

# 放電プラズマ焼結法による刃物材料の開発

高橋 志郎、下野 功

## Development of Knife Materials by Spark Plasma Sintering Method

Shiro Takahashi and Isao Shimono

### 要 旨

現在、食品加工用機械における刃物などの切削・切断用部品にはステンレス鋼が多く用いられている。ステンレス鋼には、加工や再研磨の容易性といった利点もあるが、耐食性や耐摩耗性などに多くの問題を抱えていると言えることから、これに代わる材料の開発が望まれている。本研究では、これまで培ってきた粉末冶金に関する技術を更に発展させ、食品加工機械用の刃物への応用を目的とする機能性耐摩耗材料の設計・開発を行った。

開発材料は、いくつかのチタン(Ti)-ホウ素(B)系のセラミックス材料を設計し、耐摩耗試験を行った結果、良好な結果を得た。開発材料の高靱化、抗菌性、金属探知機による検出を目的とした磁性の付与といった新たな機能性についても検討を加えた結果、一定の成果が得られたのでここに報告する。

食品加工用機械の重要な部品の一つに、刃物などの切削・切断用部品がある。この部品は、耐食性は勿論のこと、機械的特性（硬度、靱性など）に優れ、さらに扱う食材によって多種多様な形状が必要とされることから、硬くて加工しやすいという、相反する特性を併せ持った材料の開発が求められている。水産食品加工会社の多い当地域にとり、耐摩耗性材料（刃物材料）の開発は材料関連の重要な研究開発テーマであると考えられる。現在、これらの刃物材料にはステンレス鋼が多く用いられている<sup>1)2)</sup>。ステンレス鋼は、耐食性や加工性に優れた特性を持つものの、比較的軟らかい材料という理由から、摩耗が激しいという欠点を有している。この問題の解決策として、セラミックス材料の応用が考えられる。しかし、セラミックス材料は、耐食性、硬度、強度に優れるものの、靱性に乏しいことから加工が困難であり、さらには刃が欠けたとき食品中に異物として混入したときにステンレス鋼に比べて検出されにくいなどの問題

点を抱えている。本研究は、これまで培ってきた粉末冶金に関する技術を更に発展させ、材料製造プロセスの可能性について検討し、刃物への応用を目的とする機能性耐摩耗材料の設計・開発を行った。また、耐摩耗材料の高靱化、抗菌性、金属探知機による検出を目的とした磁性の付与といった新たな機能性についても検討した。

本実験では、Ti（チタン）-B（ホウ素）系セラミックス材料を母材とする耐摩耗材料の設計を行った。Ti-B系セラミックス材料には、TiBとTiB<sub>2</sub>の二種類の結晶相が存在する。TiB<sub>2</sub>は硬度が高く、耐摩耗性に優れるが、脆くチップングが起りやすい。TiBは、硬度こそTiB<sub>2</sub>に劣るものの、比較的靱性が高く、食品用刃物として期待できる。本研究では、TiB<sub>2</sub>およびTiBを母材とし、さらに、TiB<sub>2</sub>に高い靱性を持たせるためにW（タングステン）を添加した試験片、さらに抗菌性を持たせるためのCu粒子および金属探知機による検出を目的としたマルテンサイト系ステンレス鋼SUS420

粒子を複合した各種耐摩耗材料を設計した。各試験片の組成を表1に示す。

表1 各試験片の組成

試験片	母材	Cu添加量 (%)	SUS粒子添加量 (%)
A	TiB <sub>2</sub>	—	—
B	TiB	—	—
C	(Ti,W)B <sub>2</sub>	—	—
D	(Ti,W)B <sub>2</sub>	—	1.0%
E	(Ti,W)B <sub>2</sub>	5.0%	—
F	(Ti,W)B <sub>2</sub>	2.0%	1.0%
G	(Ti,W)B <sub>2</sub>	5.0%	1.0%

耐摩耗材料の製造には、粉末冶金法の一つである放電プラズマ焼結 (Spark Plasma Sintering) 法を用いた。焼結温度は、TiB<sub>2</sub>単体のとき最も高い1750℃、TiBのとき1600℃、Cuおよびステンレス粒子を複合したときは1500~1550℃と、添加物量が増加するほど添加粒子の母材への拡散を防止するため、昇温速度を早く、加熱時間を短くした。

各試験片の耐摩耗性を評価するために、アパタイトを相手材とした摩耗試験を行った。試験機には、西原式摩耗試験機 (島津製作所製) を用いた。

Cuおよびステンレス粒子を添加した各試験片の抗菌性を評価するために、大腸菌を用いた抗菌性試験を行った。抗菌性試験は、フィルム密着法にて行った。

本開発材料は、食品加工機械用に開発しているため、塩分を含む環境に晒されることから、塩水噴霧試験による耐食性試験を行った。

耐摩耗性を評価するために、アパタイトを相手材とした摩耗試験を行った結果を図1に示す。耐摩耗性の指標である摩耗減少量は、試験片AのTiB<sub>2</sub>単体が最も少ない9.7mgで、最も耐摩耗性に優れることがわかった。試験片BのTiB単体の摩耗減少量は、16.0mgであり、開発材料中最も摩耗が大きかった。TiB<sub>2</sub>にWを添加した試験片 (C~G) の摩耗減少量は、いずれも試験片Aには劣るものの、ほぼ同程度であり、Cuおよびステンレス鋼を添加した場合でも耐摩耗性には大きく影響を及ぼさず、耐摩耗材料として良好な結果が得られた。

