

## 食品機械用緻密磨石製程參數之研究

曾春風<sup>1\*</sup> 郭央諶<sup>1</sup> 李景恆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立虎尾科技大學材料科學與工程系 副教授

<sup>2</sup>國立虎尾科技大學材料科學與工程系 講師

### 摘 要

本研究以不同粒度碳化矽(SiC)、棕剛玉( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)為主成分,並添加各種添加劑,以粉末冶金方式加壓後,前者於1450~1650°C、後者於1350~1500°C燒結形成磨石試樣。試樣經由密度測試及抗滲水性試驗,以了解不同粒度主成分含量、燒結溫度、添加劑等對視密度及抗滲水性的影響。

實驗結果顯示,含90wt%碳化矽(粒度14#:150#:350#重量比值為2:1:2)之主成分中,添加不同比例之Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>添加劑,於1475°C燒結2小時,皆可得高視密度及抗滲水性之試樣。

另外,主成分棕剛玉重量(wt%)佔80%(粒度14#:150#=50wt%:30wt%)之試樣,添加15wt%鉀長石、3wt%石英、2wt%油土,於1425~1475°C之間燒結45min.,亦可獲得高視密度及良好之抗滲水性。

**關鍵詞:** 碳化矽、棕剛玉、添加劑、燒結溫度、視密度、抗滲水性。

---

\*聯繫作者: 國立虎尾科技大學材料科學與工程系,雲林縣虎尾鎮文化路64號。

Tel:+886-5-6315465

Fax:+886-5-6361981

E-mail:cftseng@nfu.edu.tw

## 壹、前言

磨石是磨豆機、磨米機等食品機械設備之關鍵性零件，是設備之心臟。磨石好壞直接影響研磨效率及研磨後豆漿、米漿產品的品質。一個理想的磨石必須在研磨時有銳利的磨料顆粒有效研磨豆、米等食品，且在磨料顆粒鈍化後能脫落出現新銳利之顆粒，如此周而復始，才能有效研磨食品〔1〕。磨石顆粒大小、顆粒分布，顆粒本身性質、結合性及其形狀影響研磨效率。目前坊間使用之傳統磨石因具有大量的孔隙，研磨後豆漿、米漿積聚其中，難於清除，造成發霉生菌產生十分嚴重的衛生問題。

磨豆、磨米等食品機械用之磨石一般是以碳化矽(silicon carbide, SiC)、氧化鋁(即棕剛玉 brown alumina or aluminium oxide,  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ )等研磨料為素材，以粉末冶金方式燒結製成。碳化矽具高硬度(HV2550~3000)，是現今已知材料中次於鑽石，立方氮化硼和碳化硼的第四硬質材料，但由於碳化矽生產成本遠低於上述三種材料，所以大量用於研磨材，且佔有很大優勢。而氧化鋁化學性能穩定，硬度(HV2500 左右)高及機械強度大，也是優良的研磨素材〔2〕。

某食品機械公司(本研究計畫合作廠商，因商業機密及利益不列名)磨豆、磨米等食品機械用的磨石以上述碳化矽、氧化鋁等為素材，利用粉末冶金方式燒結而成，但此種磨石會出現孔隙而衍生上述衛生問題。雖然碳化矽、氧化鋁等磨料素材可以以熱均壓或液相燒結方式製成緻密而不滲液漿之磨石，但前者設備費高，公司無此設備支援，後者燒結之磨石顆粒易粗化鈍化，而粗化鈍化後顆粒不易脫落產生新顆粒，因而降低研磨效率，且公司目前僅有 1700°C 以下燒結爐，無法用在需近 2000°C 之液相燒結方式。另外，根據日本學者與業界合作研究結果〔3〕；採用所謂高壓石炭磨碎法(high pressure coal trituration)形成大膠體(masscolloider)方式以製成高緻密性而不滲液漿之磨石，但單價高(約上述一般傳統磨石 80~100 倍價格)不符合經濟效益。基於公司設備限制及有效運用現有之設備，並符合磨石低單價之要求，因此本研究擬以低單價、低純度之不同粒度碳化矽、氧化鋁為磨石素材，在此二種素材中添加各種燒結助劑(燒結劑)、緻密劑等添加劑，利用粉末冶金方法，採低溫燒結方式(1700°C 以下)製成適合磨豆機、磨米機等食品機械用緻密而

