日 本 金 屬 學 會 誌

B-第 15 卷 第 7 號

研 究

鋼の疲勞に關する磁氣的研究 (第 1 報)*

上 田 太 郎** 田 中 政 夫**

T. Ueda and M. Tanaka: Studies on the Fatigue of Steels by Means of the Magnetic Method (1st Report).

We investigated a relation between the fatigue phenomena and magnetic properties of steels by measuring with a cathode-ray oscillograph the changes of hysteresis loop of specimen due to fatigue. Materials tested were five kinds of annealed carbon steels. They were loaded with rotary bending stresses. As the change of hysteresis loop of specimen were very small, we observed the difference of hysteresis loops between the test specimen and a standard specimen namely, the "differential loop". And to observe more clearly, differential loops were magnified.

The experimental results obtained are as follows: When the given alternating stresses were under the fatigue limit, the changes of differential loops did not occur, but if they were above the fatigue limit the area of the loop and the residual magnetism of specimen decrease as the number of cycles of stress increased.

(Received February 21, 1951)

I. 緒 言

鋼の疲勞に關しては疲勞限界の決定、疲勞による物理的及び機械的性質の變化、切欠の影響、腐蝕疲勞、疲勞の恢復並びに疲勞破壊の機構等について多くの研究がなされている。しかしながら鋼の疲勞現象と磁氣的性質との關係についての論文は少く二、三の結果が發表されているに過ぎない⁽¹⁾。

材料が繰返應力を受けると結晶内に位相が起り、位相層における結晶格子が歪み、そのため原子の配列が亂れて磁氣的な力の場も正常な結晶と相違するに至り材料の磁氣的性質にも變化を來たすことは當然である。従つて疲勞現象と磁氣的性質との間にある關連性が存在する筈であり、この關係を研究することにより鋼の疲勞を容易に推論することが出來ると考えられる。

この方面の研究としては M. F. Fischer⁽²⁾ は炭素鋼に繰返回轉曲げ應力を與えた時の磁化曲線の變化を研究し繰返應力を與えると磁化曲線の形は僅かながら明瞭に變化することを見出している。浅川氏⁽³⁾は繰返打撃および回轉曲

げ應力を與えた鋼の磁氣感應度の變化を研究し繰返し進むにつれて磁氣感應度は一般に減少する結果を與えている。E. Mönch⁽⁴⁾は繰返し振りを與えた鋼の磁氣感應度の變化を測定し、この變化を來たす限界應力より疲勞強さを短時間に見出さんとしたが結果は區々となり統一した結論を與えていない。また K. Fink および H. Lange⁽⁵⁾も 5 種類の炭素鋼に繰返彎曲應力を與えて磁化曲線の變化を研究したが同様な結果になつている。

これ等の研究結果を見るに何れも異り、磁氣的な試験方法により疲勞現象を觀測し得るとの結論には達していない。そこで著者等はこれを解明するために繰返應力による鋼の磁氣履歴曲線の變化を陰極線オシログラフ装置のブラウン管上に直視する方法により詳細に研究することとした。

II. 供試材料及び試験片

供試材料は 0.02, 0.05, 0.24, 0.35, 0.51% C なる 5 種類の炭素鋼で試験片は Fig. 1 (a) (b) に示される 2 種類の片持梁型繰返彎曲試験片とした。即ち直徑 16mm の丸棒の平行部の中央に 60°V 型溝、または幅 10 mm、深さ 2mm の四角溝を作つた。これは切欠の處が最大應力となり此處に疲勞を起させるためである。この切欠の部分における應力は試験片の支持點における應力の約 1.5 倍である。60°V 型溝は 0.02 および 0.05% C、四角溝は 0.24, 0.35 および

** 大阪大學工學部精密工學教室

* 1949 年 10 月近畿地区學協會連合講演會本會関西支部講演會に發表

(1) ことゝでは表面龜裂の發見に對する鐵粉附着試験法を除く。

(2) M. F. Fisher, J. Res. Bureau. Standard, 1(1928), 721.

(3) 浅川, 金屬の研究, 8(1931), 221.

(4) E. Mönch, Forschung, 11(1940), 324.

(5) K. Fink, H. Lange, Phys. Z., 42(1941), 90.

示したものでこれは差動曲線が垂直軸と交わる点の变化から求められる。この値も破断したものおよびせざるものにおいて大體 8 曲線と同様の变化をしている。

Fig. 4 に示した各試験片についての S および B_r 曲線を示せば Fig. 7 および Fig. 8 となる。これを見るに疲労強さ以下の繰返應力にて破断の起らない時は差動曲線の面積 S および残留磁気の变化 B_r は繰返数に 関係なく殆ど

Fig. 7 Area of Differential Loops of Specimens, Shown in Fig. 4.

Fig. 8 Difference of Residual Magnetism between Test and Standard-specimens, Shown in Fig. 4.

一定であるが、疲労、強さ以上の應力を受けて破断する試験片においては疲労の進行と共にこれ等の値は漸次変化し、かつその変化は試験片の磁気履歴曲線の面積および残留磁気が次第に減少して行く方向に変化する。

なお繰返数の増加による電気抵抗の変化も同時に電位差計により測定し、Fig. 5 および Fig. 6 に R 曲線として表わした。電気抵抗も疲労強さ以下の繰返應力の場合には殆ど変化しないが、疲労強さ以上の應力を受ける時には繰返しの進むにつれて漸次抵抗が増大している。他の試験片においても同様の結果を得た。

茲に供試した数種の炭素鋼についてのこれ等の結果を綜合するに、鋼が繰返應力を受けて疲労が進行する時は磁気履歴曲線の面積および残留磁気の値は減少し電気抵抗は増大する。若し繰返應力が疲労強さ以下の應力で疲労を起さない時はこれ等の値に変化は殆ど起らない。陰極線オシログラフ装置のブラウン管上に像を描かせてこの状況を観測することが出来た。即ち差動曲線の形および大きさが変化する時は疲労の進行せることを示し、若し変化が殆ど見られない時は鋼は疲労強さ以下の繰返應力を受けている時で疲労は生じていないことを示している。かくして簡単に容易く疲労の有無を検定することが出来た。

V. 総 括

0.02, 0.05, 0.24, 0.35 および 0.51% C の 5 種類の焼鈍炭素鋼につき、切欠溝を有する試験片を用い、これに片持梁型の繰返彎曲應力を与えた時の疲労現象と磁氣的性質との関係を測定した。

その測定方法としては現場的方法とならしめることを目標にして研究した。即ち供試片並びに標準片の磁気履歴曲線を逆相にし、その差動曲線を陰極線オシログラフ装置のブラウン管上に描かしめ疲労の進行によりこの曲線が如何に変化するかを観測したのである。

この方法により次の結果を得た。即ち

(1) 疲労強さ以下の繰返彎曲應力を与えた場合には繰返数が増大しても差動曲線の形および大きさは殆ど変化しない。

(2) 疲労強さ以上の繰返彎曲應力の場合には差動曲線の形状および大きさは疲労の進行と共に漸次変化する。而してこれは試験片の磁気履歴曲線の面積および残留磁気が減少する方向に変化する。

(3) 電気抵抗の変化も同時に測定したが電気抵抗は疲労の進行と共に増大する。

(4) 差動曲線をブラウン管上で直視することにより鋼部品が疲労破断するか否かを簡単に早期に検査し得る。従つてこの方法は現場的検査法として可能性がある。

他の材料について、また繰返應力を變えて目下研究中でありその結果は第 2 報に譲る。

本研究は文部省科學研究費により行われたものである。