

**دانشگاه آزاد اسلامي**

**واحد کرج**

**عنوان:**

**بررسي تاثير تيتانيم و کربن بر ريزساختار و خواص سايشي کامپوزيت Fe - TiC**

**استاد راهنما:**

**دانشجو:**

**فهرست مطالب**

**«عنوان» « صفحه»**

**فصل اول : مقدمه**

**مقدمه 1**

**فصل دوم : مروري بر منابع**

**1-2- عوامل مؤثر بر خواص كامپوزيتها 6**

**2-2- تقسيم بندي كامپوزيتها 7**

**3-2- تريبولوژي و تريبوسيستم 9**

**1-3-2- تعريف سايش و عوامل اثر گذار روي آن 10 2-3-2- انواع مكانيزم هاي سايش 10**

**1-2-3-2- سايش چسبان 10**

**2-2-3-2- سايش خراشان 11**

**3-2-3-2- سايش خستگي 12**

**4-2-3-2- سايش ورقه اي 12**

**5 -2-3-2- سايش اكسايش 12**

**3-3-2- پارامتر سايش 13**

**4-3-2- رابطه بين مقاومت به سايش و سختي 13**

**5 -3-2- منحني سايش 14**

**4-2- كامپوزيت فروتيك 14**

**1-4-2- انواع كامپوزيت هاي فروتيك 15**

**1-1-4-2- كامپوزيت هايي كه با كوئينچ سخت مي شوند 15**

**2-1-4-2- كامپوزيت هايي كه با پير سختي سخت مي شوند 16**

**2-4-2- روشهاي ساخت فروتيك 17**

**1-2-4-2- ساخت کامپوزيت به صورت غير همزمان 18**

**الف) پراكنده كردن ذرات فاز دوم 18**

**ب) روش پاششي 19**

**ج) تزريق مذاب فلزي 19**

**2-2-4-2- ساخت فروتيک به صورت همزمان ( insitu) 20**

**الف) سنتز خود احتراقي (SHS) 20**

**ب) XD 26**

**ج) دمش گاز واكنش دهنده 26**

**د) اكسايش مستقيم فلز( DIMOX) 27**

**ه) primex 28**

**و) واكنش حين تزريق 28**

**ز) واكنش شيميايي در داخل مذاب 28**

**ح) روش آلياژسازي مكانيكي 31**

**ط) متالورژي پودر 34**

**ي) احياي كربوترمال 35**

**ک) احياي ترميت 35**

**ل) روش سطحي 35**

**3-4-2- خواص كامپوزيت هاي فروتيك 36**

**1-3-4-2- سختي 36**

**2-3-4-2- استحكام 37**

**3-3-4-2- مدول الاستيكي 37**

**4-3-4-2- مقاومت به سايش 37**

**پارامترهاي موثر روي سايش 38**

**الف) كسر حجمي كاربيد تيتانيم 38**

**ب) اندازه ذرات و شكل آنها 38**

**ج) نوع زمينه 39**

**د) كاربيد هاي ريخته گري 