

SPSとIHのハイブリッド加熱

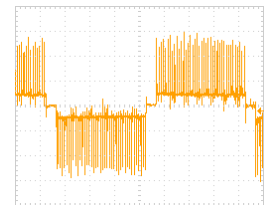


講演概要

- ・ SPS焼結装置の概要
- ・ SPSで従来の焼結法で発生する問題
- ・ 顧客要望を反映した装置開発
- ・ 当社の基礎技術を応用した ハイブリッド機
- ・ MPSL(マルチプロセスSPS)の展望

講演者プロフィール

- ・ 富士電波工機株式会社
SPSグループ
グループ長
営業（新規開拓、見積試算）
サービス（国内外顧客サービス業務）
技術指導（受託テスト、設計構想）
各種相談

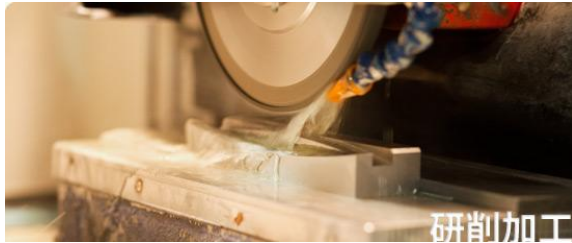


SPSとIHのハイブリッド加熱

(放電プラズマ焼結装置(SPS)の加熱方法選択)

富士電波工機株式会社 SPSグループ グループ長 延田 勝彦

- 国内 国内大手電機、機械、素材メーカー生産拠点
 国内大手企業先端材料研究開発拠点
 国公研・国立/私立大学研究機関
 - 海外 大手メーカー生産拠点(半導体関連企業)
 国立/私立大学、民間企業研究開発拠点
 - 主な生産品 新素材開発、半導体関連事業、熱電発電素子、
 全固体電池等
 - 加熱対象物 粉末材料、固体金属・セラミックス
- 加熱対象工程 粉末冶金焼結(焼成)、接合、熱処理



➡ ① 切断研削加工



➡ ② 鑄造



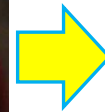
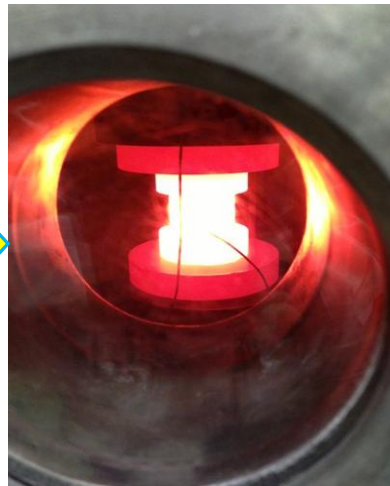
➡ ③ 鍛造



