

## 第24回通電焼結(SPS)研究会 講演要旨

- ・令和元年(2019)12月5-6日
- ・新潟県長岡市 長岡技術科学大学 マルティメディアセンター-大会議場

# 「PACRIM-13 国際会議」と SPS 製品づくり

鴫田 正雄

株式会社エヌジェーエス

## 1. PACRIM-13 国際会議

2019年10月27日～11月1日沖縄県宜野湾市おきなわコンベンションセンターで「第13回PACRIM-13国際会議」が開催された。PACRIMの正式名称は“Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology”と言い環太平洋地域の各国セラミックス協会(学会)が協力パートナーとなり、米国セラミックス協会、豪州セラミックス協会、日本セラミックス協会、中国セラミックス協会、韓国セラミックス協会が隔年持ち回り制で2年毎開催運営されている世界的に権威ある大きな材料国際会議である。環太平洋諸国のみならずドイツ、フランス、英国、イタリア、スペインなどの欧州諸国やロシア、インド、中近東諸国など多彩な国々からも材料研究者が集ってきている。今回は日本セラミックス協会が運営主管ホスト役で36 symposiums と1500件以上の発表アブストラクトが寄せられ参加者は1000名を超えたと聞いている。2017年PACRIM-12ハワイ開催に引き続き“SPSセッション”Symposium27: Synthesis and Processing of Materials using Electric Currents and Pressures”が設けられた。同セッションでは日本を始め欧米、中国、韓国のSPS研究者らのオーラル講演が13講演あり狭い講演会場ではあったが50~60名ほどの聴講者で立ち見が出るほど盛況であった。その他のシンポジウムセッションにてSPSを用いた講演およびポスター発表などSPS関連発表は多数見受けられSPS技術は多分野へ拡散し注目度が高まっていることが窺えた。また、例えばフランス国研CNRSのDr.Estournesらの3Dネットシェープ成形やイタリア国研研究者のSPS生産手法に関する質問話、中国上海珪酸塩研究所の研究者ほか会場で様々な概ね生産指向の情報交換ができ大変有意義な国際シンポジウムであった。併設の展示ブースでは富士電波工機(株)からSPS出展がありSPS技術の存在を高めていただき大感謝である(図1)。同期間中、日欧米SPS関係者によって現在2021年開催計画中の「SPS世界会議(仮称:ISSPS-2021)」について基本的な打合せが行われた。



図1 PACRIM-13 講演・SPS 展示風景およびポスター展示と講演プログラム

## 2 SPS 製品づくり

### 2.1 コスト・品質・納期の三要素と“今なぜ SPS か？”

SPS 法によって製造された製品が世の中に出回り始めている。

SPS 法による製品化「モノづくり」も産業界の基本原則であるコスト・品質・納期の三要素に縛られる。如何に優れた物性の材料を創製しても市場に見合うコストで製造できなければ製品にならない。先端材料を用いた新製品づくりはアイデア着想と新しい素材作りから始まる。市場に合致したコストでモノづくりを行うことは必須であるが新材料開発ではまず品質の良い材料作り工程が第1段階にある。革新的な新材料合成ができること次に当該材料を市場で通用するコストで製造できる手法を作り上げることになる。ここに適正な「生産技術」が必要になる。SPS 焼結技術のみならず前工程、後工程の加工技術を熟知すること無くして市場性のある良い製品作りは達成できない。対象物が量産品か？中・少量生産品か？単品生産品か？によっても製造方法とコストは大きく変わる。品質・価格に優劣が無い場合でも短納期であることが大きな販売上の特長武器になる場合も有る。SPS 法はより低コストで、より良い品質で、かつ短納期でモノづくりができる可能性を持っている。

“今なぜ SPS か？”・・・をモノづくりの視点から列挙すると以下が挙げられる。

- ① いままでできないモノが「できる」ようになる ⇒ 解決
- ② いままで難しいモノが「容易にできる」ようになる ⇒ 簡便化
- ③ いままでできていたモノが「より高性能(品質/コスト/納期)にできる」ようになる ⇒ 改良
- ④ いままでできていたモノが「同程度でできる」ようになる ⇒ 置換
- ⑤ いままで全く無いモノや考えが「創造」「創出」されるようになる ⇒ 創造

これらの要素に迅速焼結、反応焼結、微細組織制御焼結(ナノ材料焼結)、温度傾斜焼結、固相焼結など SPS 法が得意とする材料合成(焼結)技術が絡んで特徴ある新しい製品づくりが可能となる。

