

| | |
|--------------|---|
| Title | クリップゲージによる低温下での歪測定 |
| Author(s) | 福本, 将彦; 岡田, 東一 |
| Citation | 大阪大学低温センターだより. 1986, 54, p. 13-16 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/10479 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

クリップゲージによる低温下での歪測定

産 研 福本将彦, 岡田東一 (吹田 3491)

1. はじめに

試料に生じる歪を測定する簡便な方法の一つに、歪ゲージの使用がある。これは金属の電気抵抗値が歪とともに変化することを利用したもので、シート状のものが市販されており、これを試料に直接貼り付けて使用する。液体ヘリウム中に試料が置かれている場合でも、常温下と同様に容易に測定を行なうことができ、低温下での歪測定には特に有力な方法と言える。大きさは大小様々であるが、5mm×10mm角程度が標準的である。歪ゲージを使用するのに必要な物品を表1に列挙する。著者らが使用している共和電業社製のものについて価格の概数値を併記しておく。

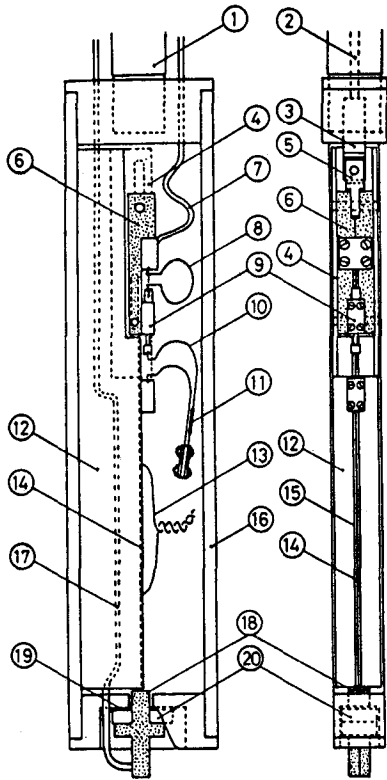
表1. 歪ゲージを使用するための必要物品一覧

| | | | |
|---|----------|--------|-----------|
| 1 | 歪ゲージ | 10枚セット | ~¥2,000 |
| 2 | ブリッジボックス | リード線付き | ~¥20,000 |
| 3 | 歪増幅器 | | ~¥200,000 |
| 4 | 接着材 | | ~¥2,000 |
| 5 | 防水用塗布材 | | ~¥2,000 |
| 6 | ゲージ端子 | 10対セット | ~¥1,000 |

試料の引張り試験を行なう場合で、特に試料が針金状など歪ゲージを貼布し難い形状の場合に、試料の歪を測定する有効な方法の一つにクリップゲージの利用がある。これは歪ゲージを貼布したクリップ状の板バネで、クリップの先端の開口の変化を歪ゲージで測定するものである。著者らは、超電導線材に於ける歪効果を測定する目的でこれを使用している。図1に示す様に、上下に摺動が可能な試料つかみ部の変位をクリップゲージで測定している。クリップゲージは、平行な2枚の板からなるのが標準的な形状であるが、実験空間の制約から図の様な形状のものを手製により製作した。この装置は液体ヘリウムでしかも最高数テスラの磁場の下で使用される。

2. 製作の方法

クリップゲージを製作する上で次の5点に注意が必要である。(1)クリップの先端とこれを受ける治具とは、くさびとくさび受けの形になっていて、回転に対して自由でなくてはならない。くさびの先端は鋭いナイフエッジであることが必要であり、そうでなければ変位とゲージ出力との関係にヒステリシスが現れる。従ってくさびの側は硬質の材料を用いる必要がある。著者らはクリップにリン青銅を用い、クリップ側をくさびにしている。(2)測定する変位量の範囲で、クリップ板材の変形が十分に弾性限度内でなければならない。このため板材には、リン青銅、ベリリウム銅など硬質の材料を用いるのが



