薄板中空円板の移動熱源による温度分布の測定*

佐 藤 次 彦**

Measured Results of Thermal Distributions of Thin Disks with Center Holes Around which Heat Sources Move*

By T. Sato

Abstract

We measured the thermal distributions of thin disks when heat sources moved around center hole, shown in Fig. 1. Main results we obtained were following: (1) variations of temperatures with time at some points in these disks, for example, shown in Fig. 3, 4 and 5; (2) maps of thermal distributions, for example, shown in Fig. 6, 7, 8; (3) thermal distribution after heat sources stopped, for example, shown in Fig. 9, 10, 11; (4) temperatures as moving of heat sources at points of same φ 's with heat sources and larger r 's for example, shown in Fig. 12, 13, 14.

1 はじめに

われわれは Fig. 1. のような厚さ 4.5mm の軟鋼の中空円板の内円周を熱源が 1 回転する場合の温度分布を測定したので報告する.*この実験はかような円板の変形の実験および解析の基礎をなすものである。実用上の問題としてはいわゆるはめこみ溶接やガス切断の場合などを対象としているが、得られた結果はかような中空板に共通であると考えられる一般的性質を含んでいる。

Fig. 1 Test pieces

2 実 験

上述の目的のために Fig. 2. に示したような半自動式熱源移動ならびに変形測定装置を製作した。従って熱源が正確に円を描くように、またできるだけ等速回転をするようにした。変形測定のさいにダイヤル・ゲージを使用するので、アームの回転による鉛直方向の誤差は 1/100mm 程度になるようにした。

また温度の測定には横河電気製作所の 6 点打点式熱電式自記記録温度計 (ER-21 型) を、熱電対はクロメル-アルメルを使用した。

熱電式の温度計を使用するので熱源にはアークを用いず、酸素-アセチレン焰を採用した。このために試験片に与えられる熱量が実験ごとに不揃いになるという心配があるので、焰の調節には相当留意したつもりである。

実験した試験片の大きさは $a=50\text{mm}$; $b=100\text{mm}, 150\text{mm},$

200mm , の 3 種類である。また熱源の中心はかような試験片の $r=55\text{mm}$ のところとおるようにした。かような試験片がアームの回転軸に対して垂直になるようダイヤル・ゲージと 3 つの支持調整ネジとを用いて調整し、自由支持の状態で行った。また熱源が内円周を 1 回転する時間はいずれの試験片の場合も 180 秒とした。

かような実験で得られた主要な結果と考察を以下つぎつぎに述べることにする。

3 各点の温度の時間的变化

Fig. 3. および 4, 5 はそれぞれ 3 種類の試験片の $\varphi=0$ におけるいくつかの点の温度の時間的变化を示す。なお φ は熱源の出発した位置を 0 にとってある。(従ってまた 1 回転して停止する位置でもある) これらの図からわかるように、いずれの場合も 2 つの山があるが、 $\varphi=0$ から両側

Fig. 2 Our apparatus for moving heat source semi-automatically and measuring deformation

* 原稿受付 昭和31年 8 月 18 日 (昭和31年度溶接学会秋季学術講演会において発表)

** 正員 大阪工業大学 Member The Osaka Institute of Technology

* かような場合の理論的計算については、昭和30年 3 月機械学会九州支部で発表。

Fig. 3 Temperatures of $\varphi=0$, in the case of $b=100\text{mm}$ Fig. 4 Tempertures with time at some points of $\varphi=0$, in the case of $b=150\text{mm}$ Fig. 5 Temperature with time at some points of $\varphi=0$, in the case of $b=200\text{mm}$

へ $2/5\pi$ 程度ずれると左側の山は消えて右側の山だけがめだつようになる。 $\varphi=0$ で同じ γ をもつ点の温度の時間的変化を3種類の試験について比較してみる

と、2つの山の極大点の間隔は b が大きくなるに従ってだんだん狭くなることがわかる。すなわち、 b が大きくなるにつれて左側の極大点はだんだん右へ、右側の極大点はだんだん左へよることがわかる。特に $b=100\text{mm}$ のものでは右側の極大点は熱源が1回転して停止したあとしばらく時間がたった位置にあることは興味がある。これはい

