

PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP KOMPOSIT (TiC - 25NiCr) dan [(Ti_{0,7}Mo_{0,3})_{17C} - 25NiCr] HASIL PEMADUAN MEKANIK MENGGUNAKAN METODE *PLANETARY BALL MILL*

Ali Alhamidi, Suryana dan M. Luthfi Hilman

Jurusan Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 42435, Indonesia

Email : ali.alhamidi@ft-untirta.ac.id

Abstract

The powder mixtures of Ti, C, Ni, Cr and Mo are processed by powder metallurgy process to form ceramics metals (cermet) and sintered at various temperatures of 700 °C, 1000 °C and 1100 °C have been investigated. The preparation sample of the materials using the principle of mechanical alloying for 10 hours with varying molybdenum at 0 and 0,3%. XRD analysis shows that there is no consolidated material cermet. However, the formation of TiC with binders NiCr shown occurred. Sample without molybdenum affect size crystallite of TiC and NiCr, The higher temperatures sintering causing size of crystallites of TiC the larger while size of crystallites NiCr is still small. Addition of of 0,3 % molybdenum result in crystallite TiC size of the less for higher temperatures sintering, while crystallite size of NiCr is much hinger.

Keyword : *Cermet*, mechanical alloying, Sintering, *Crystallite Size*

1. Pendahuluan

Tungsten karbida merupakan material *cermet* yang banyak digunakan pada saat ini. Namun tungsten karbida memiliki banyak kelemahan untuk memenuhi kebutuhan industri saat ini. Oleh karena itu, *cermet* berbasis titanium karbida (TiC) digunakan untuk mengurangi kelemahan dari *cermet* tungsten karbida. Apabila dibandingkan dengan tungsten karbida, titanium karbida memiliki keunggulan dalam nilai kekerasan dan nilai ekspansi panas.

Cermet adalah material sintesa antara keramik (*ceramic*) dan logam (*metal*) yang digunakan untuk memperoleh keuntungan dari kedua karakteristik material penyusun tersebut. Sehingga, *cermet* memiliki kekerasan tinggi dan ketahanan oksidasi yang disediakan oleh fase keramik, sedangkan fase logam berkontribusi keuletan, ketangguhan dan ketahanan *thermal shock* [1]

Pemaduan mekanik merupakan metode sintesis dari beberapa material serbuk untuk memproduksi paduan material yang homogen menggunakan *high energy ball mill*. Proses pemaduan mekanik mempunyai tujuan utama yaitu membuat suatu paduan dari serbuk atau senyawa berkualitas dengan mikrostruktur dan morfologi yang terkontrol melalui pengelasan dingin, perpatahan, dan pengelasan kembali dari serbuk yang digunakan [2].

Sintering merupakan proses pemanasan dibawah titik leleh dalam rangka membentuk fasa Kristal baru sesuai dengan yang diinginkan dan bertujuan membantu mereaksikan bahan-bahan penyusun baik bahan keramik maupun bahan logam. Proses sintering akan berpengaruh cukup besar pada pembentukan fasa kristal bahan. Fraksi fasa yang terbentuk umumnya bergantung pada lama dan atau suhu sintering. Semakin besar suhu sintering memungkinkan semakin cepat proses pembentukan Kristal tersebut. Besar kecilnya suhu juga berpengaruh pada bentuk serta ukuran celah dan juga berpengaruh pada struktur pertumbuhan kristal [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui serta mempelajari sintesa material *cermet* TiC dengan menggunakan metode pemaduan mekanik dengan *planetary ball mill*. Pengaruh penambahan molibdenum pada *cermet* TiC akan diamati pula pada penelitian ini. Tujuan selanjutnya yaitu mempelajari pengaruh temperatur sintering terhadap struktur mikro material *cermet* TiC.