- ① 荷重伝達管 (SUS 304)
- ② 引張棒 (SUS 304)
- ③ 電気絶縁用丸棒 (GFRP)
- ④ 銅ブロック摺動ガイド (SUS 304)
- ⑤ 自在継手 (SUS 304)
- ⑥ 可動銅ブロック (タフピッチ銅)
- ⑦ 電流リード用銅網線
- ⑧ プッシングスプリング (リン青銅)
- ⑨ クリップゲージ校正器 (真鍮)
- ⑩ クリップゲージ (リン青銅)
- ⑪ 低温用歪ゲージ
- ⑫ 電磁力支持台 (GFRP)
- ⑬ 電圧リード用銅線
- ⑭ 試料
- ⑮ V字溝
- ⑯ フレーム (SUS 304)
- ⑰ 電流リード用銅網線
- ⑱ 固定銅ブロック (タフピッチ銅)
- ⑲ 電気絶縁用シート (GFRP)
- ⑳ 熱絶縁材 (SUS 304)

図1. 歪効果試験装置

良い。(3)クリップ板は弾性変形を予め与えておき、その復元力を利用して治具に固定する。試料に加えられる荷重の測定値にこの力が有意の誤差を与えない様にする必要がある。或は予め変位と復元力間の関係を調べておき、測定の際にこれを基に校正を行なう必要がある。(4)クリップ板は測定試料の歪を減衰させて歪ゲージに伝達する。歪測定の所定の精度を得るためには、板の厚さ、長さを適切に選ぶ必要がある。(5)クリップ板の取り扱いが容易なためには、板には或る程度の剛性が必要で、むやみに永久変形を起こさない様にしなければならない。これらの中(2)、(3)は板をより薄く、長く、(4)(5)は逆に厚く、短くすることで達成される。これらの要請を全て満たす様に最適なクリップ板のサイズが決められる。著者らは最大5mmの変位を測定するのに、厚さ~0.35mm、幅~6mm、長さ~60mmのリン青銅板を用いている。

著者らは、1枚のクリップ板の同一箇所の両面に、低温用歪ゲージを貼布し、2ゲージ法を用いている。これにより温度及び磁場のゲージ出力への影響を消去する様にしている。しかし、これらの影響はわずかながら見られ、常温から液体ヘリウム温度までの温度降下に伴い、ゼロ点が+0.4%歪相当分シフトし、ゲージ率(変位量に対するゲージ出力の比率)は常温下での値の91%に低下する。磁場についてはゲージの経験磁場が0から約4T上昇するのに伴ってゼロ点が-0.05%歪相当分だけ移動する。ゲージ率への磁場の影響は見られない。温度による影響は、歪ゲージの接着剤及び防水用塗布材の降温に伴う熱収縮と硬化が原因と思われる。測定中に温度を変化させない限り、その温度で予め校正を行なっておけば、測定上の問題はない。また磁場によるゼロ点の移動は再現性が良好なため、使用する

各磁場での移動分を予め測定しておくが良い。

クリップゲージを装置に取り付けたとき、クリップゲージは先端の2点のみで支持され、他の部分に外力が加わらない様にする必要がある。例えば、クリップゲージにつながるリード線は十分細く、十分なたわみを与え、しなやかでなければならない。

歪ゲージをクリップ板に貼布する際に接着材として、液体ヘリウム温度用（共和電業社製PC-6）を用いることなく、液体窒素温度用（同UC-27A）を用いている。前者が加熱硬化材であるのに対し後者は常温硬化材で、使用が簡単のためであるが、この2年間での100回近い使用に対しても特性に変化はなく良好である。クリップゲージに使用しているため、前述のように歪ゲージそのものに加わる歪が、試料そのものの歪より小さく、著者らの場合0.3%歪程度に限られていることがその原因かもしれないが明確ではない。

3. 精度の確認

クリップゲージを用いた歪測定の精度の確認を、著者らは次の3段階の試験により行なった。

(1)ゲージそのものの特性：クリップゲージの変位量と出力との間には線型性と無履歴性が保証されていなくてはならない。図2は常温下でダイヤルゲージを用いてこれを試験した結果である。使用領域では線型性は十分保証されている。変位の方向を変えても同一直線を描き、ヒステリシスが無いことも確認された。

