

# 213 極低温下におけるEL-850の接触面剛性 Contact Stiffness of EL-850 at Cryogenic Temperature

○学 塩原 浩 (新潟大) 正 新田 勇 (新潟大)

Hiroshi SHIOBARA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata  
Isami NITTA, Niigata University, 8050, Ikarashi 2-nocho, Niigata

**Key Words:** Contact Stiffness, Cryogenic Temperature, Liquid Nitrogen, PET Film

## 1. 緒言

細い超電導線の集合体である、核融合発電用の超電導コイルにおいては、室温では問題にならない程度のわずかな摩擦発熱により温度上昇を生じ、超電導体全体が常電導に移す。これは、超電導コイルが使用される液体ヘリウム環境(4.2K)のような極低温下では、材料の熱電導率や比熱が室温中の値に比べて極端に低下するためである。ここで、SUS316L製のコイルケースと絶縁材(EL-850)との間にわずかなゆりみや変形が生じれば、すべりや磁場の振動により容易に摩擦発熱が生じ、著しい温度上昇が起これ、超電導状態を失わせコイル破壊の原因になる<sup>1)</sup>。

このような機械的不安定性を取り除くために、コイルケースと絶縁材の接触面剛性について十分に把握し、適切な締め付け力を設定する必要がある。そこで、液体ヘリウムに比べて安価で扱いやすい液体窒素を用いて、SUS316LとEL-850の液体窒素環境下(77K)における接触面剛性について実験的に検討した。

## 2. 実験方法

試験片は、SUS316LとEL-850(GFRP:有沢製作所製)であり、その寸法と形状を図1に示す。実験装置は、磁性体との距離を検出する近接センサ(E2CA-X1R5A:オムロン株)を中心軸上に有し、試験片の最上面と最下面の相対変位を試験片中心を貫くロッドを介して検出する。その概略を図2に示す。

実験は、2枚のSUS316L試験片で1枚のEL-850試験片をはさみ、変位計にセットしたものを液体窒素を満たした容器に浸して行い、さらに液面を制御することによって、試験片温度を一定に保つようにした。試験片の温度は、SUS316Lに溶接した熱電対(0.07at% Au-Fe vs. Chromel)を用いて測定した。まず一定の加圧速度で設定圧力(80MPa)まで負荷し、3秒間保持した後、同じ降圧速度で除荷する。さらにその状態を1分間保持した。この過程を4~5回与えた。

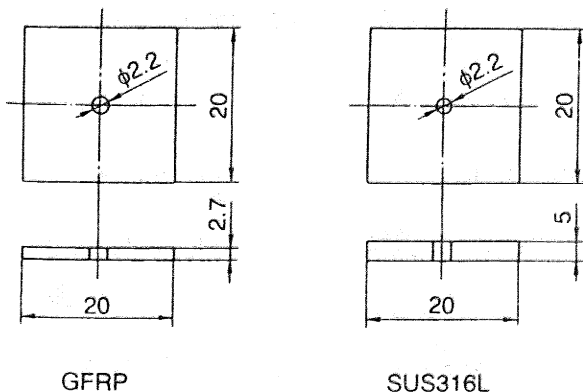


Fig.1 Shapes and Dimensions of Specimens

図3は、このような実験によって得られた垂直圧力-変位曲線の一例である。負荷-除荷過程の回数にかかわらずヒステリシスが明確に現れている。また、図4は、図3より垂直圧力と剛性の関係を求めたものであり、1回目の負荷の剛性は2回目以降の剛性よりも低く、どの曲線も圧力の増加に伴って一定値に漸近してゆくのが分かる。尚、今回の実験によって求められた剛性の値は、室温中の値に比べて約20%程度高いことが分かった。