40**

**ه) عمليات حرارتي و سرعت سرد كردن زمينه 40**

**و) نيرو در دستگاه pin on Disk 40**

**ز) عيوب در قطعات 41**

**ح) اثر ذوب مجدد 41**

**5-3-4-2- ماشين كاري 41**

**6-3-4-2- عمليات حرارتي 41**

**7-3-4-2- جذب ارتعاش 41**

**8-3-4-2- دانسيته 42**

**9-3-4-2- فرسايش 42**

فصل سوم : مطالعه موردي

##### 1 -3- روش تحقيق 43

##### 1-1-3 - مواد اوليه 44

##### 2-1-3- عمليات ذوب و ريخته‌گري 45

##### 3-1-3- آماده سازي نمونه‌ها 45

##### 4-1-3- آناليز نمونه‌ها 46

##### 5-1-3- متالوگرافي 47

##### 6-1-3- آزمايش سختي 47

##### 7-1-3- تست سايش 48

2-3-بيان نتايج

1-2-3- ريزساختار نمونه‌هاي حاوي مقادير مختلف كربن با تيتانيم ثابت 49

##### 2-2-3- ريزساختار نمونه‌هاي حاوي مقادير مختلف تيتانيم با كربن ثابت 52

##### 3-2-3- تاثير درصد كربن بر خواص نمونه‌ها 55

##### 4-2-3- تاثير درصد تيتانيم بر خواص نمونه‌ها 55

##### 5-2-3- نتايج پراش اشعه ايكس 56

##### 6-2-3- تأثير درصد كربن بر خواص سايشي نمونه‌ها 59

##### 7-2-3- تأثير درصد تيتانيم بر خواص سايشي نمونه‌ها 60

##### 

##### 3-3- بحث نتايج

##### 1-3-3- بررسي تشكيل فاز كاربيد تيتانيم 61

##### 2-3-3- مطالعه مسير انجماد در كامپوزيت Fe-TiC 65

##### 3-3-3- تأثير درصد كربن بر ريزساختار كامپوزيت فروتيك 66

##### 4-3-3- تأثير درصد تيتانيم بر ريزساختار نمونه‌ها 73

##### 5-3-3- تأثير درصد كربن بر چگالي كامپوزيت Fe-TiC 78

##### 6-3-3- تأثير مقدار كربن بر سختي كامپوزيت Fe-TiC 78

##### 7-3-3- تأثير مقدار كربن بر خواص سايشي كامپوزيت Fe-TiC 79

##### 8 -3-3- تأثير مقدار تيتانيم بر چگالي نمونه‌ها 80

##### 9-3-3- تأثير مقدار تيتانيم بر سختي كامپوزيت Fe-TiC 81

##### 10-3- 3-تاثير مقدار تيتانيم بر خواص سايشي كامپوزيت 82

##### 11-3-3- بررسي سطوح سايش 86

##### فصل چهارم : نتيجه گيري و پيشنهادها

**1-4 نتيجه گيري 92**

2-4پيشنهادها 94

منابع و مراجع 95

فهرست اشكال

« شماره شكل» « صفحه»