(2)装置に組み込んだ状態でのゲージ特性：図3はクリップゲージと共に差動変圧器を装置にセットして、変位を両者で同時測定した結果である。両者の指示値は良く一致している。液体窒素温度でも同様な結果を得ている。液体ヘリウム温度での測定は行っていないが、4に述べる校正治具を用いたゲージ率の測定結果は、液体窒素とヘリウム両温度間で差は無く、クリップゲージの特性は同じと考えられるので、液体ヘリウム中に於ても図3と同様の特性が期待できる。図3の結果をより精密に検討すると、両指示値間の差は±13μm（試料のゲージ長=165mmであり±0.008%歪に相当）以内であった。

(3)試料をセットした負荷時のゲージ特性：図3の校正曲線は無負荷での試験により得たものである。試料を取り付け、負荷の存在する場合は負荷に伴う装置の変形が歪測定の誤差の原因となる。そのため標準試料（ヤング率のわかっているできるだけ丈夫な試料）を用いての校正が必要である。径1mmφの鋼線を用いた測定の結果、著者らの装置の変形による歪の指示値

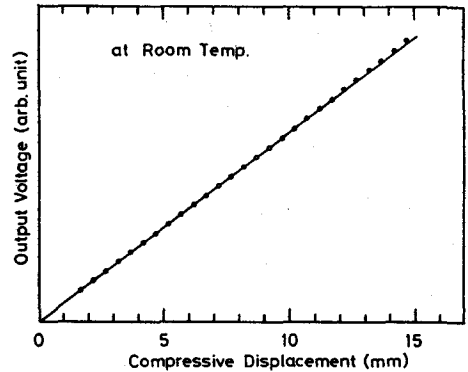


図2. 常温下でのクリップゲージの校正曲線。圧縮変位4.6~9.8mmの間で使用される。

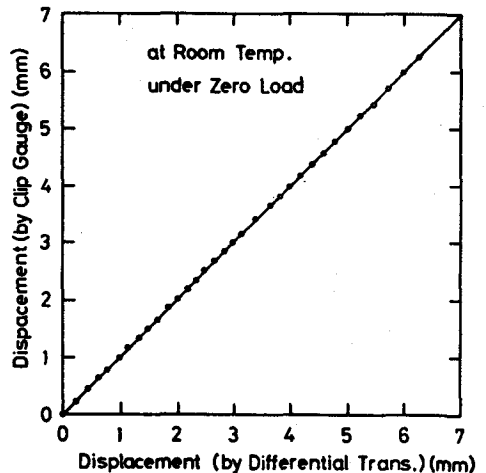


図3. 装置にセットした状態でのクリップゲージの校正曲線。

の増加(マシソフトネス)は荷重 100 N 当り 0.017%歪であることが確認された。測定に当っては、歪の指示値よりマシソフトネスによる増分を差し引く必要がある。以上 3 段階の試験の結果、著者らの装置の歪測定の精度として $\pm 0.008\%$ 歪を得ている。

4. その場較正の為の工夫

クリップゲージは、取扱いによっては永久変形を起こす等により、その特性が変化する可能性がある。従って実験の度にその特性の較正を行なうのが望ましい。ゲージの特性は温度、磁場によって異なるので、実験での使用条件の下での較正が必要である。著者らは実験装置にゲージの較正治具(図 1 中の⑨)を取りつけている。較正用の引張り棒を、常温空間で軽く引き上げることにより、液体ヘリウム中、磁場中で、かつ試料をセットしたまま、すなわち測定実験の直前、中途、直後の任意の時にゲージの較正が可能である。較正の際に試料には一切荷重等のじょう乱は加わらない構造になっている。(この較正治具は特許になっている)

5. おわりに

クリップゲージそのものの製作には、正味半日あれば十分である。歪ゲージの取扱いにあたってはメーカーの説明書どおりに忠実に行なえば良い。歪ゲージ並びに関連物品には種類が多いので、カタログを予め取り寄せ、また必要に応じてメーカーと相談するのが良い。歪増幅器には交流型と直流型とがあり、一般に交流型がノイズ対策上好ましいとされている。しかし、著者らの様に、歪ゲージを磁場中で、しかもクリップゲージに貼布して使用する場合には、交流型だと交流電流と磁場との間の電磁力により、しなやかなリード線が振動して、逆にノイズを作り出すために、直流型を使用している。