高周波焼入の冶金學的研究 (第 3 報) 硬化深度と内部應力の關係について

三 谷 裕 康* 小 林 孝**

Yûkô Mitani and Takashi Kobayashi: Metallurgical Study of Induction Surface Hardening (3rd Report). On Relationship between Depth of Hardened Layer and Internal Stress.

By case hardening depth of hardened layer is almost constant. However, by induction surface hardening the depth can easily be changed. Long heating makes it deep and short heating makes it shallow. Recently the fatigue tests of induction hardened steel were put into practice by Teramae and Makino, which show the relationship between fatigue strength and depth of hardened layer, the curve having a peak which indicates the maximum fatigue strength. It is said that the internal stress of surface gives good effects on fatigue strength, so the relationship between fatigue strength and depth of hardened layer must correspond to that of internal stress and the depth. In this paper author described the internal stress of induction hardened steels which had different depth of hardened layer.

(Received June 16, 1952)

I. 緒 言

化學的表面硬化法では硬化深度は比較的薄く、硬化層を増減せしめることが困難である。しかるに高周波表面硬化法ではこれを自由に行い得る利點を有する。表面硬化による表面應力の發生については前報に述べたのであるが、内部應力は靜力學的強度に對する影響は比較的少なく、動力學的強度すなわち金屬の疲労、磨耗などに大きな影響力を有する。斑磨耗現象などは一種の表面の疲労現象と見なされるので⁽¹⁾、磨耗の素因として疲労も當然考慮に入れなければならない。高周波焼入鋼の疲労に関しては寺前、牧野兩氏の研究があり、硬化深度と疲労強度の關聯性について報告されている⁽²⁾。曲げ疲労試験では 10 mm ϕ の試験片を使用し、硬化深度 3 mm のものが最高の疲労強度を示

している。衝撃疲労試験では 12 mm ϕ の試験片を使用し、硬化深度 2 mm 程度で最高の疲労強度を示している。いづれにおいても最高の疲労強度を示す硬化深度を頂點として薄ければ薄いほど、厚ければ厚いほど疲労強度が低下している。何故ある一定の深さの硬化層の場合最高の疲労強度を示すかということには觸れていないが、疲労を論ずるにはまづ内部應力を検討する必要がある。表面に内部應力を有する場合、疲労強度は向上し、疲労破斷に到るまでに内部應力が減少して行くことが知られている⁽³⁾。著者はかゝる觀點より硬化深度と内部應力との關係を實驗したる結果について報告し、實用の便に供したい。

II. 試 料

材料は第 2 報の應力測定に使用したものと同一の 0.42 % C の炭素鋼である。寸法も同じく $\phi 30$ mm $\times$ 4 mm 内

* 浪速大學工學部 ** 大阪工業獎勵館

(1) 西原, 機械學會論文集, 3-13 (1937), p. 292.

(2) 寺前, 牧野, 金屬, 20 (1950), June, 44.

(3) H. Böhler u. H. Buchholtz, Arch. Eisenhüttewes., 5 (1932), 413.

部に $\phi 16$ mm の孔をあけた。高周波加熱は 20 kV 2 sec, 2.5 sec, 3 sec の 3 種でその硬化深度はそれぞれ 2 mm, 3.5 mm, 5 mm であった。材料は総て焼準を施してある。

Fig. 1 Hardness Distribution.

とんど一致し、表面組織も近似したものであることが首肯される。硬度分布は Fig. 1 に示す。

普通焼入鋼は表面から 2 mm の深さで硬度が低下しているが、内部に入るに従って再び硬度が上昇し、充分深く焼きが入っている。

III 應力測定

測定方法は前報と同じである。半徑方向内部應力 σ_r 、切

Fig. 2 Distribution of Radial Stress.

さらに真空中で 600° 1 時間焼鈍して残留應力を除去した。比較のために使用した普通焼入鋼は真空中 850° 30 min 加熱後水焼入した。4 種類の試験片は

表面硬度はほとんど一致し、表面組織も近似したものであることが首肯される。硬度分布は Fig. 1 に示す。普通焼入鋼は表面から 2 mm の深さで硬度が低下しているが、内部に入るに従って再び硬度が上昇し、充分深く焼きが入っている。

切線應力の最高値は表面應力と一致している。したがって

Fig. 3 Distribution of Tangential Stress.

疲労に影響する應力はこの場合表面應力と見なすことが出来る。Fig. 4 にてわかる如く、硬化深度と應力との関

Fig. 4 Relationship between Depth of Hardened Layer and Maximum Stress.

係はやはり疲労の場合と同じく頂点を有する山型の曲線となり、3.5 mm 程度硬化深度で最大の應力値を示している。

IV. 結 言

以上の結果から高周波焼入の應力は硬化深度約 3.5 mm の時に最大を示し硬化層がそれよりも薄い場合も厚い場合も減少する傾向がある。試験片の孔は應力に影響するのでさらに形状および大きさの影響について目下系統的に実験中であり、力學的計算によりその最高値を解析することも可能であろう。

要するに疲労に最も強い焼入深度は恐らく最大の表面應力を示す場合に一致し、疲労強度を増すには表面應力を高める必要がある。

本研究に對し御指導御鞭撻を賜った。西村秀雄先生並びに高瀬部長に深謝するものである。高周波焼入施行に關しては廣瀬泰弘技師の御協力を得たことを感謝する次第である。