業學程計畫-金屬加工及產業機械製造就業學程-計畫總金額750,000元

(2015/07/01~2016/08/31)-計畫主持人

19. 104年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-高附加價值高強度高表面品質鋁合金之研發與產業人才培育計畫(1/3) (MOST 104-2218-E-218-006-)-核定金額7,442,000元(2015.10.01~2016.09.30)-共同主持人

20. 104年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-無機廢棄脫硫渣之回爐再利用技術(延續計畫)(3/3) (MOST104-2218-E-005-008-)-核定金額9,000,000元(2015.11.01~2016.10.31)-共同主持人

21. 經濟部工業局103年度中小企業即時技術輔導計畫：伸線輓輪表面以高速火焰熔射添加碳化鎢/鈷強化相鑄鐵塗層及其塗層石墨化熱處理之技術開發及塗層性能評估(計畫代號：10310862)-計畫總金額212,500元(2014.05.10~2014.10.09)-計畫主持人

22. 103年度學界協助中小企業科技關懷計畫-以深冷處理改善球墨鑄鐵及中碳鋼表面轉移式電漿電弧被覆高鉻鑄鐵鍍層磨耗性能之製程技術開發(計畫編號：PS103130102)-核定金額72,000元(2014.05.31~2014.10.31)-計畫主持人

23. 103年度行政院勞工委員會職業訓練局補助大專校院辦理就業學程計畫-精密機械金屬製程就業學程-計畫總金額750,290元(2014/07/01~2015/08/31)-計畫主持人

24. 103年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-無機廢棄脫硫渣之回爐再利用技術(延續計畫)(2/3)(MOST103-2218-E-005-002-)-核定金額9,000,000元(2014.11.01~2015.10.31)-共同主持人

25. 102年度國科會專題研究計畫(一般型研究計畫)-沃斯回火熱處理對球墨鑄鐵表面含固溶強化與碳化物促進元素放電合金化層之微結構與表面性能影響研究(NSC 102-2221-E-269 -008-),核定金額573,000元(2013/08/01~2014/07/31)-計畫主持人

26. 102年度國科會專題研究計畫(產學合作研究計畫-應用型)-利用氮氧化處理提升球墨鑄鐵及中碳鋼表面轉移式電漿電弧被覆M系列高速鋼鍍層磨耗性能及腐蝕特性之製程技術開發(NSC 102-2622-E-269 -014 -CC3)-計畫總金額647,714元(2013.11.1~2014.10.31)-計畫主持人

27. 經濟部工業局102年度中小企業即時技術輔導計畫-不同基地組織鑄鐵鍋具及熱熔射鑄鐵塗層鋁合金鍋具表面氮氧化處理技術開發及商用化性能評估(計畫代號：10210117)-計畫總金額231,250元(2013.06.08~2013.10.31)-計畫主持人