不滲液漿磨石，以提高磨石之研磨效率，降低磨石單價，並解決衛生問題。

## 貳、實驗方法與步驟

### 一、實驗材料之組成

在以碳化矽(SiC)為主成分方面，根據研究〔4~6〕於不同粒度碳化矽中添加  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  等添加劑，在無壓力(常壓)下燒結其燒結溫度必需介於 1850~2000°C 才能得到高緻密度試樣，而在模壓 50MPa 之 1950°C 液相燒結試樣亦可獲得高緻密度。另外，在以氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )為主成分方面，根據研究〔1, 7〕不同粒度棕剛玉( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )之混合比例會影響緻密度及孔隙度，而在不同粒度棕剛玉中添加鉀長石( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ )、石英、油土等有助於緻密度的提高。因此本研究中首先選擇三種不同粒度碳化矽，並添加  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ ，及加入聚乙烯醇(polyvinyl alcohol 簡稱 PVA)水溶液當成黏結劑，在模壓 108MPa (11 kg/mm<sup>2</sup>)下成形，於 1450~1650°C 之低溫燒結。另外，在不同粒度棕剛玉中添加鉀長石、石英、油土等，並加入 PVA 水溶液當成黏結劑，在上述相同模壓下成形，於 1350~1500°C 低溫燒結。吾人希望藉由小顆粒粉末填充大顆粒間的孔隙以及添加緻密劑和加大模壓，以期降低試樣孔隙度達到抗滲水目的。詳細實驗材料之組成如表 1 所示，材料之詳細化學成分如表 2 及表 3。

### 二、實驗流程圖

在主成分(SiC 或  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )混合各種添加劑經 1200°C 煨燒(calcination)、過篩後再加入 PVA 均勻混合。烘乾後再行造粒、加壓成形及燒結，詳細流程如圖 1。

### 三、實驗儀器設備

本研究所使用主要設備包括 20 噸油壓成型機(圖 2)及粉壓胚成型模具(圖 3)等作為粉末加壓成型之用，1700°C 可程式燒結爐(圖 4)作為煨燒及燒結用，電子分析天平量測粉末配料重量及量測試樣重量。

### 四、煨燒及燒結

主成分和添加劑依比例混合後進行 1200°C 煨燒,其過程如圖 5 所示。試樣模壓成形後進行燒結,組成[I](SiC)及組成[II](Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之燒結流程分別如圖 6、圖 7 所示。

## 五、實驗條件

為瞭解碳化矽及棕剛玉不同顆粒度、組成,燒結溫度和添加劑等對視密度及抗滲水性的影響,以表 4、表 5、表 6、(以上碳化矽 SiC)、表 7(以上棕剛玉 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之實驗條件依圖 1 實驗流程進行實驗。

## 六、測試

本研究擬以配方及燒結溫度等實務角度為出發點,不擬對燒結之緻密機構及相關機械性質、相變化等作探討,因此只做視密度測試及抗滲水性試驗。

### (一) 視密度之測試

視密度是不含開放孔洞但含封閉孔洞之密度值。因此也是密度數值介於體積密度與理論密度之間的密度。其測試是以水為媒介的阿基米德式法,在測密度之前將試片放入水中加熱將水煮沸,以將開放孔洞之氣體趕走,使水將之充滿,其公式如下:

$$\rho_{ap}=(W_a \times \rho_1)/(W_a \times S)$$

其中  $W_a$ : 試樣空氣中乾重

$S$ : 試樣懸浮於水中重

$\rho_1$ : 水密度(g/cm<sup>3</sup>)