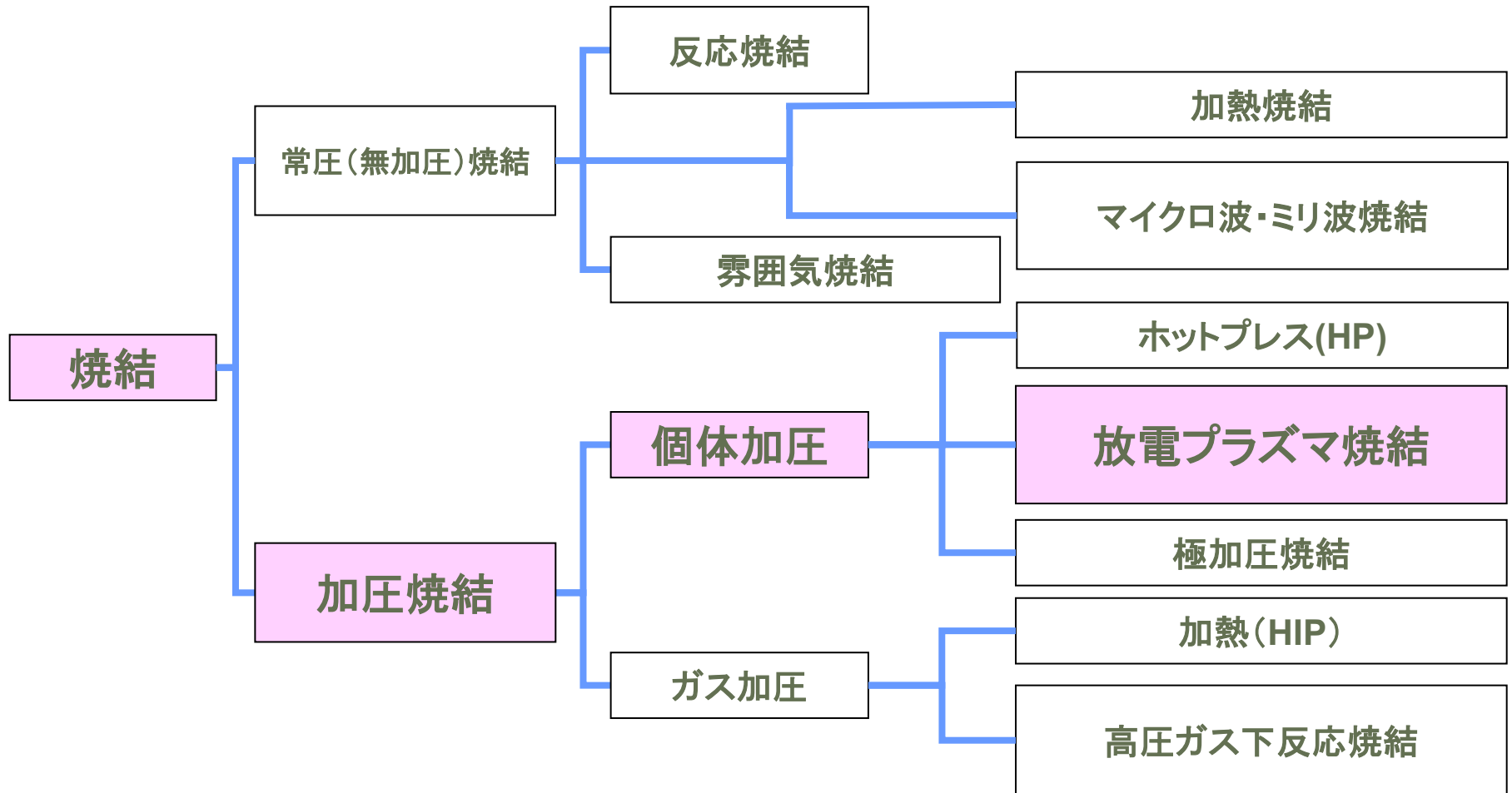
➡ ④ プレス成型

焼結技術とは？

焼結技術とは原材料粉末を融点の70 ~ 85%の温度で材料拡散させ凝固化するものです。



代表的な粉末焼結法の分類

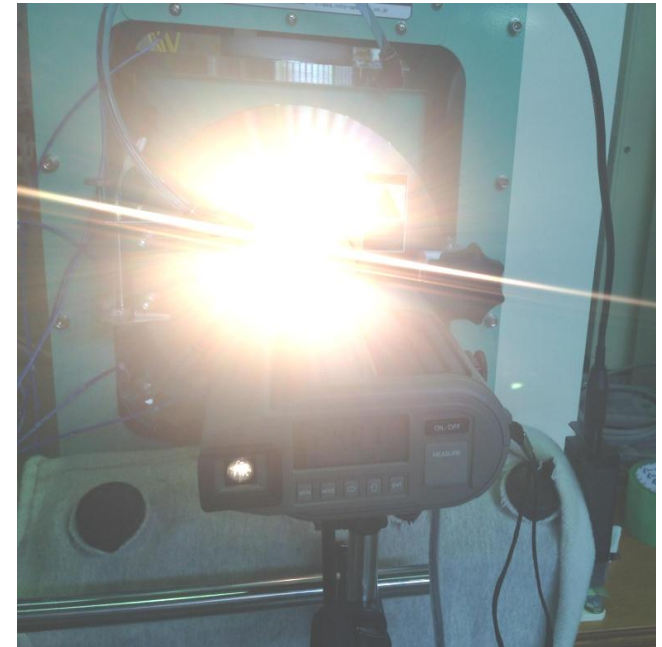
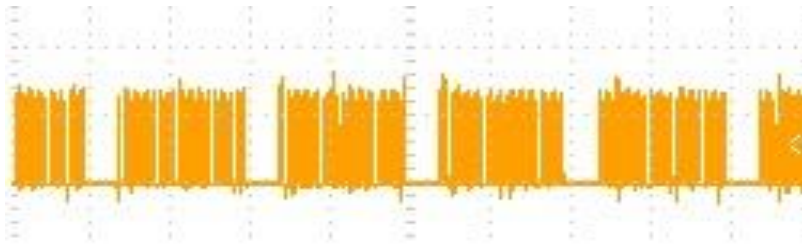


