Study on Breakage Forecast for the Piston Rod in the Air Drop Hammer by Ultrasonic Inspection

○正 矢壁 正樹 (米子高専) 正 大塚 茂 (米子高専) 鐵本 義秀 (明治製作所)

Masaki YAKABE, Yonago National College of Technology, Hikonacho4448, Yonago city Tottori Prefecture

Shigeru OHTSUKA, Yonago National College of Technology, Hikonacho4448, Yonago city Tottori Prefecture

Yoshihide TETSUMOTO, Meiji Drop Forge LTD, Dakyoji390, Kurayosi city Tottori Prefecture

Key Words: Angle Beam, Ultrasonic Inspection, Air Drop Hammer, Piston Rod

1、緒論

エアドロップハンマでは、衝撃振動、疲労などによりピストンロッドにき裂が生じ、やがて折損に至ることがある。Fig.1 にエアドロップハンマの外観写真およびピストンロッド部の拡大写真を示す。ピストンロッド先端部には金型を取り付けるためのラムと呼ばれる部品が取り付けられており、ロッド上端部にはヘッドと呼ばれる部品が取り付けられている。上部のエアシリンダー内の圧力によってロッドが繰り返し上昇・下降し、鍛造を行う。ハンマー上昇中におけるロッドの折損は、ラムの落下による人身事故等の重大な事故を引き起こす可能性がある。このピストンロッドの折損を予知し、折損が起きる前に、危険であることを予知できるシステムを構築することが本研究の目的である。

Fig.1 Front view of The Air Drop Hammer and The Part of Piston Rod extension view

エアドロップハンマのピストンロッドとラムは圧入により組み立てられており、上昇や下降の力が加わるときにロッドの伸びにより、ロッドとラム等の表面に微小な相対的なすべり運動が起こり、フレッティング摩耗の様相を呈する。フレッティング摩耗と繰り返し応力が働く結果、疲労き裂が生じ、使用するに伴い、徐々に進展し、折損に至るものと考えられる。本報告ではこの疲労き裂をピストンロッドとラムを分解することなく、き裂進展を測定する方法として、超音波斜角探傷法を選び、実際に鍛造工場で稼働しているエアドロップハンマに対し、き裂進展の測定を行い、ピストンロッドの折損予知が可能であるかどうか検討を行った。

2、校正試験

エコー高さよりき裂深さを推定するため、ピストンロッドと同じ材質 (SCM 材)、同じ直径の試験片に放電加工により幅 1mm の切欠き溝を設け、これを人工欠陥とした。人工欠陥の深さは 1 および 2, 3, 4, 5, 6, 10mm の 7 種類の試験片を用意し、それぞれの欠陥より得られるエコー高さの測定を行った。Fig. 2 に実験装置概略図を示す。Fig. 2 において探触子はハリソニック社 ABM0204 (中心周波数 2.25MHz)、アクリルウェッジは 52 度縦波斜角のものを用いた。エコー高さは超音波探傷機より得られる外部出力の両振幅 (mV) で記録した。

Fig.2 Experimental apparatus

校正試験の結果を Fig. 3 に示す。Fig. 3 において横軸は人工欠陥の深さ (mm)、縦軸はエコー高さ (mV) である。

Fig.3 Crack Depth vs. Echo Height

また、Fig.3において、人工欠陥深さ 20mm のプロット点は端面より得られたエコー高さを示している。この校正試験結果より、き裂深さとエコー高さはき裂深さ 1 mm から約 10mm まではほぼ比例しており、それ以上ではエコー高さにほとんど変化がない事がわかる。

3 実機による超音波探傷試験

鍛造メーカーに設置されており、実際に稼働しているエアドロップハンマに対し、校正試験と同様の超音波斜角探傷法により、ピストンロッドに生じる疲労き裂の疲労進展の測定を行った。6台設置されているエアドロップハンマはそれぞれ 2.0 トン (1 台)、1.5 トン (4 台)、1 トン (1 台) の容量を持っている。実験装置は校正試験に用いたものと同じものを用いた。測定に当たっては、ラムとピストンロッドのはめ合い内部を探傷するように、探触子を走査し、エコーが観測された場所でそのエコー高さと探触子の位置を記録した。測定結果を Fig.4 および Fig.6、Fig.7 に示す。それぞれ縦軸にエコー高さ (mV)、横軸に総打撃回数をとっている。

Fig.4 Crack growth of Piston Rod (Air Drop Hammer of 1.5ton)

Fig.4 においては 4 台の 1.5 トンエアドロップハンマの測定結果をそれぞれ Piston Rod No.1~4 として示している。Fig.4 より Piston Rod No.3 では総打撃回数 200 万回付近から急激なエコー高さの増加が見られ、総打撃回数約 500 万回において 76mV のエコーが観測されている。ここでこのピストンロッドを切断し、切断面を観測したところ 4.04mm の深さの疲労き裂が見られた。校正試験結果より 4mm の人工欠陥に対して 45mV のエコー高さであり、実機の結果とは異なっている。これは Fig.5 に示す顕微鏡写真例のように、ほぼ同じ位置に何個もの疲労き裂が生じている事やき裂先端形状が異なる事が原因と考えられる。その他のピストンロッドにおいても打撃回数が増えるに従いエコー高さは増加しており、疲労き裂の進展がよくとらえられている。

Fig.5 The view of the cut section(x500)

Fig.6 Crack growth of Piston Rod (Air Drop Hammer of 2.0ton)

Fig.7 Crack growth of Piston Rod (Air Drop Hammer of 1.0ton)

Fig.6 に示す 2.0 トンエアドロップハンマおよび Fig.7 に示す 1.0 トンエアドロップハンマにおいては総打撃回数が増加してもエコー高さの増加傾向は見られていない。これは、ほとんど疲労き裂が進展していないか、もしくはエコーが全く観測されない事があることから、これらの 10mV 程度のエコーははめ合いの段部で生じる始端エコーであり、ほとんどき裂が生じていないとも考えられる。Fig.6 における Sample1 ならびに Fig.7 における Sample1 と Sample2 はラム内において最大でも 13mV 程度のエコー高さしか観測されなかったにもかかわらず、はめ合い部ではないラム外でピストンロッドの折損が生じた。特に Fig.7 の Sample 2 ではわずか 200 万回足らずで折損している。高周波焼き入れによる、焼き割れなどの初期欠陥が存在していたためであると考えられる。このように、ピストンロッドがラム外の部分で折損することもあったため表面波探傷試験も行ったが、表面波は斜角探傷法に比べ擦り傷程度でもエコーが観測されるほど感度が高く、実験の度に変化するピストンロッド摺動面の影響により有効なデータは得られなかった。

4、結論

本報告で用いた超音波斜角端触子によりエアドロップハンマのピストンロッドに生じる疲労き裂の進展がとらえることができた。特に 30mV 付近を超えるエコー高さが観測されると折損に至る危険がある。しかしながら、いつ折損に至るかは、鍛造品によっても異なるので今後の調査が必要である。