SPS 法を製造に活用するという事は、何を、どのような物性を持たせ、いくらで販売できるものを、どの程度の量で生産したいかを考えることである。

以下、いくつかの具体的な事例で製品化実例とその問題点について紹介する。

### 2.2 pure ナノ WC 非球面ガラスレンズ金型材料(商品名 M78)

図2は非球面ガラスレンズ金型製造例である。

微細組織制御ナノ材料焼結、反応焼結および固相焼結の特長が生かされている。結合剤(バインダ)の Co や Ni を全く含まない SPS 法で製造された超硬合金は、高温特性、耐摩耗性、熱膨張率に優れ、デジタルカメラやプロジェクタ、携帯電話用非球面ガラスレンズ成形金型として数多く採用されている。200nm 以下の超微粒 WC (炭化タングステン)粉末を出発原料とし  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , VC, TiC の粒成長抑制等の添加剤および Co, Ni バインダを含まない nanoWC-SPS 焼結体(M78)は Hv2600 の高硬度であるため機械加工が極めて難しい。ワイヤーカット放電加工でも通常の超硬加工と同じような加工条件ではワイヤー切れが



図2 非球面ガラスレンズ金型への実用化例



起き簡単ではない。研磨研削加工においては折れ、欠けが生じやすくダイヤモンド砥石が滑ってしまうなどの難加工材料である。実用化のためには M78 材料に合った加工技術を確立する必要がある。図 3 にこれらの研削異常加工の例を示した。後加工技術を克服したことにより M78 は他のバインダレス超硬と比べ、酸化が最も少なく長寿命性に優れ、またナノ構造の微細組織が Ra 数ナノメータ仕上げのレンズ面の転写性に極めて有効となっている。

## Post processing by mechanical grinding

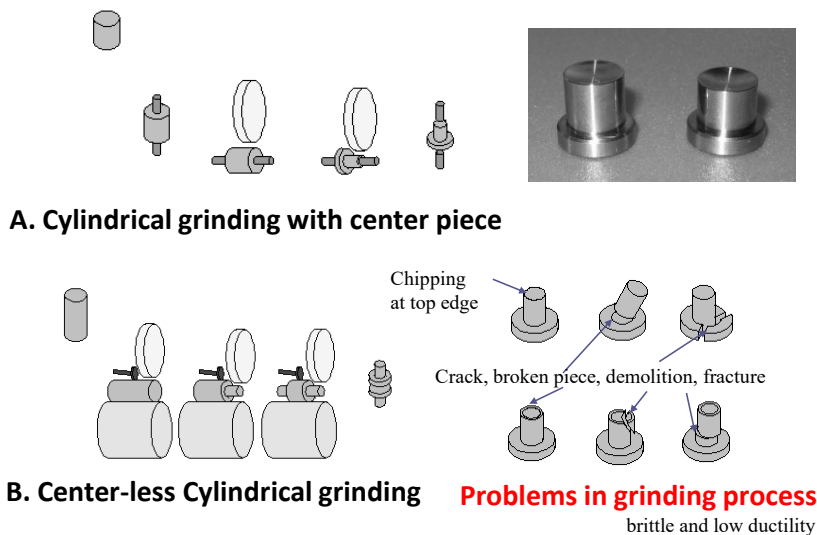


図 3 M78 ガラスレンズ金型研削加工と後加工工程における問題点

コストダウンと用途拡大のために「大形焼結技術の確立」は重要である。

SPS 法で  $\phi 20\sim 30\text{mm}$  の均質・緻密な焼結体作製は比較的容易であるが大口径、厚みのあるものになると均質・緻密化が極めて困難になるのが SPS の一つの代表的な特徴と言える。一方、量産のためには大形材料からワイヤーカット放電加工機で切り出して用いることが有効な手段となっている(図 4)。また、大径レンズ金型用により大きな寸法の素材が必要になる。SPS 焼結加工技術の改善によりこれらの問題点を解決し現在では最大  $\phi 100\text{mm}$  厚さ  $50\text{mm}$  の大形 M78 焼結体が良好な均質・緻密体製品として保証され出荷されている。

## Manufacturing cost reduction Large sized SPSeD WC compact

How to maintain homogeneity and highly dense sintered pure WC compact ?