SPSとは ?

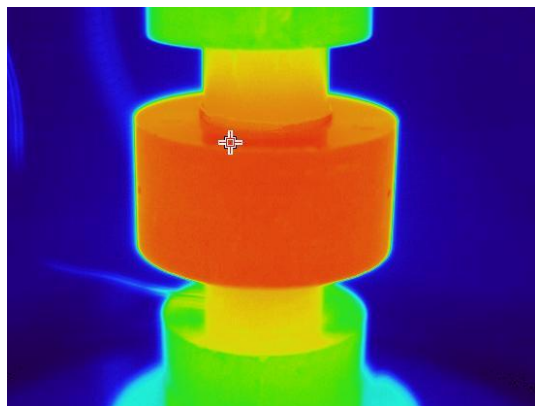
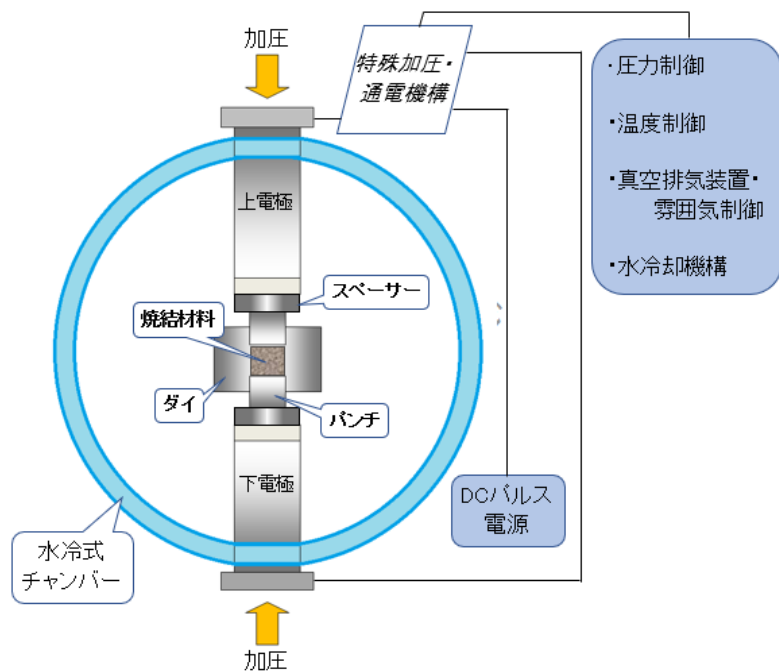
水冷真空チャンバー内の上下電極間に材料粉末を型に充填した型をセットし、材料に高圧をかけながらDCパルス電流を印加し高エネルギーを効果的に応用することを基本とした焼結法です