### (二) 抗滲水性試驗

本研究主要的目的是燒結製造出緻密之磨石,亦即希望磨石在常壓研磨過程中不滲入流體漿液,因此需做常壓之抗滲水性測試,其方法是將完成之試樣表面以滴定管滴水(常壓),以透明玻璃燒杯蓋住試樣防止水滴蒸發,再觀察 5 分鐘檢視水滴是否滲入試樣,以判斷是否抗滲水。

## 參、結果與討論

### 一、碳化矽(SiC)為主成分

#### (一) 成分之影響

為了解不同粒度碳化矽 SiC,添加劑 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、

Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量對視密度及滲水性之影響,以圖 6 的燒結流程,表 2 實驗條件(S0-S8)進行實驗,所得結果如表 8。在固定添加劑(6wt%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、4wt%Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),不同粒度碳化矽 SiC 組成含量下,於 1500°C 燒結,其視密度介於 2.38~2.61g/cm<sup>3</sup> 之間。當燒結溫度降至 1450°C 其視密度提高至介於 2.50~2.62g/cm<sup>3</sup> 之間。由結果可知碳化矽 SiC 顆粒粗(粒度小)者含量愈高視密度愈低,如 S3、S4 和 S7、S8 即是,且燒結溫度高者此現象愈明顯,如燒結溫度 1500°C 比 1450°C 者視密度低。此意味著顆粒粗(粒度小)含量愈高及較高溫度燒結者其視密度較低。但滲水性實驗結果發現上述條件燒結之試樣都會產生滲水現象,此顯示 1450°C、1500°C 之燒結溫度下,上述成分不是理想者。根據 She 等人研究 [4],碳化矽 SiC 中添加總量 10wt%之 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 添加劑(其中 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 25~62.5 wt%),依混合法則計算可得 3.2~3.3 g/cm<sup>3</sup> 之理論密度,但本實驗僅得 2.38~2.62g/cm<sup>3</sup> 之視密度,顯然上述燒結條件中之燒結溫度或添加劑的量必須作修正。雖然上述條件之下的試樣皆會產生滲水,但由實驗編號 S1~S4 及 S5~S8 的結果發現,碳化矽粒度 14#:150#:350#重量(wt%)比值為 2:1:2 時其視密度較高,此顯示不同粒度碳化矽 SiC 在上述重量比之下可得較高視密度。

#### (二) 燒結溫度之影響

由 3-1-1 的結果可知碳化矽粒度 14#:150#:350#重量比值為 2:1:2 時,視密度較高,因此碳化矽 SiC 以此比例為基礎,並固定添加劑(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之量,而調整其燒結溫度,如表 5 實驗條件 S9~S12,實驗結果如表 9。燒結溫度 1650°C(S9)者其視密度最高,但會產生滲水現象,且試片產生變形,燒結溫度 1450°C(S12)者其視密度低亦會滲水,而 1475°C(S11)者之密度亦高(2.76 g/cm<sup>3</sup>),但不產生滲水現象。此結果顯示燒結溫度愈高視密度愈大,但未必能抗滲水,燒結溫度太高或過低燒結試樣皆產生滲水現象,因此較佳燒結溫度為 1475°C。

#### (三) 添加劑(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之影響

為了解添加劑(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之影響,以圖 6 之燒結流程以表 6 的實驗條件 S13~S16 進行實驗,

