

## モアレ法による高温中のひずみ測定

Strain Measurement at High Temperatures by the Moiré Method

—高温炉の試作と一、二の試験結果—

山田 嘉昭\*・輪竹千三郎\*

Yoshiaki YAMADA and Senzabro WATAKE

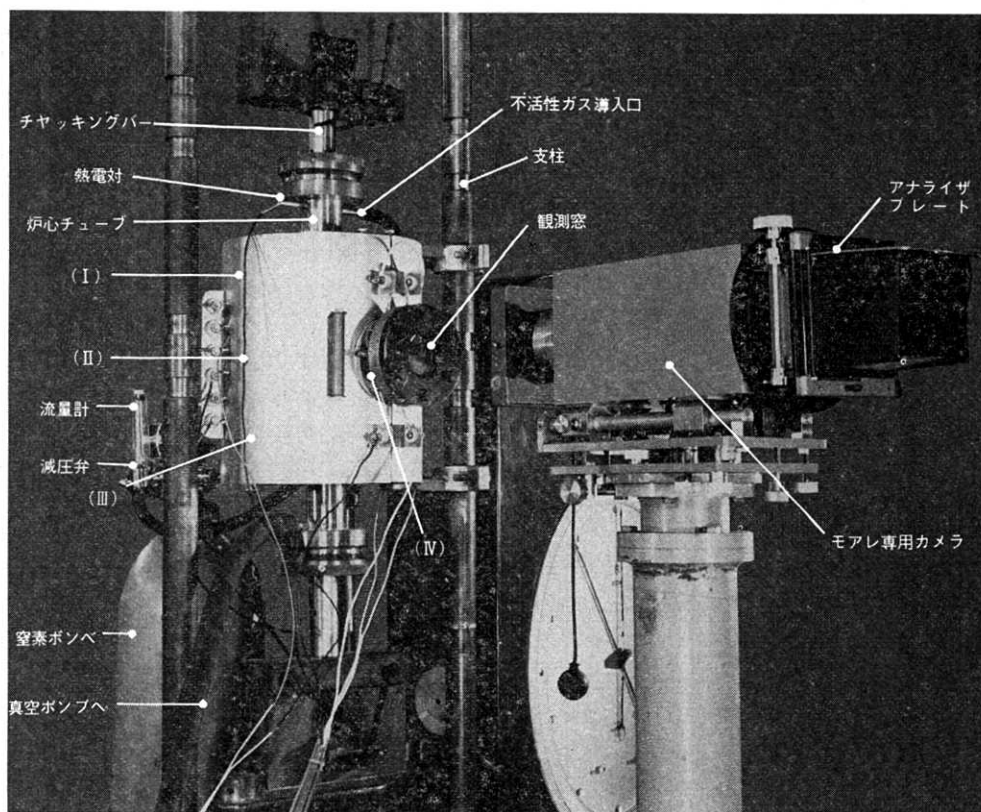
## 1. ま え が き

材料力学の分野で、高温中における変形の測定が要求される場合が多いが、なかなか満足すべき方法がない。もちろん現在では、抵抗線ひずみゲージの発達によって、350°C 位までの測定はできるようになっている。しかし温度補償、接着剤などの点で、抵抗線ひずみゲージ法にはかなり困難を伴う。本報は高温における変形の測定にモアレ法を応用する試みに関するものである。同様の試みはすでに Sciammarella ほか<sup>1),2)</sup> および Theocariss<sup>3)</sup> によって行なわれており、本報はかれらに遅れること数年であるが、著者らなりの方法を確立したことに意義がある。モアレの撮影には、すでに試作したモアレ専用カメラ<sup>4)</sup>を用い、とくに高温試験用に新しく炉を試作した。

## 2. 高温試験炉の概要と特長

炉体とその配置は図1のようである。発熱体はニクロム線である。加熱は、上下方向に(I)+(III)と(II)の電熱2回路、横方向に(IV)の1回路を用い、温度調節計により、回路(II)を on-off 制御している。温度の測定と検出は、炉心チューブ内部のほぼ中央においたクロメル・アルメル熱電対で行なう。観測窓はパイレックスガラス、シール類はテフロン、シリコンゴムなどである。

炉は通常の万能型材料試験機に取付けて使用可能で、試料表面の酸化防止や試料周辺の雰囲気管制が必要なときは、炉心チューブ内を真空にし、また不活性ガス(窒素ガス・アルゴンガスなど)を導入することができるようになっている。炉心チューブ内の中心温度が 600°C 付



\* 東京大学生産技術研究所 第1部

図1

研究速報

近までで、かつ試験が短時間のとき、とくに水冷冷却を行わなくとも、シール類は安全であった。

3. 実験方法と結果

試験のときは、適当に表面を処理して格子線をつくった試料を炉心チューブ内におき、試料格子線と炉外に設置したカメラのアナライザプレート上の格子線とでモアレ像をつくる。こうして、アナライザプレート面上にできたモアレ像の位置にフィルムをおいて撮影するか、または別のカメラでモアレ像を撮影して、変位あるいはひずみの解析をすることができる。