##### فصل اول :مقدمه

**شکل (1-1) برخي کاربردهاي فروتيک 4**

##### فصل دوم : مروري بر منابع

##### شكل (1-2) دسته بندي کامپوزيتها 8

##### شكل (2-2) خراش در وضعيتهاي مختلف 11

##### شكل (3-2) رابطه بين سختي و مقاومت به خراش 13

##### شكل (4-2) خواص کامپوزيت فروتيک 15

##### شكل (5-2) دسته بندي روشهاي ساخت کامپوزيت فروتيک 17

##### شكل (6-2) نحوه توزيع ذرات TiC در روش SHS 21

##### شكل (7-2) افزايش دما در SHS 21

##### شكل (8-2) تغييرات دمايي احتراق بر حسب زمان در SHS 22

##### شكل (9-2) اثر دماي پيش گرم روي سرعت و گرماي واکنش در SHS24

##### شكل (10-2) تغييرات دما بر حسب زمان به ازاي مقادير مختلف Al 25

##### شكل (11-2) اثر درصد Fe روي دماي احتراق در روش SHS 25

**شکل (12-2) شماتيک توليد فروتيک به روش دمش 27**

**شکل( 13-2) پروفيل نفوذي Ti و C در روش** Insitu **29**

##### شکل (14-2) اثر درصد Ti روي اندازه TiC 30

**شکل(15-2) شماتيک روش In mold و رسم تغييرات دمايي آن 31**

**شکل (16-2) آسياب ماهواره اي 32**

**شکل (17-2) تاثير عمليات حرارتي رو ي دما و سرعت واکنش SHS 33**

**شکل(18-2) شماتيکي از فرآيند و مراحل مياني و تکميلي آن 34**

**شکل(19-2) مقايسه کاهش سختي بر اثر دما در سه ماده مختلف 36**

**شکل(20-2) تصوير ميکروسکوپ نوري مقطع اچ نشده دو نمونه 38**

**شکل (21-2) تصوير ميکروسکوپ نوري دو نمونه ديگر 39**

**شکل(22-2) تغييرات اندازه متوسط و تعداد ذرات TiC بر اثر سرعت سرد کردن 40**

##### فصل سوم : مطالعه موردي

##### شكل (1-3) مراحل عملي تهيه نمونه‌ها و انجام آزمايشها 44

##### شكل (2-3) تصوير شماتيك نمونه‌هاي ريخته‌گري شده 46

##### شكل (3-3) تصوير شماتيك از دستگاه سايش پين و ديسك 48

##### شكل (4-3) تصاوير ميكروسكوپ نوري از نمونه‌ها در حالت اچ نشده (تيتانيم ثابت) 50

##### شكل (5-3) تصاوير ميكروسكوپ نوري از نمونه‌ها در حالت اچ شده (تيتانيم ثابت) 51

##### شكل (6-3) تصاوير ميكروسكوپ نوري از نمونه‌ها در حالت اچ نشده (كربن ثابت) 53

##### شكل (7-3) تصاوير ميكروسكوپ نوري از نمونه‌ها در حالت اچ شده (كربن ثابت) 54

##### شكل (8-3) الگوي پراش اشعه ايكس در نمونه‌هاي با كربن مختلف 57

##### شكل (9-3) الگوي پراش اشعه ايكس در نمونه‌هاي با مقادير مختلف تيتانيم 58

##### شكل (10-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از ريزساختار نمونه C 5/3-Ti 10-Fe 62

##### شكل (11-3) الگوي پراش اشعه ايكس از نمونه C 5/3-Ti 10-Fe 63

##### شكل (12-3) تصوير ميكروسكوپ نوري از نمونه C 5/3-Ti 10-Fe در حالت اچ شده 63

##### شكل (13-3) گوشه‌ غني از آهن دياگرام سه‌تايي Fe-Ti-C 66

##### شكل (14-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از نمونه C 5/3-Ti 10-Fe در حالت اچ نشده 68

##### شكل (15-3) ريزساختار نمونه‌ها در حالت اچ شده (تيتانيم ثابت) 69

##### شكل (16-3) تغييرات ميانگين اندازه ذرات با مقادير مختلف كربن 70

##### شكل (17-3) تأثير درصد وزني كربن بر روي چگالي ذرات در واحد سطح 71

##### شكل (18-3) تأثير درصد وزني كربن بر روي درصد كسر حجمي كاربيد تيتانيم 72

##### شكل (19-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از نمونه C 5/2-Ti 4-Fe 74

##### شكل (20-3) ريزساختار نمونه‌ها در حالت اچ شده (كربن ثابت) 75

##### شكل (21-3) تغييرات ميانگين اندازه ذرات در اثر تغيير درصد وزني تيتانيم 76

##### شكل (22-3) تأثير درصد وزني تيتانيم بر روي چگالي ذرات در واحد سطح 77

##### شكل (23-3) تأثير درصد تيتانيم بر روي درصد كسر حجمي كاربيد رسوب كرده 77

##### شكل (24-3) تأثير درصد وزني كربن