28. 102年度學界協助中小企業科技關懷計畫-轉移式電漿電弧法被覆高鉻合金、鈷基及鎳基超合金於碳鋼及不銹鋼表面之製程技術開發(計畫編號：PS102130292)-核定金額72,000元(2013.06.30~2013.11.30)-計畫主持人
29. 102年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-無機廢棄脫硫渣之回爐再利用技術(延續計畫)(1/3)(MOST102-2218-E-005-013)-核定金額9,000,000元(2013.11.01~2014.10.31)-共同主持人
30. 經濟部工業局101年度中小企業即時技術輔導計畫-利用商用Fe-C-Si合金粉末製作電漿熔射鑄鐵塗層鋁合金鍋具之技術開發及商用化性能評估(計畫代號：10110842)-計畫總金額147,369元(2012.05.05~2012.10.04)-計畫主持人
31. 101年度學界協助中小企業科技關懷計畫-結合氣體滲氮及蒸汽氧化多元共滲法提昇鑄鐵鍋具表面耐磨防銹性能技術開發(計畫代號：101130865)(2012.5.01~2012.10.31)，核定金額72,000元-計畫主持人
32. 101年度學界協助中小企業科技關懷計畫-以放電合金化法與沃斯回火複合處理提升球墨鑄鐵表面耐磨耗性能之技術開發(計畫代號：101130864)(2012.5.01~2012.10.31)，核定金額72,000元-計畫主持人
33. 101年度科技部專題研究計畫(深耕工業基礎技術專案計畫)-無機廢棄脫硫渣之回爐再利用技術(MOST101-3111-E-005-001)-核定金額9,110,000元(2012.11.01~2013.10.31)-共同主持人
34. 100年度國科會專題研究計畫(產學合作研究計畫-應用型)-結合放電合金化及脈衝式Nd:YAG雷射重熔之鑄鐵模具表面改質製程技術開發(NSC100-2622-E-269-005-CC3)-計畫總金額544,000元(2011.06.01~2012.05.31)-計畫主持人
35. 經濟部工業局100年度中小企業即時技術輔導計畫-具不沾耐蝕抗磨特性之鐵製鍋具表面氧化發色處理技術開發(計畫代號：10011567)-計畫總金額177,500元(2011.04.21~2011.09.20)-計畫主持人
36. 100年度學界協助中小企業科技關懷計畫-鋁合金鍋具表面高速火焰熔射鑄鐵塗層技術開發-核定金額72,000元(2012.7.01~2012.12.31)-計畫主持人
37. 99年度遠東科技大學產學合作計畫-熱軋鋼及冷軋鋼鍋具表面發色氧化處理技術開發-計畫總金額150,000元(2010.11.01~2011.04.30)-計畫主持人
38. 99年度工業區廠商轉型再造升級計畫-鍋具用冷軋及熱軋鋼板表面發色氧化處理技術開發-核定金額72,000元(2010.11.01~2011.04.30)-計畫主持人
39. 98年度學界協助中小企業科技關懷計畫-由氧化銻錫回收廢靶提取高純度銻製程技術開發-核定金額72,000元(2009.03.01~2009.08.31)-計畫主持人
40. 98年度學界協助中小企業科技關懷計畫-以放電合金化法於模具用鑄鐵表面形成耐磨耗碳化物層、硼化層及耐高溫氧化鋁化層之製程技術開發

-核定金額72,000元(2009.11.01~2010.04.30)-計畫主持人

41. 98年度遠東科技大學產學合作計畫-三價鉻電鍍之陽極與鍍液技術開發研發-計畫總金額250,000元(2009.06.01~2010.05.31)-計畫主持人
42. 98年度經濟部學界科技專案計畫-多次性精煉爐渣技術開發3年計畫-核定金額7,100,000元(2009.02.01~2012.01.31)-協同主持人
43. 97年度國科會專題研究計畫(產學合作研究計畫-應用型)(NSC 97-2622-E-269-004-CC3)-轉移式電漿電弧被覆碳化物添加之鎳基及鈷基合金於模具用球墨鑄鐵之表面被覆層磨耗特性及熔融鋁腐蝕行為探討-計畫總金額612,000元(2008.08.01~2009.07.31)-計畫主持人
44. 97年度遠東科技大學產學合作計畫-硬質高純度金屬精密靶材加工製程技術研發計畫主持人-計畫總金額250,000元(2008.3.1~2009.3.31)-計畫主持人
45. 97年度遠東科技大學產學合作計畫-提升螺絲製造成型最佳化製程之研發-計畫總金額158,760元(2008.3.1至2008.4.30)-計畫主持人
46. 96年度國科會提升產業技術及人才培育研究計畫(NSC 96-2622-E-269-017-CC3)-應用於鍋具之電漿熔射鑄鐵塗層技術研發及塗層特性探討-計畫總金額540,000元(2007.11.01~2008.10.31)-計畫主持人
47. 95年度國科會提升產業技術及人才培育研究計畫(NSC 95-2622-E-269-024-CC3)：以摩擦攪拌方式接合球墨鑄鐵/低碳鋼及球墨鑄鐵/304不銹鋼之異種金屬固相接合技術開發-計畫總金額467,000元(2006.11.01~2007.10.31)-計畫主持人
48. 95年度國科會新進人員研究計畫(NSC 95-2221-E-269-005-)-球墨鑄鐵之放電合金化表面改質層特性研究-核定金額521,000元(2006.08.01~2007.07.31)-計畫主持人
49. 94年度國科會新進人員研究計畫(NSC 95-2221-E-269-001-)-軋延組織及鎳元素添加對肥粒體基球墨鑄鐵熱循環誘發脆性破壞之影響探討-核定金額315,000元(2006.01.01~2006.07.31)-計畫主持人