ずれもが大きくなるに従って熱放散と熱の総容量が大きくなるための効果である。この2つの効果を分離して論ずることは興味ある問題であるが、それには別の実験を必要とする。

Fig. 6 Map of temperature distribution, when heat source stopped, in the case of $b=100\text{mm}$ Fig. 7 Map of temperature distribution, when heat source stopped, in the case of $b=150\text{mm}$ Fig. 8 Map of temperature distribution, when heat source stopped, in the case of $b=200\text{mm}$

4 等温線図など

3で得られた結果をあつめて熱源移動開始後一定時間における等温線図をかくことができる。例えば熱源が1回転した瞬間のものは Fig. 6, 7, 8 のようになる。この場合 N がまずにつれて等温線が同心円に近づく模様、および同じ γ の点の温度がかなり大きく減少する有様がよくわかる。

Fig. 9 Temperature distribution, 15 seconds after heat source stopped, in the case of $b=100\text{mm}$

Fig. 10 Temperature distribution, 15 seconds after heat source stopped, in the case of $b=150\text{mm}$

Fig. 11 Temperature distribution, 15 seconds after heat source stopped, in the case of $b=200\text{mm}$

Fig. 12 Temperature at point of the some φ with heat source and $\gamma=60\text{mm}$, in the case of $b=100\text{mm}$

熱源が1回転して15秒の5の各点の温度は3種類の試験片についてそれぞれ Fig. 9, 10, 11 のようになる。 $b=150\text{mm}$ のものが波のうち方の数が一番多い*。

つぎに熱源の移動位置と同じ φ で、 γ が少し大きい点の温度をかいてみると、 Fig. 12, 13, 14 に示したような曲線が得られる。この曲線が漸増曲線ではないという点に興味がある*。われわれの実験はあまり精度のたかいものではなく、定性的な結論を与える程度に過ぎないが、この結果

Fig. 13 Temperature at point of the same φ with heat source and $\gamma=70\text{mm}$, in the case of $b=150\text{mm}$

Fig. 14 Temperature at point of the same φ with heat source and $\gamma=80\text{mm}$, in the case of $b=200\text{mm}$

は少し意外に思われたのでさらに次のような実験を行った。板の変形の影響が上述の結果にはいってきくことも考えられたので厚さ 4.5mm のものゝほかに、厚さ 9mm の試験片を使用し、計器の「おくれ」の影響を最小限にふせぐために熱源位置と同じ φ をもつ数点の温度を埋込んだ熱電対により直接ミリボルト計で読んだ。その結果もやはり漸増曲線とはならなかった。(熱源の移動による板の変形はある程度結果に影響しているようである) 大きな φ をもつほどかような点の最高温度はだんだん高くなるのであるが、最高温度を示す瞬間は熱源がちょうどその点と同じ φ の位置に到着した瞬間ではなく、それからの「おくれ」があり、その「おくれ」が φ が大きくなるにつれて一般に大きくなるのである。これには中空のため進向方向と逆方向からの熱伝導による寄与と熱伝導度と熱源の移動速度との相関も影響しているものと思われる。

5 おわりに

この実験は変形に関する実験の基礎的なものにすぎないが、もっと一般の問題の定性的性質の判断に役立つこともあろうと考えて報告した。いままで述べたことのほかに、 b がふえることによって温度分布の模様が比較的激しく変化することも興味をひく。これは逆にわれわれが熱伝導の数学的問題をとく場合、例えば無限に広い板という仮定をどの程度から採用してよいかという判断のたすけともなるう。

最後にこの実験に熱心に協力していただいた大阪工大昭和31年度卒業生、大谷茂樹、斎藤正実、信崎俊秀、森脇光明の諸君に深く感謝する。またこの実験にいろいろと便宜をはかって下さった大阪工大石井幸治教授、いろいろと討論して下さいた阪大工学部佐藤邦彦助教授に厚く感謝する。

* われわれの行った変形の実験によれば、変形度は $b=150\text{mm}$ のものが一番大きい。この現象はそれと関連があることも考えられる。これについてはあらためて報告する予定である。

* この結果について阪大工学部安藤弘平教授から御注意をいただき、以下述べるような追実験を行った。