## 3. 高分子薄膜による接触状態の評価

本研究では、接触状態の変化と剛性の関係を把握するために、高分子薄膜を用いて、EL-850とSUS316Lの接触圧力分布の測定<sup>2)</sup>を行った。

高分子薄膜は厚さ0.9 $\mu$ mのPET薄膜を用い、約0.5%の引張ひずみを与え、専用の枠に接着剤で固定した。これをEL-

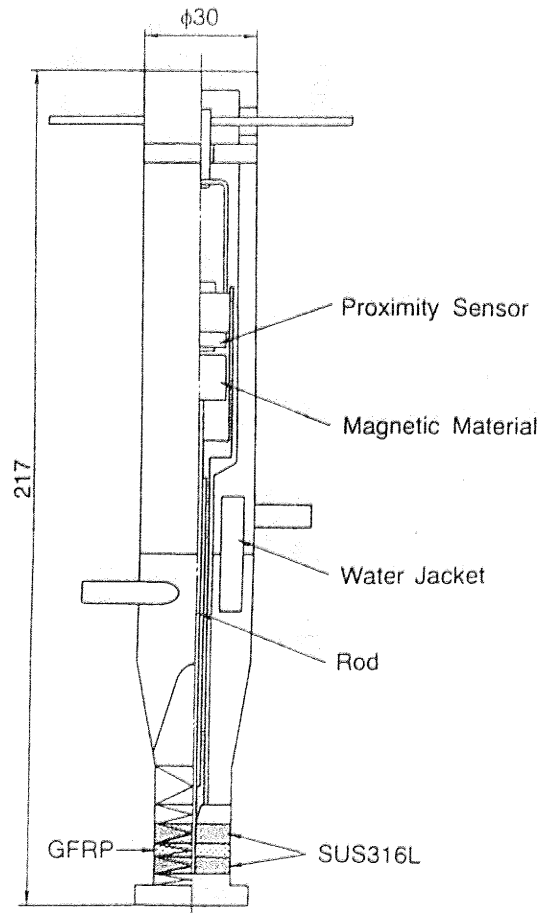


Fig.2 A Schematic Diagram of the Apparatus

850試験片とSUS316L試験片の2つの接触界面にはさみ、三段階の目標圧力(80MPa,60MPa,30MPa)を設定し実験を行った。最初に、設定した目標圧力まで加圧し、そのまま1分間保持した。そして完全に除荷した後、PET薄膜に残された圧痕を金属顕微鏡で観察し、真実接触面積を測定し、試験片同士の接触の状態を調べた。この圧痕は、PET薄膜が試験片どうしの真実接触部で押し潰されて、塑性変形したものである。

図5は、目標圧力30MPaのときの接触状態の様子を示したものである。EL-850試験片のもつうねりや不均一な厚みのため、その接触状態には片寄りがあり、ほとんど接触が起こっていない領域もあることが分かる。さらに図6は、目標圧力を80MPaに増大させた場合であり、圧力が増大したことにより接触が試験片全面で起こっていることが分かる。

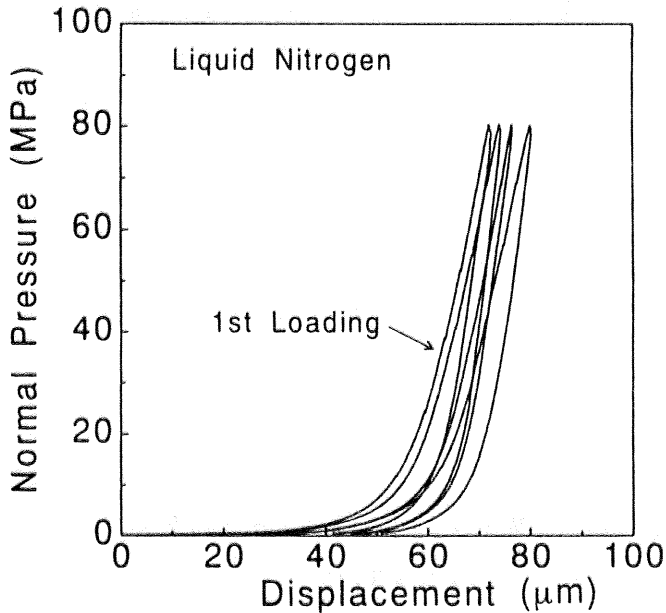


Fig.3 Relationship between the Normal Pressure and the Displacement in Liquid Nitrogen