其實驗條件是以 3-1-1 中碳化矽粒度  $14^\# : 150^\# : 350^\#$  重量比值為 2:1:2 及 3-1-2 中燒結溫度  $1475^\circ\text{C}$  為基準, 固定添加劑量(10wt%)而改變添加劑中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  之比例, 其結果如表 10, 雖然其視密度未大量提升, 但滲水性實驗皆顯現不滲水現象。由 3-1-2 燒結溫度之影響中的結果得知燒結溫度愈高視密度愈大, 但未必能抗滲水; 再由本節燒結溫度  $1475^\circ\text{C}$  而改變添加劑中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  之比例結果試樣皆顯現不滲水, 如此可知只要碳化矽粒度  $14^\# : 150^\# : 350^\#$  重量比值為 2:1:2, 且固定燒結溫度在  $1475^\circ\text{C}$ , 不論添加劑中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  之比例如何改變皆有抗滲水效果, 另外由表 6 及表 10 的結果也可知,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量增加、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  含量減少其緻密度可稍微增加, 但都不影響抗滲水效果, 亦即燒結溫度之重要性明顯大於添加劑中  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  之比例改變。此結果顯示在上述碳化矽比例(SiC 粒度  $14^\# : 150^\# : 350^\#$  重量比值為 2:1:2)及固定添加劑量(10wt%), 於燒結溫度  $1475^\circ\text{C}$  之燒結條件下, 試樣可達良好的抗滲水效果。

## 二、氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )為主成分

### (一) 石英粉末的影響

在先前預備實驗中發現未添加石英者, 燒結後試樣用肉眼即可看到孔隙, 且皆產生滲水, 而添加石英粉末, 燒結後試樣肉眼看不到孔隙, 且也改善滲水現象, 因此後續實驗將添加石英粉末。

### (二) 燒結溫度的影響

在棕剛玉( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 總量 80wt%( $14^\# : 150^\# = 50\% : 30\%$ ), 添加 15wt%鉀長石、3wt%石英、2wt% 油土, 無論完全烘乾與否, 於  $1350^\circ\text{C}$  燒結其試樣視密度雖很高, 但都產生滲水現象, 因此  $1350^\circ\text{C}$  燒結溫度可能不是理想溫度, 故將燒結溫度提升至  $1425 \sim 1475^\circ\text{C}$ , 並改變組成。為了解上述燒結溫度的影響, 以圖 7 燒結流程及表 7 實驗材料之 A2~A4 進行實驗, 結果如表 11 之 A2~A4, 其視密度隨燒結溫度的增加而稍有提高, 但溫度再提高其視密度反而下降, 而以上三條件下的燒結結果顯示試樣皆不會產生滲水現象。再由 A6、A7 之實驗條件也可知道, 組成固定時, 燒結溫度提高至  $1500^\circ\text{C}$  時燒結試樣會產生滲水現象, 再由前述 A1、A5 的結果可知,

燒結溫度降至  $1350^\circ\text{C}$ , 燒結後視密度雖提高, 但試樣皆會滲水, 因此顯然在上述組成下, 燒結溫度太高或太低都不是理想溫度。而由表 11 的結果也可知, 視密度大的燒結試樣, 未必能抗滲水。

### (三) 鉀長石之影響

由 A1、A5、A6、A7 之結果可知, 鉀長石量 12wt%燒結溫度太低( $1350^\circ\text{C}$ )雖然視密度很高, 但仍然產生滲水現象, 如此可見若添加超過 12wt%鉀長石其燒結溫度也應相對提高。另外, 鉀長石量 15wt%時, 燒結溫度  $1425 \sim 1475^\circ\text{C}$  皆可獲得抗滲水燒結試樣, 如此可知鉀長石量不宜太低, 若鉀長石量太低, 則應提高燒結溫度, 例如 A7 之鉀長石量 12wt%, 燒結溫度提高至  $1450^\circ\text{C}$  時, 燒結試樣即不滲水, 而 A1、A5 之鉀長石量 12 wt%, 燒結溫度  $1350^\circ\text{C}$  皆產生滲水現象。