2. Metode Penelitian

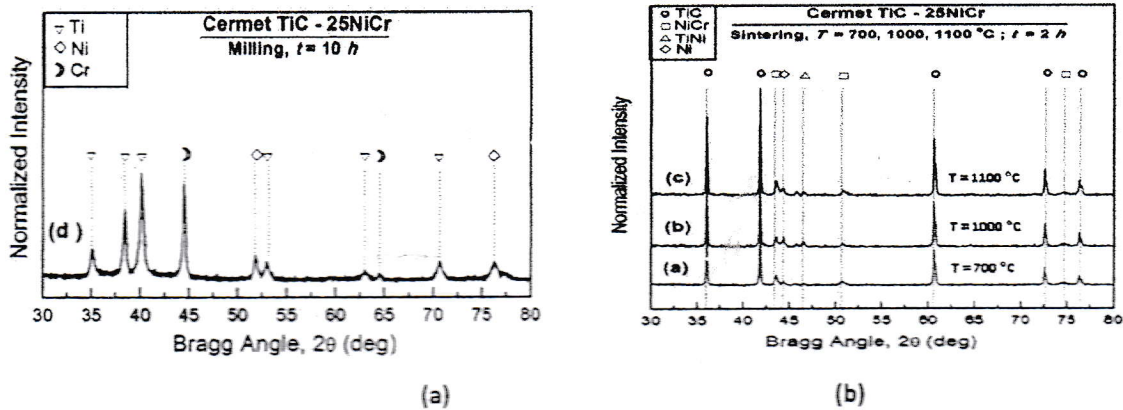
Preparasi sampel *cermet* berbasis TiC tersusun dari serbuk murni unsur Ti, C, Ni, Cr dan Mo. Sampel divariasikan dengan penambahan 0,3 % molibdenum dan tanpa molibdenum. Sampel yang telah dipreparasi dilakukan *milling* melalui alat *planetary ballmill* selama 10 jam.

Sampel yang telah dimilling kemudian dikompaksi dengan alat press sebesar 2000 MPa. Sampel kemudian dilakukan sintering dengan variasi temperatur pada 700, 1000 dan 1100 °C dalam suasana argon.

Setelah proses sintering kemudian sampel diuji XRD dan dianalisa dengan *software HighScore Plus*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa XRD *Cermet* TiC – 25NiCr tanpa Mo setelah *Milling* dan *Sintering*



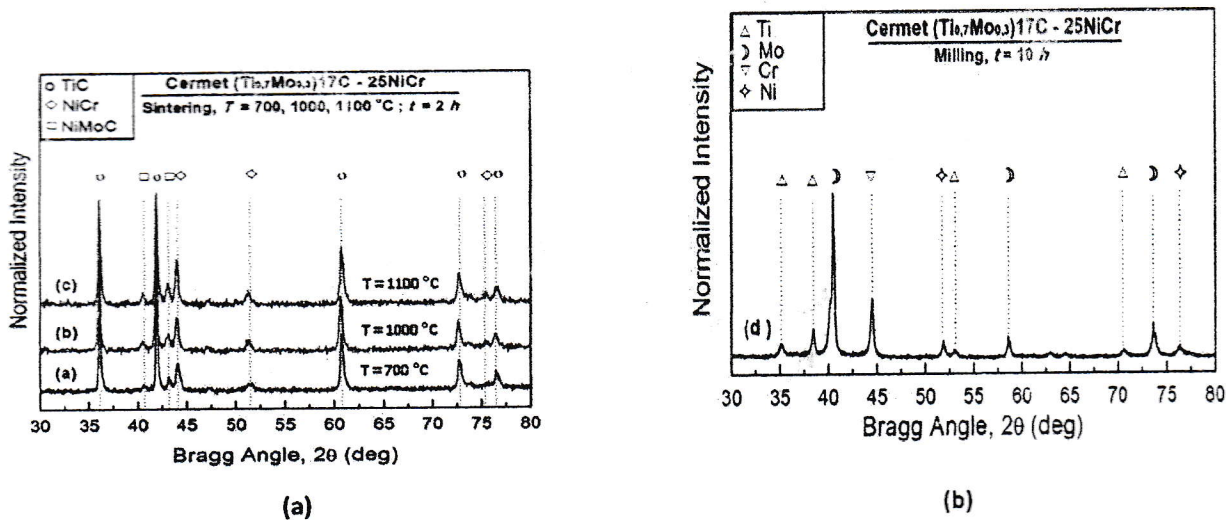
Gambar 1 Profil XRD Sampel *Cermet* TiC – 25NiCr (a) Setelah *milling* selama 10 jam dan (b) setelah sintering pada berbagai Temperatur : 700 °C ; 1000 °C dan 1100 °C selama 2 jam.

