

# 化学研磨を施した無酸素銅電極の真空中絶縁破壊特性

佐伯 昌吾, 山納 康, 小林 信一(埼玉大学), 齊藤 芳男(高エネルギー加速器研究機構)

**1. はじめに** 高真空環境下で高電圧・高電界が印加される機器においては、その性能や信頼性の向上を図るために絶縁破壊耐力の向上が求められている。これまでの研究により真空中絶縁破壊現象は電極の表面状態に依存することが明らかである[1]。

そこで本研究では、化学研磨を電極に施し、電極表面を平滑化・清浄化することで絶縁破壊耐力の向上を図ることとした。そして、それらの電極に対しXPS 表面分析と真空中繰り返し絶縁破壊試験を行い、化学研磨処理による影響を調べた。

**2. 実験装置・方法** 本研究では、試料電極の表面分析、熱処理、500 回繰り返し絶縁破壊試験を同一真空系内にて行える in-situ 実験装置を用いた。

試料電極として、通常の旋盤(ハイスバイト)で加工された無酸素銅電極(JIS 規格 C1020)とダイヤモンドバイトで精密機械加工された無酸素銅電極(ASM 規格 Class1)を用意し、それぞれに対し過酸化水素系の研磨液による化学研磨を施し、真空中での絶縁破壊特性を測定した。なお、化学研磨後にはクロメート処理を行い防食性のあるクロムの酸化皮膜で化学研磨後の電極表面を保護する処理がされている。

**3. 実験結果および考察** 図 1、図 2 に化学研磨前後の電極の写真とレーザー顕微鏡(400 倍)で観測した化学研磨前後の電極表面の様子を示す。化学研磨を施すことで、電極の表面が鏡面状になることがわかる。特に、ハイスバイトで加工した電極については電極の光沢が劇的に増しており、大きな変化が見られている。また、レーザー顕微鏡の写真より、両電極とも切削時の加工痕が除去されていることがわかる。

表 1 に絶縁破壊試験前の XPS 表面分析の結果より求めたスペクトルピーク比を示し、図 3 にハイスバイトで加工された電極の絶縁破壊特性を、図 4 にダイヤモンドバイトで加工された電極の絶縁破壊特性、表 2 に絶縁破壊試験の結果をまとめたものを示す。

表 1 よりハイスバイトで加工された電極に対する化学研磨は、凹凸を平滑化するだけでなく、電極表面の付着物を除去する働きを示し、図 3、表 2 より 500 回繰り返し絶縁破壊の初期段階には大きな変化はないものの、コンディショニング飽和後の平均絶縁破壊電界の値が約 4 倍大きくなっており、化学研磨の有効性が確認できる。

一方、ダイヤモンドバイト加工された電極に対して化学研磨を行うと、電極表面の炭素・酸素の量が多くなるのが表 1 よりわかり、表 2 より初回絶縁破壊電界の値が低下し、飽和後の平均絶縁破壊電界の値も化学研磨なしの電極よりも低下しており、PCD(パルス状電流)の発生回数は 2 倍程度増加していることがわかる。これには、化学研磨後のクロメート処理の影響が大きいものと思われる。

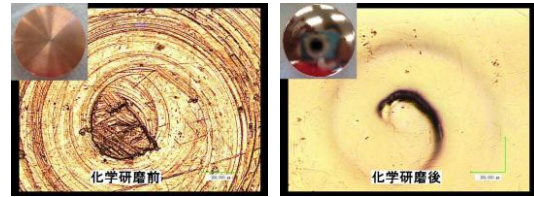


図 1 ハイスバイト加工電極

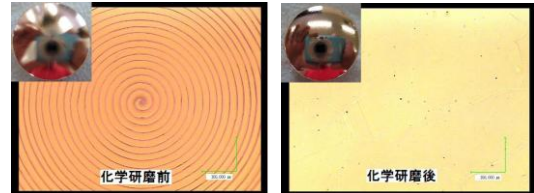


図 2 ダイヤモンドバイト加工電極

表 1 スペクトルピーク比

	ハイスバイト加工		ダイヤモンドバイト加工	
	研磨なし	研磨あり	研磨なし	研磨あり
炭素/銅	73.2	14.3	9.9	26.2
酸素/銅	25.3	11.8	3.6	12.0

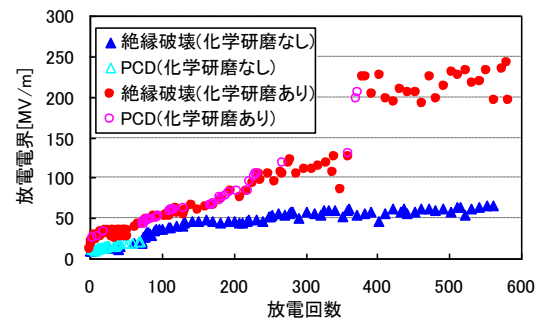


図 3 ハイスバイト加工電極の真空中絶縁破壊特性

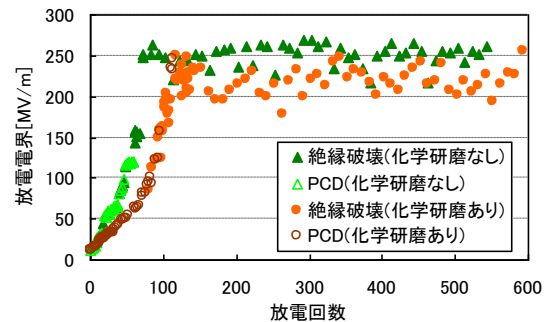


図 4 ダイヤモンドバイト加工電極の真空中絶縁破壊特性

表 2 各電極の絶縁破壊特性の諸値

	ハイスバイト		ダイヤモンドバイト	
	研磨なし	研磨あり	研磨なし	研磨あり
初回絶縁破壊電界[MV/m]	10.3	11.0	28.8	21.3
飽和後の平均絶縁破壊電界[MV/m]	58.3	214.8	252	219.6
飽和までの放電回数	192	379	71	117
PCD発生回数	60	83	43	93
初回PCD発生電界[MV/m]	10.69	25.20	12.0	11.27

## 参考文献

- [1]S.Kobayashi, "Recent Experiments on Vacuum Breakdown of Oxygen-free Copper Electrodes", IEEE Trans. DEL, Vol.4, pp.841-847, 1997.