低温から最大2500℃の超高温領域まで高速昇温させ、保持時間を含め概ね5～20分程度の短時間で『焼結』あるいは『焼結接合』が可能です

DCパルス波形例
ON:40ms / OFF:10ms

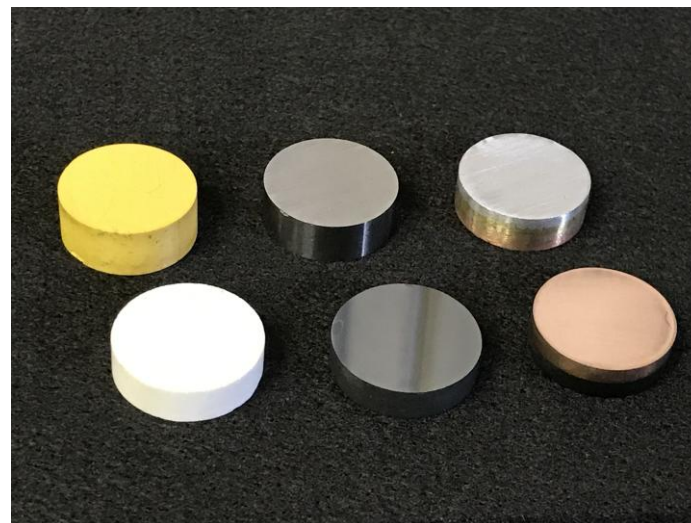


SPSプロセスの基本構造図



分 類		対象材料代表例
セラミックス系	金属類	Mg, Al, Si, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta
	酸化物	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , MgO, SiO ₂ , TiO ₂ , HfO ₂ , ZnO, ムライト
	炭化物	SiC, B ₄ C, TaC, TiC, WC, ZrC, VC, HfC
	窒化物	Si ₃ N ₄ , TaN, TiN, AlN, ZrN, VN
	ホウ化物	TiB ₂ , HfB ₂ , LaB ₆ , ZrB ₂ , VB ₂
	フッ化物	LiF, CaF ₂ , MgF ₂
複合材料系 傾斜機能材料		Si ₃ N ₄ +Ni, Al ₂ O ₃ +Ni, ZrO ₂ +Ni, Al ₂ O ₃ +TiC, Al ₂ O ₃ +ZrO ₂ SUS+ZrO ₂ , Al ₂ O ₃ +SUS, SiO ₂ +SUS, Ti+SUS SUS+WC/Co, BN+Fe, WC+Co+Fe, SUS/Cu
	金属間化合物	TiAl, MoSi ₂ , Si ₃ Zr ₅ , NiAl, NbCo, Nb ₃ Al, B ₆ Si Sm ₂ Co ₁₇ , NdFeB, FeAl
	その他	Organic (polyimide, etc.), Thermoelectric materials, Piezoelectric materials, Dielectric materials etc.

レジン、金属、セラミックスなどあらゆる
温度領域の材料焼結が可能



課題

強誘電体を通常のDC ON/OFF パルスでSPS 焼結した際に通電電極の陽極陰極で色や組成の差が出てしまう



－ 極



＋ 極

例: 強誘電体材料 $BaTiO_3$

解決策 1. (正反転パルス)