Pada Gambar 1 (a) menunjukkan profil XRD untuk sampel *cermet* TiC - 25NiCr tanpa Mo setelah proses *Milling* selama 10 jam, merupakan serbuk murni dari masing-masing unsur yang akan dicampur melalui pemaduan mekanik dengan alat *planetary ballmill* selama 10 jam, (b) setelah disintering pada temperature 700 °C, 1000 °C dan 1100 °C selama 2 jam. Hasil *milling* menunjukkan *peak* dari serbuk murni Ti, Ni dan Cr yang menyatakan bahwa serbuk hasil *milling* belum membentuk material *cermet*. Untuk serbuk karbon tidak terdeteksi pada XRD dikarenakan senyawa karbon memiliki struktur amorf yang merupakan material dengan penyusunan atom-atom secara tidak teratur. Gambar 1 (b) nampak *peak* yang menunjukkan pembentukan senyawa TiC serta NiCr serta penghalusan butir material tersebut. Pada sintering dengan temperatur 700 °C material *cermet* TiC telah terbentuk, hal ini ditunjukkan pada perubahan *peak* secara signifikan dari material hasil *milling* yang hanya menunjukkan *peak* unsur Ti, Ni dan Cr dan setelah dilakukan sintering material tersebut berubah menjadi TiC dan NiCr. Pembentukan material tersebut didapatkan dari tahap densifikasi dan coarsening saat sintering. Variasi

temperatur sintering yang dilakukan pada sampel tidak menunjukkan adanya perbedaan peak secara signifikan dari masing-masing temperatur. Variasi temperatur sintering hanya menghasilkan perubahan lebar dari peak material lain. Perubahan dari lebar peak material dapat menunjukkan perubahan ukuran kristalit dari material, semakin lebar peak dari material maka ukuran kristalit dari material tersebut semakin kecil.

3.2 Analisa XRD Cermet $(Ti_{0,7}Mo_{0,3})17C - 25NiCr$ dengan penambahan Mo setelah Milling dan Sintering

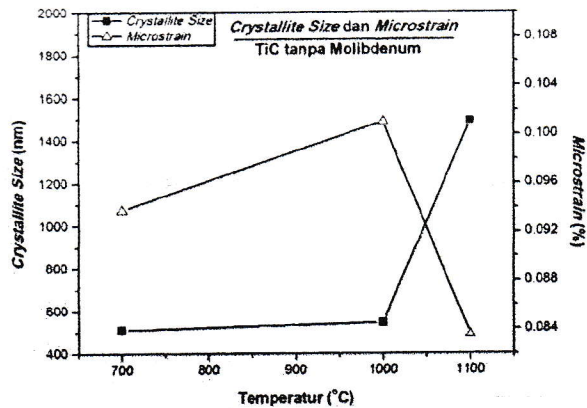
Gambar 2 (a) dan (b) dapat terlihat bahwa *peak-peak* dari setiap unsur berbeda-beda. Perbandingan hasil grafik milling dengan grafik setelah sintering sangat berbeda, posisi *peak* dari unsur murni saat milling berubah setelah dilakukannya sintering. *Peak* pada hasil sintering menunjukkan *peak* dari paduan material cermet. Pada temperatur 700 °C struktur paduan TiC dan NiCr telah terbentuk, namun terdapat paduan lain yang tidak diharapkan yaitu paduan NiMoC. Terlihat pada hasil XRD variasi temperatur yang dilakukan saat sintering tidak terlalu berpengaruh, hanya saja *peak* untuk paduan NiCr pada 75 degree baru muncul pada temperatur 1000 °C, untuk paduan lain hanya berubah lebar *peak* dari masing-masing temperatur.