بر روي چگالي كامپوزيت فروتيك 78

##### شكل (25-3) تأثير مقدار كربن بر سختي كامپوزيت (تيتانيم ثابت) 79

##### شكل (26-3) نمودار تغييرات كاهش وزن بر حسب مسافت لغزش (تيتانيم ثابت ) 80

##### شكل (27-3) تأثير مقدار تيتانيم بر چگالي كامپوزيت 81

##### شكل (28-3) تأثير مقدار تيتانيم بر سختي كامپوزيت 82

##### شكل (29-3) تغييرات كاهش وزن نمونه‌ها بر حسب مسافت لغزش (كربن ثابت) 83

##### شكل (30-3) تأثير سختي به كاهش وزن كامپوزيت 85

##### شكل (31-3) تأثير درصد حجمي كاربيد تيتانيم به كاهش وزن كامپوزيت 85

##### شكل (32-3) تغييرات كاهش وزن ديسك بر حسب مسافت لغزش 86

##### شكل (33-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از سطح سايش نمونه C 5/3-Ti 10-Fe 88

##### شكل (34-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از سطح مقطع عمود بر سطح سايش 88

##### شكل (35-3) تصوير ميكروسكوپ الكتروني از سطح سايش نمونه C 5/3-Ti 10-Fe 89

##### شكل (36-3) عيوب زير سطحي در نمونه C 5/3-Ti 10-Fe پس از سايش 90

**فهرست جداول**

**«شماره جدول» « صفحه»**

##### جدول (1-1) برخي کامپوزيتهاي زمينه فلزي با استحکام دهنده غير فلزي 2

##### جدول (2-1) تركيب خواص كامپوزيت فروتيك در مقايسه با فولاد و WC-Co 4

##### جدول(1-2) فرآيندهاي سنتز تقويت کننده به روش درجا 9

***جدول(2-2) تقسيم بندي واکنشهاي SHS براي سيستمهاي دوجزيي 23***

***جدول(3-2) مقايسه مقاومت سايشي فروتيک با چدن سفيد 37***

***جدول(1-3) ترکيب شيميايي مواد اوليه مصرف شده 45***

##### جدول (2-3) تركيب شيميايي نمونه‌هاي ريخته‌گري شده 46

##### جدول (3-3) تأثير درصد كربن بر خواص نمونه‌ها 55

##### جدول (4-3) تأثير درصد تيتانيم بر خواص كامپوزيت 56

##### جدول (5-3) تأثير درصد كربن بر خواص سايشي نمونه‌ها و ديسك فولادي 59

##### جدول (6-3) تأثير درصد تيتانيم بر خواص سايشي نمونه‌ها و ديسك فولادي 60

##### 

**چكيده :**

هدف اصلي در اين پروژه بررسي تغيير درصد تيتانيم و كربن بر روي ريز ساختار و خواص سايشي مكانيكي كامپوزيت فروتيك( Fe/TiC ) است.

نتايج حاصله نشان داده است كه با كنترل تركيب شيميايي، نوع عمليات حرارتي، اصلبح روش ساخت و سرعت انجمادي قطعه مي توان ريز ساختار زمينه، نحوه توزيع ذرات سراميكي (TiC) و ميانگين اندازه ذرات ( TiC) و تعداد آنها در واحد سطح و شكل آنها و كسر حجمي آن و در نهايت چگالي كامپوزيت كه منجر به خواص سايشي و مكانيكي متفاوت مي گردد را كنترل نمود.

افزايش مقدار كربن و تيتانيم باعث افزايش مقدار كاربيد تيتانيم، سختي، مقاومت به سايش و اندازه ذرات كاربيدي مي شود در حالي كه چگالي كامپوزيت كاهش مي يابد.

**فصل اول :**

**مقدمه**

كامپوزيت مخلوطي از دو يا چند جز با خواص متفاوت است كه خواص مجموعه از مجموع

خواص ذرات يا اجزاء تشكيل شده برتر است. اجزاي كامپوزيت از نظر شيميايي، متفاوت و از نظر فيزيكي تفكيك پذير است. فاز پيوسته را زمينه(matrix) و فاز توزيع شده را تقويت كننده(reinforcement ) گويند. ‌‌‍‌‌‌‌‌‍‍‍‌‌‌‍‍‍‍‌‍‌[2]

در دنياي امروز نياز صنعت به مواد مهندسي نو ضروري است. در اين ميان كامپوزيت هاي زمينه فلزي از جايگاه ويژه اي برخوردار هستند. كامپوزيتهاي پايه فلزي از مخلوط و يا ترکيب ذرات سخت سراميكي و حتي الياف كربني در زمينه فلزي با روشهاي مختلف بدست مي آيند. [2] متداولترين تقويت كننده ها SiC ، TiC , TiB , Al2O3 و ... است. به طور مثال كامپوزيت

Al – SiC به جاي آلياژ آلومينيوم، سبب كاهش وزن و افزايش مدول الاستيسيته در پيستونهاي ديزلي خواهد شد. [3]

جدول (1-1) برخي از كامپوزيتهاي زمينه فلزي با ذرات استحكام دهنده غير فلزي را نشان مي دهد.