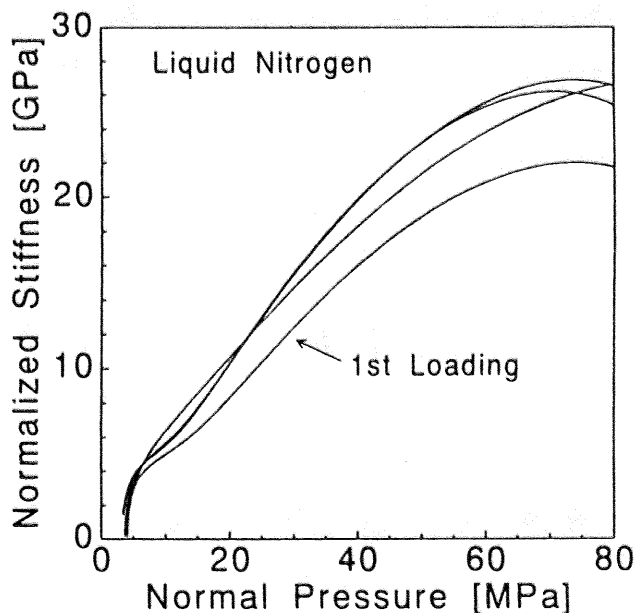


Fig.4 Relationship between the Normalized Stiffness and the Normal Pressure in Liquid Nitrogen

#### 4.考察

PET薄膜を用いた接触圧力分布の測定結果から、EL-850試験片のうねりや不均一な厚みが、剛性におおきな影響を与えていることが予測できた。つまり、接触圧力の増大にともなって、接触状態が部分的な接触から試験片全面の接触に移行するにつれて剛性は増大し、接触圧力がある一定値以上になると、接触は完全に試験片全面で起こり剛性はある値に漸近する。また、本来、接触荷重を支えているのは微小な突起どうしの真実接触点であるので、これらのことからEL-850試験片のあらさも、その剛性に何らかの影響を与えているものと思われる。

#### 5.結言

以上の実験や測定の結果、次のような結論が得られた。  
 (1)PET薄膜による接触状態の評価は、真実接触点の分布を視覚的に測定することができるので有効な方法であった。  
 (2)EL-850とSUS316Lの接触面剛性は、EL-850のもつうねりや厚みの変化に依存する。  
 (3)EL-850のあらさが接触面剛性に与える影響について検討を加える必要がある。

#### 文献

- 1.新田, トライボロジー会議予稿集(東京 1993-5),127.
- 2.新田, 如澤, 機論, 60-579,C(1994),386.

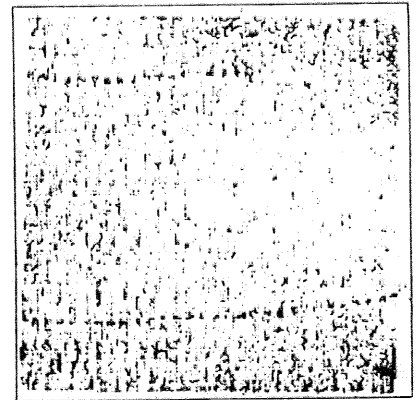


Fig.5 Distribution of the Contact Pressures (Apparent Contact Pressures, 30MPa)

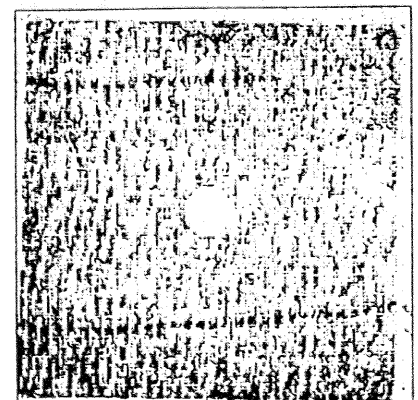


Fig.6 Distribution of the Contact Pressures (Apparent Contact Pressures, 80MPa)