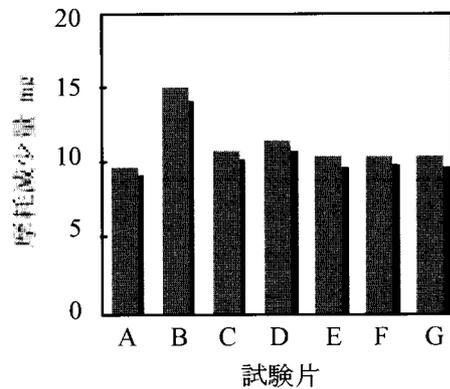


図1 各試験片の摩耗減少量

また、図には示さないが、通常刃物材料として用いられているSUS440C焼入材の摩耗減少量は、68mgであり、開発材料はいずれも極めて高い耐摩耗性を示した。

次に、抗菌性試験の結果を表2に示す。表2には以前の研究で行ったCuのみ2.0%添加した試験片の結果も併せて示した。抗菌性試験の結果、Cu粒子を5.0%添加することにより抗菌性が発現することがわかった。また、ステンレス鋼粒子添加の有無では有意差は認められなかった。

添加物を含まない試験片および抗菌性が求められた各試験片の塩水噴霧試験による耐食性試験の結果を表3に示す。また、試験片Cの(Ti,W)B<sub>2</sub>および試験片Gの(Ti,W)B<sub>2</sub>+1.0%SUS420+5.0%Cuの塩水噴霧試験後の試験片を図2に示す。いずれの材料も300時間の試験を行ったが、Cu粒子を5.0%添加した試料のみ、145時間経過後にわずかに緑青とみられる腐食生成物が確認され、300時間後にはほぼ試料全面に腐食生成物が発生した。その他の試験片では腐食は認められなかった。

表2 抗菌性元素単体焼結体の抗菌性

Cu添加量 (%)	SUS粒子	生菌数 (CFU/7.18cm <sup>3</sup> )
2.0	1.0%添加	2.0×10 <sup>6</sup>
5.0	1.0%添加	2.3×10 <sup>2</sup>
2.0	—	1.7×10 <sup>6</sup>
5.0	—	1.6×10 <sup>2</sup>

表3 Cu添加型抗菌ステンレス鋼の抗菌性及びCu粒子添加量とCu粒子径の影響

母材	添加粒子	腐食発生
TiB <sub>2</sub>	—	なし
TiB	—	なし
(Ti, W)B <sub>2</sub>	—	なし
(Ti, W)B <sub>2</sub>	1.0%SUS	なし
(Ti, W)B <sub>2</sub>	1.0%SUS +5.0%Cu	145h後

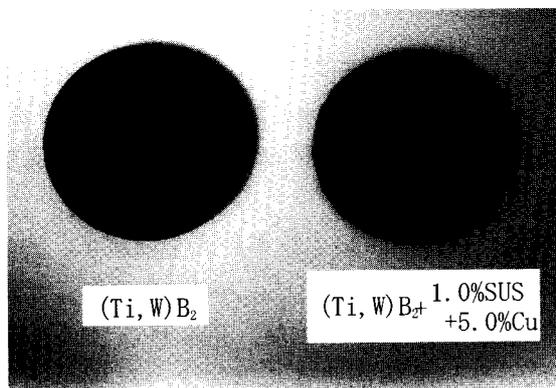


図2 塩水噴霧試験後の試験片Cおよび試験片Gの様子

以上をまとめると食品加工機械用途を目的とした刃物材料としてTi-B系セラミックス材料を設計し、摩耗試験、抗菌性試験、塩水噴霧による耐食性試験を行い、食品加工機械用刃物材料としての可能性について検討した結果、耐摩耗性に優れた材料の開発に成功した。高い抗菌性を有する材料では、耐食性に問題があり、実用に向けた改良が必要であった。

食品加工機械用刃物として用いる場合、刃物の欠けは異物混入の可能性が高まることから、金属探知機による検出を目的としたステンレス鋼粒子の添加を行ったが、本研究では検知感度に関する評価は行っておらず、今後の早急の課題といえる。

#### 参考文献

- 1) 月刊機能材料、9月号,(2006),P120-124
- 2) 平田宏一：絵とき「機械設計」基礎のきそ、(日刊工業新聞社)、(2006)、p6-8