جدول 1-1 : تعدادي از كامپوزيتهاي ذره اي زمينه فلزي با ذرات غير فلزي و روش هاي مورد استفاده براي ساخت آنها [4]

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| روش ساخت | آلياژ زمينه | درصد حجمي | اندازه ذرات پخش | نوع ذره |
| Vacuum slurry casting, squeeze casting, powder metallurgy | Al-Si, Al-Cu, Al-Cu-Mg | 0.3-20 | 1-20 | SiC |
| Slurry casting, squeeze casting, powder metallurgy, laser melt-particle injection, casting | Al-Cu, Al-MG, Ti-Al-V, steel | 8-40 | <40-212 | Tic |
| Slurry casting, squeeze casting, powder metallurgy | Al-Mg, Al-Cu, Al-Si, Cu-, steel, Mg | 0.5-10  1-20 | 0.01-200  <50 | Al2O3 (bauxite),  87.9% Al2O3 |
| laser melt-particle injection, powder sintering | Ti-Al-V, Co-base | … | 106-105- | WC |
| Powder metallurgy | Co-Cr | … | 18-38 | M7C3 (Cr-rich) |
| Slurry casting, bottom pouring, spray dispersion, powder metallurgy | Cu, Al, steel | 1-4 | 5-80 | ZrO2/ZrSiO4 |
| Slurry casting, bottom pouring, spary dispersion, powder metallurgy | Cu, Al, steel | 10 | … | TiO2/MgO |
| Slurry casting, bottom pouring, powder metallurgy | Al-Mg, Cu | 2-10 | 30-110 | Glass/SiO2 |
| Slurry casting, compocasting, powder metallurgy | Al-Cu-Mg, Ag, Cu-Sn | 3-10 | 40-180 | Mica/talc |
| Slurry casting, squeeze casting | al-Si-Mg | 15 | 125 | Shell char |
| Slyrry casting, squeeze casting, powder metallurgy | Al, Cu, Ag, iron | 1-750 | 15-800 | Graphite |
| Powder metallurgy | Cu, Ag, Cu-steel | 20-40 | … | PTFE |
| Powder metallurgy | Cu, Cu-Ta | 1-80 | 0.5/5 | MoS2 |
| Powder metallurgy | Fe-Pb, Ag-Cu, Ag | 20-80 | … | MoSe2 |

برتري هايي كه كامپوزيت هاي زمينه فلزي نسبت به بقيه دارند عبارتند از :

1) استحكام و چقرمگي بهتر

2) هدايت حرارتي و الكتريكي عالي

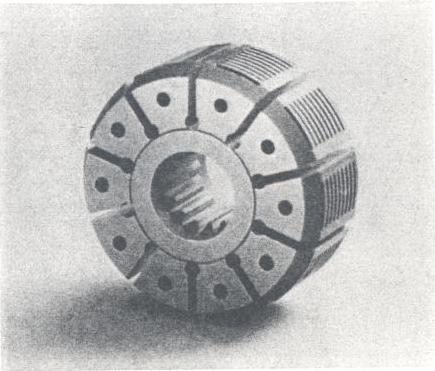
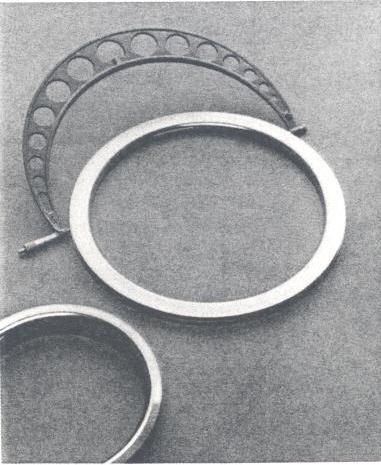
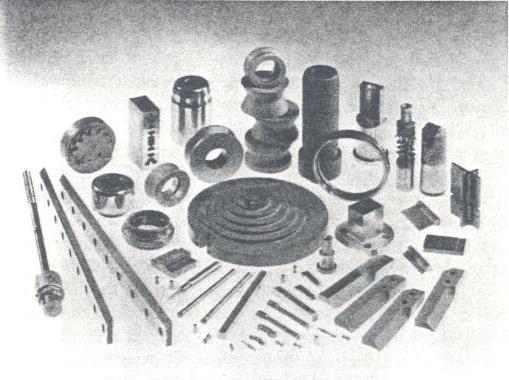
3) پايداري حرارتي بهتر نسبت به كامپوزيتهاي زمينه پليمري

