

6. 刃物用途を目的とした機能性耐摩耗工具材料の開発

材料技術科 ○高橋 志郎

材料技術科 下野 功

研究開発部 田谷 嘉浩

1. はじめに

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。

2. 実験方法

2-1 耐摩耗材料の設計

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 TiB₂ の二種類の結晶相が存在する。TiB₂ は硬度が高く、耐摩耗性に優れるが、脆くチッピングが起りやすい。TiB は、硬度こそ TiB₂ 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、TiB₂ および TiB を母材とし、さらに、TiB₂ に高靱化を持たせるために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。

2-2 製造条件の検討

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、TiB₂ 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、昇温速度を速く、加熱時間を短くした。図 1 に、温度約 700℃の時の試験片 A の焼結中の様子を示す。

2-3 耐摩耗材料の摩耗特性評価

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。

2-4 耐摩耗材料の抗菌性評価

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。

2-5 耐摩耗材料の耐食性評価

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

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 ₂	—	—
B	TiB	—	—
C	(Ti,W)B ₂	—	—
D	(Ti,W)B ₂	—	1.0%
E	(Ti,W)B ₂	5.0%	—
F	(Ti,W)B ₂	2.0%	1.0%
G	(Ti,W)B ₂	5.0%	1.0%

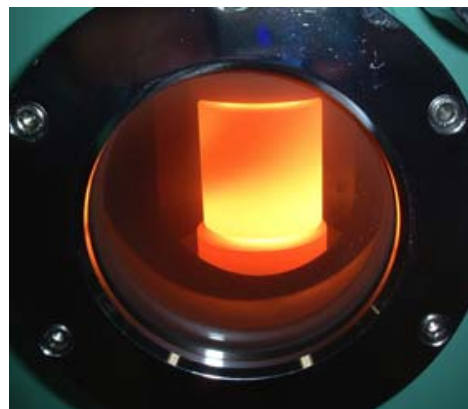


図 1 焼結温度 700℃における試験片の A の焼結中の様子

霧試験による耐食性試験を行った。

3. 結果および考察

3-1 耐摩耗材料の摩耗特性評価

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2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_2 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_2 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。

また、数値が大きく異なるため図には示さないが、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、比重換算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。

3-2 耐摩耗材料の抗菌性評価

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。

3-3 耐摩耗材料の耐食性評価

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 $(\text{Ti}, \text{W})\text{B}_2$ および試験片Gの $(\text{Ti}, \text{W})\text{B}_2 + 1.0\%\text{SUS420} + 5.0\%\text{Cu}$ の塩水噴霧試験後の試験片を図3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。

3-4 金属探知機による微小片の検出

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。ステンレス鋼を添加した試験片では、いずれにおいても $0.3 \times 0.3 \times 0.1\text{mm}$ の微小片でも金属探知機は感知し、ステンレス鋼の添加量は2.0%で十分な効果を発揮した。

4. まとめ

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。

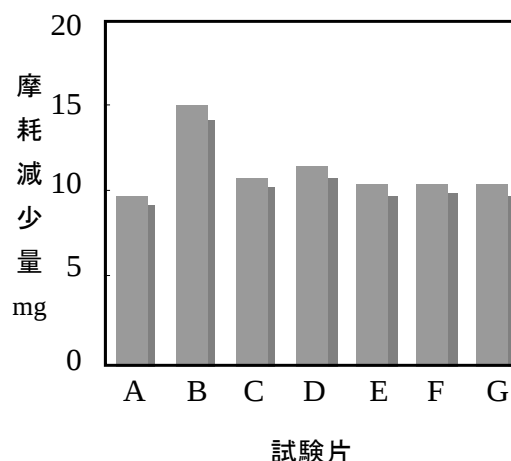


図2 相手材にアパタイトを用いたときの各試験片の摩耗試験の結果

表2 各試験片の抗菌試験結果

Cu添加量 (%)	SUS粒子	生菌数 (CFU/7.18cm ²)
2.0	1.0%添加	2.0×10^4
5.0	1.0%添加	2.3×10^2
2.0	—	1.7×10^4
5.0	—	1.6×10^2

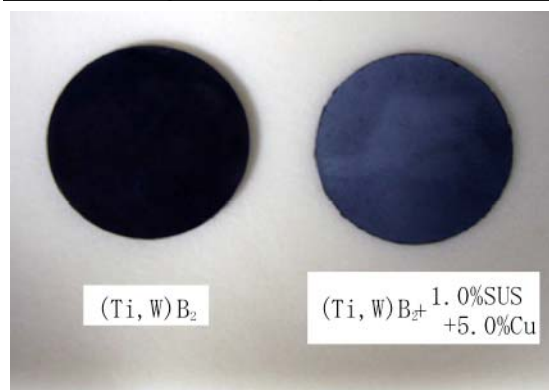


図3 試験片A(左)およびE(右)の塩水噴霧試験後の試験片外観