## 肆、結論

1. 以碳化矽(SiC)為主成分的組成中, 含 90wt% SiC (粒度  $14^\# : 150^\# : 350^\#$  重量(wt%)比值為 2:1:2)為基準, 並添加總量 10 wt%之不同比例的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$  添加劑, 於  $1475^\circ\text{C}$  燒結 2 小時可得良好抗滲水性的試樣, 且隨  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的量的增加和  $\text{Y}_2\text{O}_3$  含量減少, 其視密度可稍微增加。
2. 以棕剛玉( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )為主成分的組成中, 含 80wt%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (粒度  $14^\# : 150^\# = 50\% : 30\%$ ), 並添加 15wt%鉀長石、3wt%石英、2wt%油土, 於  $1425 \sim 1475^\circ\text{C}$  之間燒結 45min, 其結果顯示試樣具抗滲水性。

## 誌謝

本研究經費由國科會(NSC92-2622-E-150-011-CC3) 支援特此誌謝。

## 參考文獻

1. AGW 技術資料, 亞洲砂輪工業股份有限公司。
2. 汪建民等, 陶瓷技術手冊, 初版, 中華民國粉末冶金協會出版, 經濟部技術處發行, 新竹, 第 683-715 頁及第 745-776 頁 (1994)。
3. 日本磨石商業產品, NONPOROUS GRINDER—

(patented) Masscolloider.

4. J. h. She, K. Ueno, Densification behavior and mechanical properties of pressureless-sintered silicon carbide ceramics with alumina and yttria additions, *Materials Chemistry and Physics* 59(1999)139-142.
5. O. P. Chakrabarti, P. K. Das, J. Mukerji, Growth of SiC particles in reaction sintered SiC. *Materials Chemistry and Physics* 67(2001)199-202.
6. A. L. Ortiz, A. Muñoz-Bernabé, O. Borrero-López, A. Dominguez-Rodriguez, Effect of sintering atmosphere on the mechanical properties of liquid-phase sintered SiC, *Journal of the European Ceramic Society* 24(2004) 3245-3249.
7. S. A. Schmidt, I. Nettleship, The effect of coarse particles on the microstructural evolution of porous alumina sintered at 1375°C, *Journals of European Ceramic Society* 24(2004) 2741-2747.

表 1 實驗材料之組成

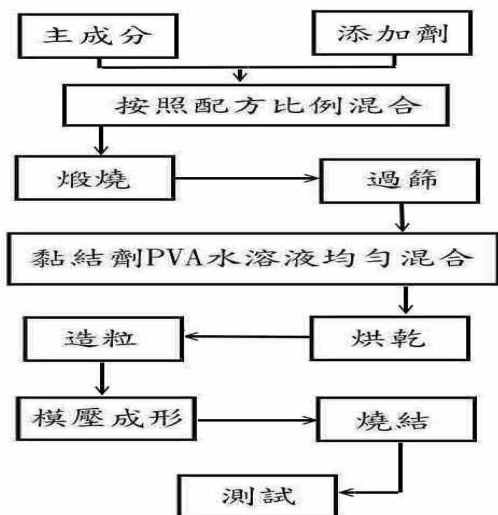
項目	主成分	添加劑	黏結劑
組成 I	SiC [14 <sup>#</sup> ]	氧化鋁(alumina、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 氧化釔(yttria、Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	聚乙烯醇 (polyvinyl alcohol、PVA)
	SiC [150 <sup>#</sup> ]		
	SiC [350 <sup>#</sup> ]		
組成 II	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [14 <sup>#</sup> ]	鉀長石(KO <sub>2</sub> · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 6SiO <sub>2</sub> ) 石英、油土	聚乙烯醇 (polyvinyl alcohol、PVA)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [150 <sup>#</sup> ]		