4) جوش پذيري و كار پذيري بهتر از بقيه كامپوزيتها [3]

در ميان كامپوزيتهاي زمينه فلزي Fe/TiC ، كامپوزيتي منحصر به فرد است. اولين مطالعات در مورد اين كامپوزيت در سال 1950 ميلادي آغاز شد. حفظ استحكام در دماي بالا ، امكان ماشينكاري راحت در حالت آنيل با سختي 45 راکول C ، مقاومت سايشي بالا و مقاومت به خوردگي عالي از خواص برجسته اين كامپوزيت است. [3]

در اين كامپوزيت، ذرات كاربيد تيتانيم در داخل زمينه اي از آلياژ آهن پراكنده شده است و داراي سختي حدودا V3200(ويكرز) مي باشند. اين نوع کامپوزيت در صنايع سيمان، خودرو و پلاستيك سازي ، هواپيما سازي و شيميايي كاربرد دارد. [5] همچنين از آن مي توان به عنوان ابزار قالب، قالب هاي سرب ، سنبه و روتور و شفت موتور و هواپيما و قالبهاي شكل دهي گرم و پيستون تزريق فشار بالا و غلطك هاي نورد استفاده كرد. [3]

شكل 1-1 برخي از كاربردهاي فروتيك را نشان مي دهد:



a b

c d

شکل 1-1 : تعدادي از کاربردهاي فروتيک در صنايع مختلف (a) سوپاپ اطمينان (b) قطعات سايشي (c) روتور براي پمپ سوخت موتور جت (d) رينگ تانک آب

كامپوزيتFe - TiC در مقايسه با سرمت هاي CO-WC ، سبكتر، با مقاومت سايشي و چقرمگي بهتر و روش ساخت آن اقتصادي تر است. جدول (2-1) خواص فروتيك را در مقايسه با

WC- Coو فولاد نشان مي دهد. [6]

**جدول (2-1): خواص فروتيك در مقايسه با WC-Co و فولاد**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ضريب انبساط حرارتي**  **6-10 mm/mm/oC** | **استحكام شكست متقاطع**  **Kg/mm2** | **چگالي**  **g/ cm3** | **ضريب اصطكاك**  **7-10cm3** | **شكل ذرات** | **سختي دما بالا (oC600)**  **HRC** | **سختي در دماي محيط**  **HRC** | **سختي ذرات**  **HRC** | **آلياژ** |
| **0/3**  **1/3**  **3/7** | **184**  **250**  **150** | **5/6**  **15**  **-** | **8**  **15**  **-** | **كروي**  **مربعي**  **-** | **69**  **72**  **45** | **69**  **72**  **61** | **92**  **80**  **-** | **Fe-TiC**  **WC-Co**  **فولاد** |

كامپوزيتFe - TiC با روشهاي مختلفي ساخته مي شود كه معمولي ترين آن متالورژي پودر و ريخته گري است. البته در سالهاي اخير روشهاي جديدي براي توليد اين كامپوزيت ابداع شده است مثل روش سنتز خود احتراقي دما بالا ( SHS )، آلياژسازي مكانيكي، احياي كربوترمال و ترميتي كه جزء روشهاي حالت جامد هستند [3]

با توجه به اينكه حدود 80% هزينه كارخانه هاي داراي آسياب هاي بزرگ ناشي از مصرف گلوله هاي سايشي است به طور مثال مجتمع مس كرمان، تعداد هشت آسياب گلوله اي ميلي متر و طول دارد كه هر كدام 290 گلوله 80 ميليمتري دارند. 850 گرم گلوله مي تواند يك تن مواد را خردايش كند و روزانه 40 تن عمليات خردايش در آن كارخانه صورت مي گيرد. پس 34 تن گلوله در روز مصرف مي شود. با توجه به اين حجم بالاي مصرف گلوله ها تعيين نوع گلوله ها با مقاومت سايشي عالي بسيار ضروري است واستفاده از Fe - TiC امکان کاهش هزينه هاي توليد را ميسر مي سازد. هدف از اجراي اين طرح، مطالعه تاثير تيتانيم بر ريزساختار و خواص سايشي کامپوزيتهاي Fe – TiC است.