Gambar 2 Profil XRD Sampel Cermet $(Ti_{0,7}Mo_{0,3})17C - 25NiCr$ (a) Setelah milling selama 10 jam dan (b) setelah sintering pada berbagai Temperatur : 700 °C ;1000 °C dan 1100 °C selama 2 jam.

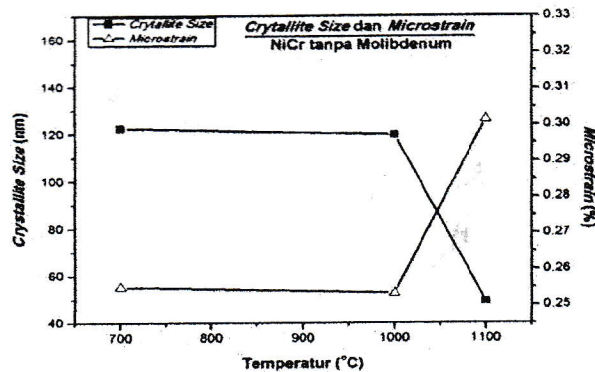
3.3 Analisa Crystallite Size dan Microstrain senyawa TiC dengan variasi temperatur sintering hasil milling 10 jam tanpa Molibdenum.

Dari grafik tersebut dapat dianalisa bahwa ukuran kristalit TiC semakin besar seiring dengan bertambahnya temperatur sintering. Ukuran kristalit berubah secara signifikan pada temperatur 1100 °C, pada temperatur 1000 °C ukuran kristalit sebesar 545,1999 nm bertransformasi menjadi 1.492,674 nm pada temperatur 1100 °C. Perubahan ukuran kristalit mengasumsikan bahwa proses pertumbuhan butir pada saat sintering telah terjadi.



Gambar 3 Grafik hubungan variasi Temperatur Sintering dengan *Crystallite Size* dan *Microstrain* untuk senyawa TiC pada sampel tanpa Molibdenum.

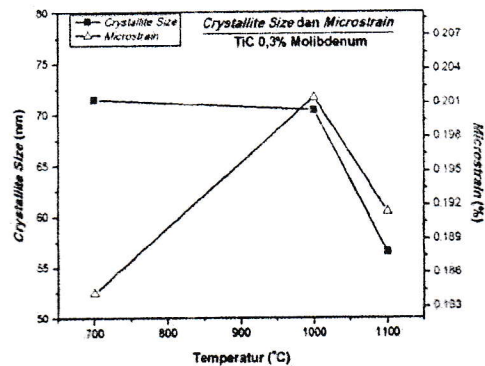
3.4 Analisa *Crystallite Size* dan *Microstrain* senyawa NiCr dengan variasi temperatur sintering hasil milling 10 jam tanpa Molibdenum.



Gambar 4 Grafik hubungan variasi Temperatur Sintering dengan *Crystallite Size* dan *Microstrain* untuk senyawa NiCr pada sampel tanpa Molibdenum.

Dari grafik tersebut ukuran kristalit dari NiCr mengalami pengurangan ukuran seiring dengan penambahan temperatur sintering. Pergeseran *peak* XRD terjadi secara signifikan pada temperatur antara 1000 sampai 1100 °C, pergeseran *peak* XRD ini diakibatkan dari penurunan nilai *microstrain* secara signifikan pada temperatur tersebut. Mengacu pada hasil analisa XRD pada Gambar 2 terlihat bahwa unsur Ni memiliki puncak *peak* XRD sendiri dan bergabung menjadi TiNi, diasumsikan penurunan ukuran kristalit NiCr diakibatkan belum sempurnanya pembentukan (*densificatoin*) persenyawaan tersebut saat sintering pada temperatur 1100°C.

3.5. Analisa Crystallite Size dan Microstrain senyawa TiC dengan variasi temperatur sintering hasil milling 10 jam dengan penambahan 0,3 % Molibdenum.