表 2 組成[I]材料之化學成分

材 料	化 學 成 分
碳化矽 (silicon carbide、SiC)	[粒度 14 <sup>#</sup> ] SiC > 96.60 wt%、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0.60 wt%、F.C. < 0.20wt%、Bal. : 其他 [粒度 150 <sup>#</sup> ] SiC > 98.80 wt%、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0.80 wt%、F.C. < 0.30wt%、Bal. : 其他 [粒度 350 <sup>#</sup> ] SiC > 97.00wt%、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 1.20 wt%、F.C. < 0.30wt%、Bal. : 其他
氧化鋁 (alumina、Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	[顆粒尺寸 0.4μm] Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 99.90wt%、Bal. : SiO <sub>2</sub> 、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
氧化釔 (yttria、Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	[顆粒尺寸 0.3μm] Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 99.99wt%、Trace Elements(Ag、Ca、Er、Hg、Gd、Al、Yb、La、Zn、Na、Mg、B、Fe、Cr、Lu) in PPM

表 3 組成[II]材料之化學成分

材 料	化 學 成 分
棕剛玉 (brown aluminium oxide)	[粒度 14 <sup>#</sup> ] 94.50~97.00wt%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、1.50~3.80 wt%TiO <sub>2</sub> 、Bal. : SiO <sub>2</sub> 、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	[粒度 150 <sup>#</sup> ] Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 93.50 wt%、1.50~3.80 wt%TiO <sub>2</sub> 、Bal. : SiO <sub>2</sub> 、Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
鉀長石 (potash feldspar)	65.9wt%SiO <sub>2</sub> 、18.8 wt% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、10.8 wt%K <sub>2</sub> O、3.7 wt%Na <sub>2</sub> O 0.08 wt%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、0.42 wt%L.O.I、Bal. : 其他
油土 (clay ceram)	53.4 wt%SiO <sub>2</sub> 、30.1 wt%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、0.90 wt%TiO <sub>2</sub> 、0.71 wt%K <sub>2</sub> O 0.64 wt% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、0.39 wt%MgO、0.24 wt%Na <sub>2</sub> O、0.06 wt%CaO 13.28 wt%L.O.I、Bal. : 其他
石英粉 (silica powder)	[粒度 200 <sup>#</sup> ] 99.52 wt% SiO <sub>2</sub> 、0.3wt% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、0.014wt%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、Bal. : 其他



- 註：1. 配方前將所需要的材料置於 100°C 的烘烤箱中停留一個小時。  
2. 配方後,加 PVA 水溶液後置與於烘箱中烘乾一個小時。  
3. 壓模成型壓力為 108MPa (11 kg/mm<sup>2</sup>)。

圖 1 實驗流程



圖 2 20 噸油壓成型機



圖 3 粉壓胚成型模具(左：下模，中：母模，右：上模)