SPSにDCパルスを印加(正反転パルス通電)させて極性の片寄り影響を無くすことが確認された

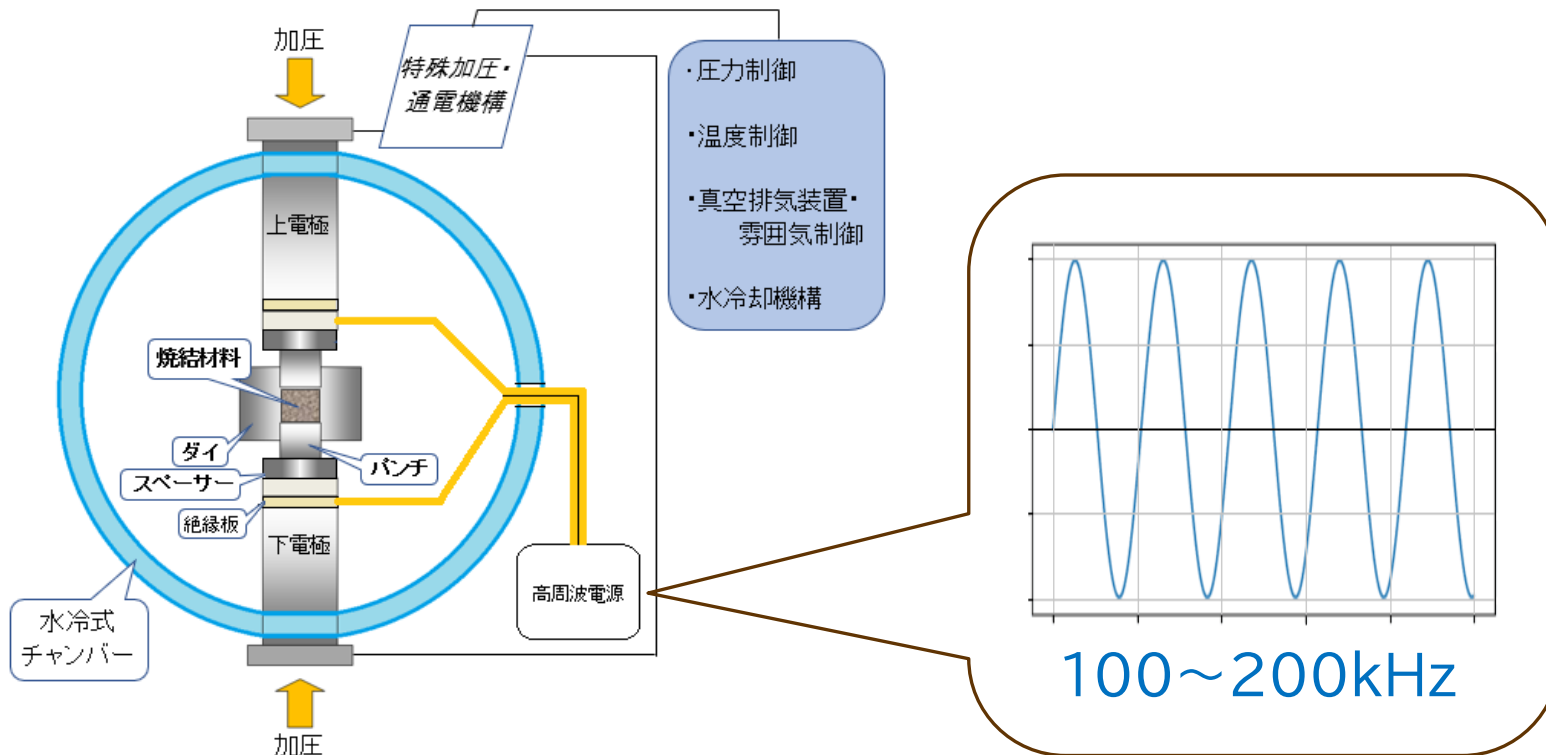


メリット: 通常のSPS操作で焼結が出来る(電源のみ正反転パルスを採用)

デメリット: 現時点(2026年)で電源は最大2000Aまでしか対応できない

解決策 2. (高周波通電)