二、 獲獎榮譽

1. 林宏茂，莊棋凱，王柏欽，"高速火焰熔射添加WC/Co強化相鑄鐵塗層於中碳鋼表面之微結構與表面性質評估研究"，台灣金屬熱處理學會106年度高熱爐業論文獎-優等
2. 林宏茂，程金保，陳旺志，汪俊延，謝博奇"氮氧化處理對球墨鑄鐵表面轉移式電漿電弧被覆AISI M41高速鋼鍍層微觀組織特性及腐蝕行為之影響探討"，金屬熱處理，131期，(2016)，pp.16-26。(台灣金屬熱處理學會2016年"金屬熱處理"期刊論文獎)
3. 林宏茂，陳旺志，汪俊延，周敬智，"沃斯回火熱處理對球墨鑄鐵表面含固溶強化與碳化物促進元素放電合金化層之微結構與表面性能影響研究"，台灣金屬熱處理學會105年度振鋒企業論文獎-佳作。
4. 陳旺志，林宏茂，鍾昀達，汪俊延，"以放電合金化於6082鋁合金表面製備Al-Fe-C自潤滑硬質層之研究"，台灣金屬熱處理學會105年度振鋒

企業海報論文獎。

5. 林宏茂，呂傳盛，陳立輝，“肥粒體基球墨鑄鐵400°C中溫脆性與熱循環誘發脆性破壞之依存性探討”，鑄造工程學刊，第40卷，第2期(第161期)，pp.1-16.民國103年6月。(台灣鑄造學會一百零三年度鑄造論文獎)
6. 林宏茂，陳旺志，謝博奇，呂傳盛，”加工參數對AISI 304不銹鋼表面矽元素放電合金化層微觀組織特性之影響”，金屬熱處理，119期，(2013)，pp.45-54.(台灣金屬熱處理學會2014年"金屬熱處理"期刊論文獎)
7. 台灣鑄造學會一百年度青年鑄造工程師獎
8. 台灣金屬熱處理學會2008年會員大會暨論文研討會振鋒企業論文獎-佳作：轉移式電漿電弧法被覆高鉻合金於球墨鑄鐵之表面改質層微觀組織特性探討
9. 台灣金屬熱處理學會2007年期刊論文獎：轉移式電漿電弧被覆鈷基超合金於球墨鑄鐵之表面被覆層磨耗特性探討
10. 台灣金屬熱處理學會2007年會員大會暨論文研討會振鋒企業論文獎海報優等獎：304不銹鋼之Stellite 6轉移式電漿電弧被覆層微觀組織特性探討
11. 台灣金屬熱處理學會2007年會員大會暨論文研討會振鋒企業論文獎佳作獎：加工參數對球墨鑄鐵放電合金化改質層特性之影響探討
12. 台灣金屬熱處理學會九十五年年年會暨論文研討會振鋒企業論文佳作獎：轉移式電漿電弧被覆Stellite合金於球墨鑄鐵之表面被覆層磨耗特性探討
13. 台灣鑄造學會九十五年度鑄造論文獎：鎂元素及鉬元素對高矽球墨鑄鐵熱循環誘發沿晶脆性破壞之影響