圖 4 1700°C 可程式燒結爐

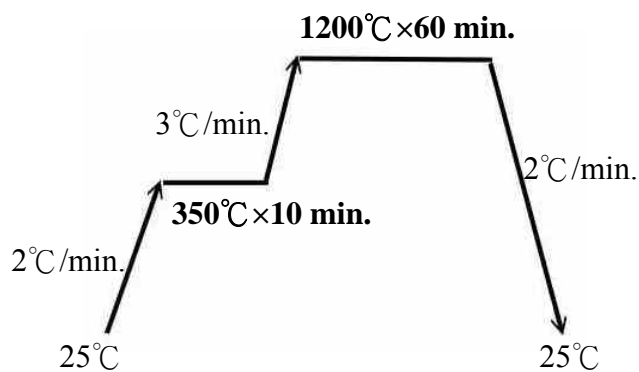


圖 5 煅燒流程

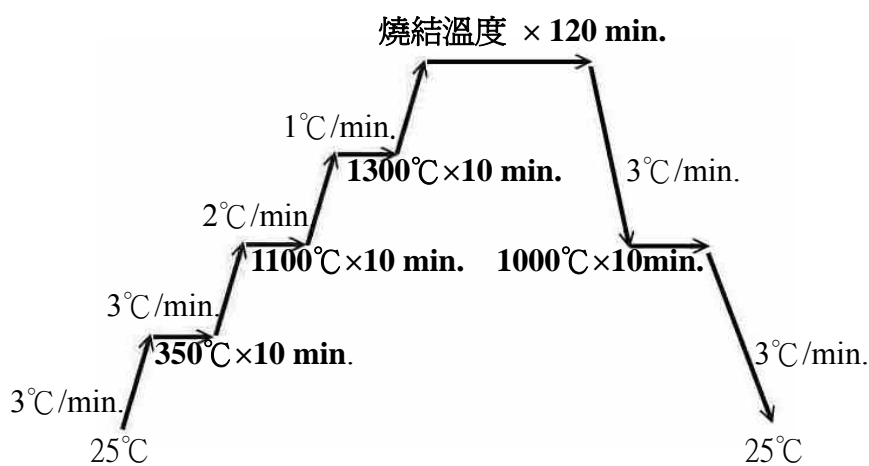


圖 6 成分[I](SiC)之燒結流程

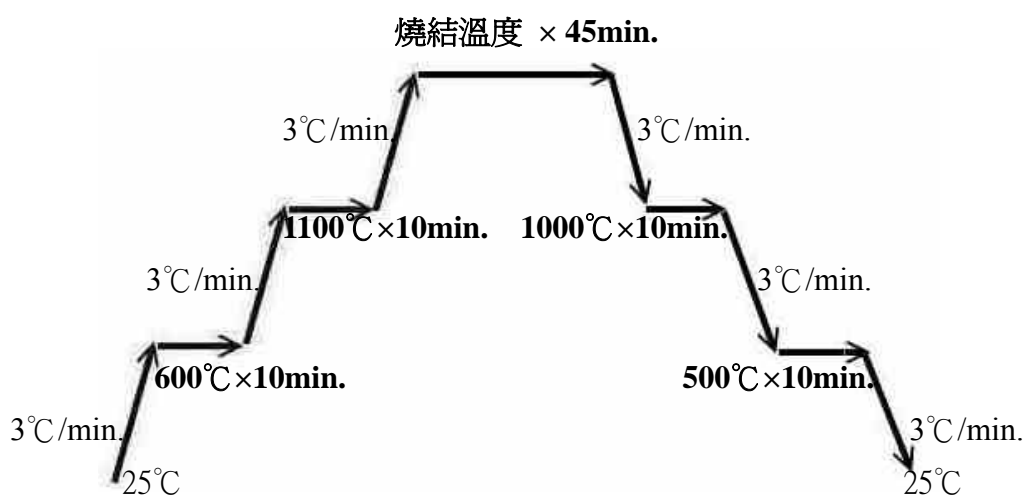


圖 7 成分[II](Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)之燒結流程



表 4 組成[I](SiC)實驗條件(1)

實驗編號 組成內容	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
SiC 14 <sup>#</sup> (wt%)	34	36	36	45	45	36	36	45	45
SiC150 <sup>#</sup> (wt%)	17	18	27	30	22.5	18	27	15	22.5
SiC350 <sup>#</sup> (wt%)	34	36	27	30	22.5	36	27	30	22.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	11	6	6	6	6	6	6	6	6
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
燒結溫度 (°C)	1500	1500	1500	1500	1500	1450	1450	1450	1450
備 註	成分之影響								

表 5 組成[I](SiC)實驗條件(2)

實驗編號 組成內容	S9	S10	S11	S12
SiC 14 <sup>#</sup> (wt%)	36	36	36	36
SiC 150 <sup>#</sup> (wt%)	18	18	18	18
SiC 350 <sup>#</sup> (wt%)	36	36	36	36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	6	6	6	6
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	4	4	4	4
燒結溫度 (°C)	1650	1500	1475	1450
備 註	溫度之影響			

表 6 組成[I](SiC)實驗條件(3)

實驗編號 組成內容	S13	S14	S15	S16
SiC 14 <sup>#</sup> (wt%)	36	36	36	36
SiC 150 <sup>#</sup> (wt%)	18	18	18	18
SiC 350 <sup>#</sup> (wt%)	36	36	36	36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	10	8	5	2
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (wt%)	0	2	5	8
燒結溫度 (°C)	1475	1475	1475	1475
備 註	添加劑比例之影響			