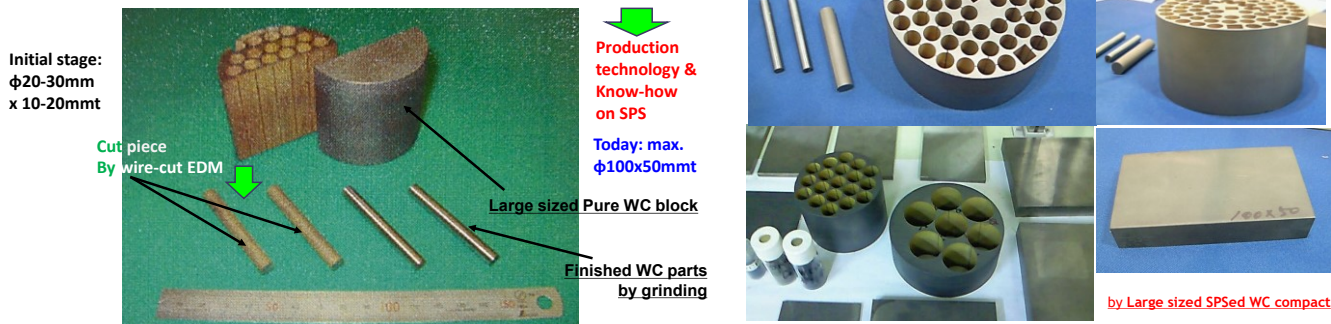


図 4 大形 M78 ガラスレンズ金型材料とワイヤーカット切り抜き被加工体例

### 2.3 大形化技術とスパッタリングターゲット材料

高純度と高密度な緻密体が必要とされるスパッタリングターゲット材料も最大径 300~350mm の大径サイズまで SPS によりターゲット材料の大形形状の均質・緻密体製造できるようになり現在実用に供している。図5は SPS により作製された相対密度ほぼ 100%の大形スパッタリングターゲット材の代表例である。それぞれコストダウンと短納期化を達成した。

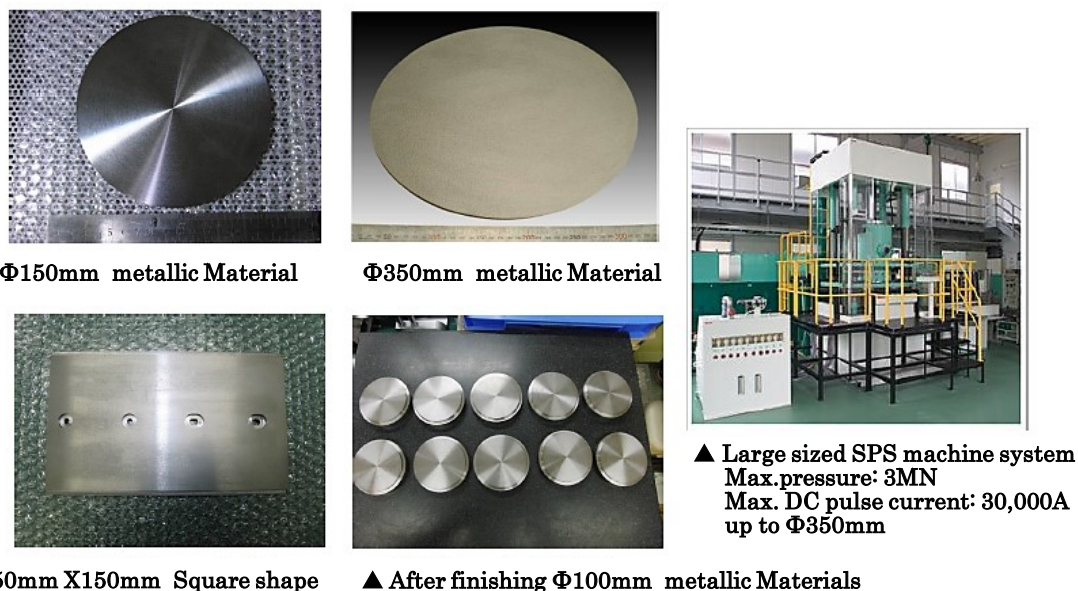


図5 大形スパッタリングターゲット材料への応用例

この他、薄刃切断ブレードの製造、ZrO<sub>2</sub>-Ti系傾斜機能材料による超音波ホモジナイザーへの応用など産業分野へ多岐に広まりつつある。また、ファインセラミックスの3Dニヤネット/ネットシェープ成形やセラミックス-セラミックス、金属-金属の「SPS固相拡散接合」の応用は今後の研究開発と加工技術の進歩により用途が大きく広がっていくものと期待されている。

#### 【参考文献】

- 1) M.Tokita: Powder Metallurgy Review 2019 Summer, Inovar Communications Ltd, Vol.8 No.2, 89-102(2019)
- 2) S. Grasso, Y. Sakka, G. Maizza: Science and Technology of Advanced Materials, 10(2009) 053001
- 3) M.Tokita: Advanced Ceramics Handbook 2<sup>nd</sup> Edition, Academic Press Elsevier Inc., 1149-77, (2013),
- 4) 鴫田正雄：公益社団法人自動車技術会, 「自動車技術」特集プラズマ技術, Vol.72, 55-61, (2018)