常温の試験では、普通の格子線焼付け法により、感光剤塗布、焼付け、現像、染色の処理を行なうだけで十分であるが、このようにして作成した試料を高温の状態で見ると、350°C 位の温度で染料が変色し、きれいなモアレ像が得られない。したがって本実験では、現像のちエッチング処理をほどこし、エッチングによって生じた凹部にファイラーを充填した。ファイラーには、コロイド状黒鉛を使用し、約 600°C までのところまでよい成績を収めている。炉の真空を、現在の実験段階よりも十分に良好にし、あるいは不活性ガスの導入を将来において実行に移せば、さらに高温においてもモアレの観測が可能と考えている。以下は約 600°C まで、ならびにこの程度の温度のもとにおいて、大気中でも極端に酸化しない金属材料に関する実験結果である。

i) ステンレス鋼 (SUS 27) の引張試験

種々の温度において引張試験を行ない、モアレしまからひずみを計測し、ランクホードの  $r$  値およびひずみ硬化指数の  $n$  値を求めた。用いた格子線は直交 250 本/in で、試験の結果を図 2 に示す。 $r$  値は軸方向の伸びひずみ 20% のところで比較したが、温度が高くなると  $r$  値

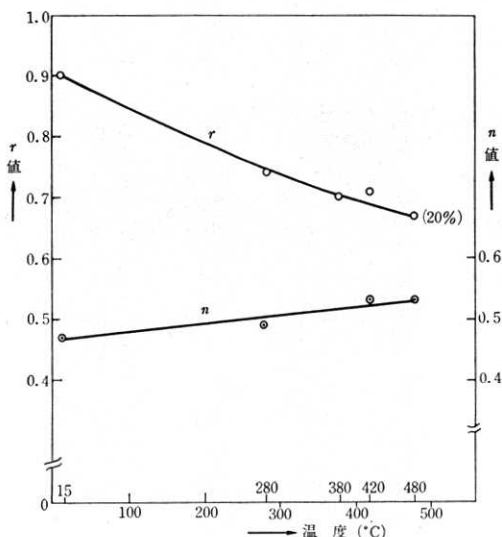


図 2

は小さく、 $n$  値は若干大きくなる傾向があることがわかる。またエッチングによる影響、すなわちその切欠き効果が試験に及ぼす影響の有無を、エッチングしたものとししないものについて比較試験したが、差は大きくなかった。本試験に用いた試験片は、圧延に直角の方向を長手方向とし、公称板厚は 0.7 mm である。

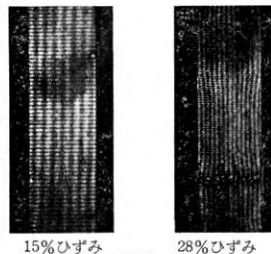


図 3

図 3 は 480°C で引張試験を行なったときのモアレ像の写真であるが、28% のひずみにおいて局部的なくびれが生じていることが観察できる。

ii) アルミニウム粗大結晶試料の引張り

アルミニウムに予ひずみを与え、これを一定温度に保って得た粗大結晶の試験片について引張試験を行なった。図 4 は常温におけるモアレ像で、平均ひずみ 6.2%

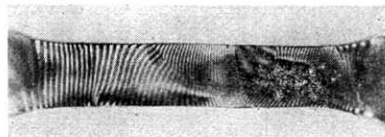


図 4

のときの写真であるが、高温中においても、もちろんモアレの観測が可能である。用いた格子線は 1 方向、ピッチ 500 本/in である。図 4 から、結晶ごとにその方位のちがいで対応して異なった変形を生じていることがわかる。このような結果と X 線解析による方位の関係を調べ、さらに数値解析で用いられている有限要素分割の物理的意味についても考察することは、きわめて興味がある。図 4 と同様の変形メカニズム観測の試みは、すでに室田<sup>5)</sup>によっても行なわれている。

4. 結 び

ここでは現在までに行なった 500°C 付近までの結果を報告したが、炉心チューブ内の真空度を高め、予熱不活性ガスの導入、炉壁の水冷冷却などを行なうと、容易に 700°C 位までの測定が可能との見通しを得ている。終りに本実験に援助を与えられた東京試験機製作所、アルミニウム粗大結晶の試料を製作してくださった生産技術研究所一色研 高氏のご厚意に感謝する。また研究室の高橋技官、福光研究補助員には終始実験に協力していただいた。(1970 年 2 月 25 日受理)

文 献

- 1) C. A. Sciammarella and B. E. Ross: Exp. Mech. Vol. 4, No. 10 (1964) p. 289~296
- 2) C. A. Sciammarella and D. Sturgeon: Exp. Mech. Vol. 6, No. 5 (1966) p. 235~243
- 3) P. S. Theocaris: Exp. Mech. Vol. 4, No. 8 (1964) p. 223~231
- 4) 山田・輪竹・西本: 塑性と加工, Vol. 8, No. 83 (1967) p. 669~677
- 5) 室田・神馬・百武: 未発表