表 7 組成[II](Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)實驗條件

實驗編號 組成內容	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
棕鋼玉 14 <sup>#</sup> (wt%)	48	50	50	50	48	42	42
棕鋼玉 150 <sup>#</sup> (wt%)	32	30	30	30	32	35	35
鉀長石(wt%)	12	15	15	15	12	14	12
石英(wt%)	5	3	3	3	5	6	8
油土(wt%)	3	2	2	2	3	3	3
燒結溫度(°C)	1350	1425	1450	1475	1350	1500	1450
備註	未添加水分，完全烘乾				加少許水， 未完全烘乾	未添加水分，完全烘乾	

表 8 組成[II](SiC)實驗結果(1)

實驗編號 結果	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
視密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.61	2.56	2.44	2.53	2.62	2.61	2.50	2.61
抗滲水性	×	×	×	×	×	×	×	×	×

註：√：滲水試驗時不會滲水，×：滲水試驗時會滲水

表 9 組成[II](SiC)實驗結果(2)

實驗編號 結果	S9	S10	S11	S12
視密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.86	2.78	2.76	2.62
抗滲水性	×	×	√	×

註：√：滲水試驗時不會滲水，×：滲水試驗時會滲水

表 10 組成[I](SiC)實驗結果(3)

實驗編號 結果	S13	S14	S15	S16
視密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.68	2.62	2.59	2.54
抗滲水性	√	√	√	√

註：√：滲水試驗時不會滲水，×：滲水試驗時會滲水

表 11 組成[II](Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)實驗結果

實驗編號 結果	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
視密度 (g/cm <sup>3</sup> )	3.16	2.85	2.96	2.89	3.18	2.96	2.95
抗滲水性	×	√	√	√	×	×	√

註：√：滲水試驗時不會滲水，×：滲水試驗時會滲水

## A study on processing parameter of densification grindstone for food grinding machine

Chun-Feng Tseng<sup>1\*</sup> Iang-Chern Kuo<sup>1</sup> Jiing-Herng Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, Department of Materials Science and Engineering, National Formosa University

<sup>2</sup>Lecturer, Department of Materials Science and Engineering, National Formosa University

### Abstract

In this study, we select silicon carbide (SiC) 、brown alumina ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of different particle sizes as main content of grindstone specimens, also adding some kinds of additives. The grindstone specimens were formed by press-forming and sintered at different sintering temperatures. The apparent density measurement and anti-water permeation test will be carried out to reveal the effect of main content (wt%) of different particle sizes 、sintering temperatures 、additives on apparent density and anti-water permeation of sintered grindstone specimens.

The results show the weight ratio of particles size 14<sup>#</sup> 、150<sup>#</sup> 、350<sup>#</sup> silicon carbide main content is 2 : 1 : 2, if adding different ratio Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as additives, and sintering at 1475°C for 2hours, we can get the grindstone specimens which have a high apparent density and good anti-water permeation.

Also, the specimens which have a main content of an 80 wt % ( particles size 14<sup>#</sup> : 150<sup>#</sup> = 50% : 30%) brown alumina, and adding 15wt% potash feldspar (K<sub>2</sub>O · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 6SiO<sub>2</sub>) 、3wt% silica powder, 2wt% clay ceram as additives, then sintering at 1425~1475°C for 45 minutes, we can get the high apparent density and good anti-water permeation specimens too.

**Key Words: silicon carbide, brown alumina, additives, grindstone, apparent density, anti-water permeation.**

---

\*Corresponding Author: Department of Materials Science and Engineering, National Formosa University, No. 64, Wen-Hua Road, Hu Wei, Yun Lin, 63208, Taiwan.

Tel: +886-5-6315465

Fax: +886-5-6361981

E-mail: cftseng@nfu.edu.tw