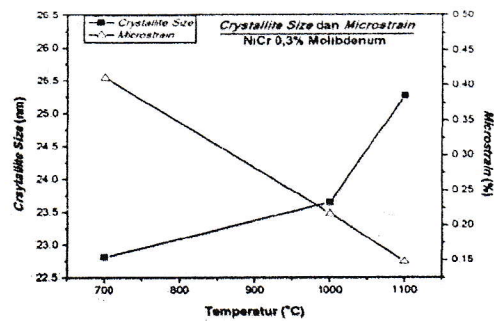


Gambar 5 Grafik hubungan variasi Temperatur Sintering dengan Crystallite Size dan Microstrain untuk senyawa TiC pada sampel dengan penambahan 0,3 % Molibdenum.

Dari grafik diatas terlihat ukuran kristalit TiC berkurang pada setiap penambahan temperatur sintering. Pengurangan ukuran kristalit ini diakibatkan adanya molibdenum yang tersubstitusi pada atom-atom TiC, molibednum yang ditambahkan akan berfungsi sebagai inhibitor pada *cermet* berbasis TiC sehingga pertumbuhan ukuran kristalit TiC akan terhambat [4]. Besarnya energi untuk mempertahankan ukuran kristalit TiC dapat terlihat pada perubahan nilai *microstrain* yang signifikan pada temperatur antara 700 sampai 1000 °C. Pada temperatur 1000 sampai 1100 °C ukuran kristalit dari TiC secara signifikan berkurang, hal ini mengasumsikan bahwa pemadatan butiran kristal saat sintering telah terjadi.

3.6 Analisa Crystallite Size dan Microstrain senyawa NiCr dengan variasi temperatur sintering hasil milling 10 jam dengan penambahan 0,3 % Molibdenum.

Dari Gambar 6 bahwa ukuran kristalit dari NiCr bertambah dengan bertambahnya temperatur sintering. Selama proses sintering, jika dalam proses pergerakan atom lebih cenderung pada pemadatan (*densification*) maka rongga menjadi lebih kecil dan menghilang. Sehingga atom akan lebih padat dan memiliki ukuran kristalit yang besar [3].



Gambar 6 Grafik hubungan variasi Temperatur Sintering dengan Crystallite Size dan Microstrain untuk senyawa NiCr pada sampel dengan penambahan 0,3 % Molibdenum.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan beserta hasil yang telah dianalisa maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemaduan mekanik dengan alat *planetary ball mill* selama 10 jam serta sintering dengan memvariasikan temperatur mampu mensintesa unsur Ti, C, Ni, Cr dan Mo menjadi material *cermet* yang diharapkan.
2. Molibdenum yang ditambahkan pada material *cermet* dapat mempengaruhi ukuran kristalit pada setiap persenyawaan penyusun material *cermet*.
3. Untuk material *cermet* tanpa molibdenum pada *peak* XRD dengan sudut 2 theta sebesar 41,86 deg. senyawa TiC pada temperatur 700 °C memiliki ukuran kristalit sebesar 511,0636 nm, temperatur 1000 °C sebesar 545,1999 nm dan temperatur 1100 °C sebesar 1.492,674 nm.
4. Untuk material *cermet* dengan penambahan 0,3 % molibdenum pada *peak* XRD dengan sudut 2 theta sebesar 36 deg. senyawa TiC pada temperatur 700 °C memiliki ukuran kristalit sebesar 71,53468 nm, temperatur 1000 °C sebesar 70,41513 nm dan temperatur 1100 °C sebesar 56,46794 nm.
5. Penambahan molibdenum dapat menjadi inhibitor pada pertumbuhan kristalit untuk senyawa TiC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liu, L dan Lai, M.O. 1998. *Mechanical Alloying*. New York : Springer Science
- [2] Naidoo, Melisha. 2012. *Dissertation Preparation Of (Ti,Ta) (C,N) By Mechanical Alloying*. Johannesburg : University Of The Witwatersrand
- [3] Michel. W, Barsoum, 2003. *Fundamentals of Ceramics*. USA : Department of Materials Engineering, Drexel University.
- [4] Jun Kui Yang, Hu-Chul Lee. 1996. *Microstructural Evolution During The Sintering of a Ti(C,N)-Mo₂C-Ni Alloy*. South Korea : Department of Metallurgical Engineering, Seoul National University.