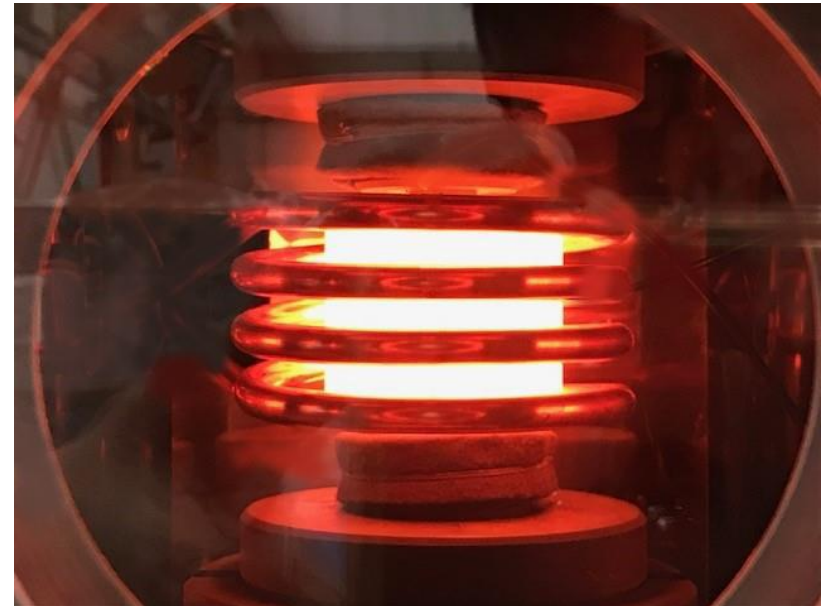
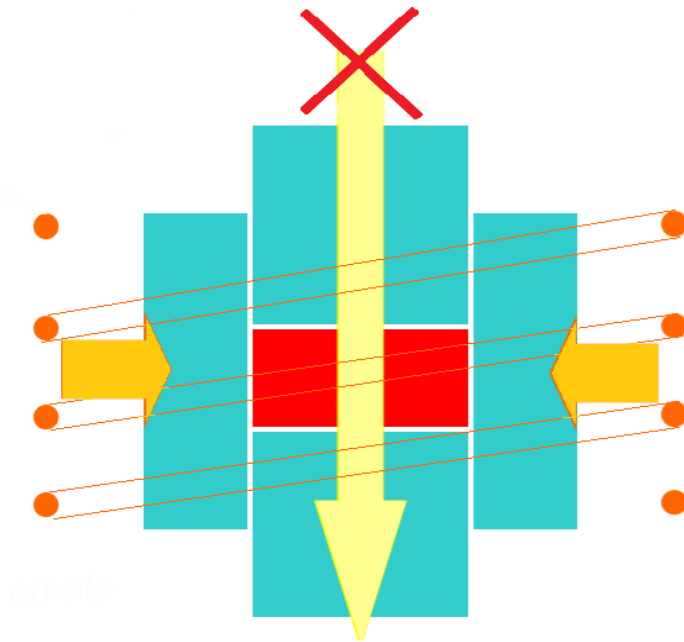
DCパルス HF (High frequency) に切り換えて直接電極に印加する (SPS 上下電極と高周波電極間に Si_3N_4 板を装填し絶縁) ことで上下電極の変化の差がなくなった



解決策 3.

通電加熱ではなくIH外部加熱のみで昇温する（焼結材料には直接通電しない）ため焼結時間は長くなるが上下電極による極性の影響はなくなった

DCパルス電源からの通電なし



実際の焼結時のイメージ

SPSを他の加熱システムと併用することで良好な焼結体を得ることが可能となる

メリット:

- 従来の通電焼結(SPS法)のみでは解決できなかった焼結体上下の差を無くすことが出来た
- 材料によっては電気を流したくないものが存在して用途に合わせて加熱方法を変えられる
- 高速での昇温時にSPSのみでは叶わなかった型の内部と外周温度差を無くすことが出来る
- SPSとホットプレスの両方の機能を備えているので1台の導入で済む

デメリット:

- 電源設計に限界があり現時点での装置大型化が難しい

装置導入検討に関するお問い合わせ

- ・（会社名） 富士電波工機株式会社
- ・（部門・担当） SPSグループ 営業 仙田／結城
- ・（E-mail） senda@sps.co.jp / yuki@fdc.co.jp

本社工場にてテスト焼結を承っております



富士電波工機株式会社

本社・工場
〒 350-2201
埼玉県鶴ヶ島市富士見6-2-22
TEL: 049-286-3211(代表) FAX: 049-286-5581



info-sps@fdc.co.jp