

(95) 鍛鋼の超音波減衰に関する二・三の実験

Some Experimental Study on the Attenuation of Ultrasonic Waves in Forged Steel.

T. Noda, et alii.

神戸製鋼所

○野田忠夫・工 高田 寿・工 柳沢哲彦

I. 緒言

鋼材の超音波探傷の技術は急速に進み、有効に実用に供せられつゝあるが、超音波減衰の問題については未解決の点が甚だ多く残されているために、鋼材品位の判定上種々の問題を投げている。本実験は超音波減衰に対して、普通鍛錬の場合の鍛錬の進み方による鍛錬組織や、結晶粒度、熱処理条件などとの関係について二、三の検討を行つたので以下報告したい。

II. 実験経過

実験 I. 鍛錬度と超音波減衰の関係。

(1) 鋼塊の一次組織と超音波減衰との関係

鋼塊 (C=0.28%, Mn=0.54%, Si=0.33%, P=0.024%, S=0.016%) 表皮削除、頭部、底部平削後軸方向より 5 MC 多重反射法による超音波透過試験を行うと、外殻部から内部に進むにつれて減衰が甚だしくなる。即ち柱状晶部に相当する外殻部は、減衰が極めて少なく、内部の自由晶部は減衰が最大である。自由晶部の超音波減衰は主として、鋼塊の凝固偏析層の音波散乱による透過障害のためと考えられる。本供試鋼塊では、砂噛み、砂疵、パイプ等の異常減衰は見受けられなかつた。

又軸は radial 方向から測定すれば、鋼塊頭部の減衰が最も甚だしく、底部に移るにつれて音波の透過性は良好となる。かゝる鋼塊を用いて、順次鍛錬度を進め、鍛錬効果と超音波減衰の関係について検討した。

(2) 鍛錬効果と超音波減衰の関係

(i) 試験要領:

上記鋼塊を鍛錬係数 3, 5, 7, 10 なるごとく鍛錬を進め、各鍛錬度において、鍛錬のまゝで、超音波透過試験を行い、透過性均一部より、軸方向に 25 mm × 25 mm × 65 mm の小試片を 5ヶ宛切出し、この小試片に、後述する実用的焼鈍処理を施した後、鍛錬度と超音波減衰の関係を求めた。更に超音波試験後、シャルピー衝撃試験片に加工して、衝撃抗力の変化も比較して見た。超音波透過試験は 5 MC 多重反射法で軸方向より測定し、エコーの多重回数より減衰を測つた。

(ii) 実験結果

熱処理別試片の鍛錬度と減衰ならびに衝撃試験値の関係を Fig. 1 に示す。これによれば熱処理条件によつて減衰の程度にかなりの差を認めるが(熱処理の影響は後述する)鍛錬係数 7 までは、鍛錬度の進むに従つて、音波の透過性は良好となる。しかし鍛錬係数 10 では、特殊焼鈍処理材はかえつて超音波の減衰が大きくなる。一方衝撃値は減衰の変化に対応して変化する。鍛錬度の進み方と音波減衰の間に見られる興味ある変化は、鍛錬度の上昇による材質変化というよりも、むしろパーライトの層状組織の発達に基因する二次的影響が大きいためと考えられる。一方かゝる関係は鍛鋼の焼鈍処理後の超音波減衰による品位判定に重要な意義を有するもので、同一成品であつても、測定部分の鍛錬度が異なれば、単に内外組織の不均一性に基づく音波減衰の影響のみならず、組織的には均一な部分においても尚且つ、その部分の鍛錬度によつて超音波減衰に著しい影響を受けることに注目すべきである。

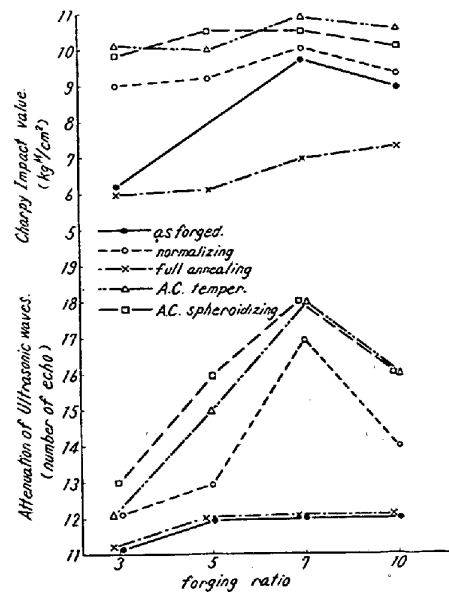


Fig. 1. Relation between attenuation of ultrasonic waves, impact resistance and forging ratio.

実験 II. 超音波減衰と結晶粒度の関係

(1) 供試材: アルミニウムで結晶粒の微細化処理を行つた試験用 15kg 小鋼塊 (C=0.17%, Mn=0.48%, Si=0.30%, Cr=1.00%, Mo=0.23%) を 18 mm 角に鍛伸し、超音波探傷法で何等の欠陥をも認めざる均一部を 35 mm 宛切断し研磨仕上げ後供試片とした。

(2) 結晶粒の粗大化: 真空加熱炉中 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, 1100°C, 1200°C にそれぞれ 2h, 6h 宛加熱保持して、オーステナイト粒の生長処理を行い、徐冷後フェライト粒度を測定した。

(3) 実験結果

5M.C 多重反射法で軸方向より測定し、エコーの多重回数による超音波減衰と結晶粒度との関係を示すと Fig. 2 の様な直線関係が成立し、結晶粒が大きい程、音波の減衰が甚だしいことが判る。結晶粒が粗大化する程音波減衰の大きいことは多くの人々によつて認められているごとく、金属内を超音波が伝播する場合、一部は拡散減衰や、粘性減衰によつて減衰するが、多結晶金属では結晶粒の音響的性質の異方性により粒界における音響的不連続部が存在するため音波は散乱波となり伝播勢力が減少する。音波の散乱定数は、周波数並びに結晶粒子の体積に比例して増大するので、粗粒鋼の方が減衰の大きいことは容易にうなづける。又結晶粒界には介在物が析出しやすく、このためにも音波散乱が起りやすく、大粒程この傾向が顕著である。

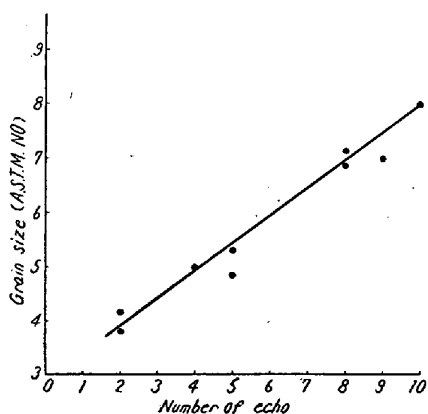


Fig. 2. Relation between grain size and number of echo. (frequency 5M C)

実験 III. 超音波減衰と熱処理の関係

(1) 供試材: 実験 I に用いた鍛錬度を異にして減衰の均一部より切出した 25 mm × 25 mm × 65 mm 小試片について次の様な熱処理を施した。超音波試験後、更に標準シャルピー試片に加工し、衝撃値を比較するとともに、破断面について熱処理組織を検討した。

(2) 熱処理条件: 上記小試片について真空加熱炉中で次の様な実用的焼鈍法を施した。

i 完全焼鈍法, ii 特殊焼鈍法 (焼ならし法, 焼ならし低温焼鈍法, 焼ならし球状化法)

(3) 実験結果: 鍛錬度を異にした試料の熱処理条件と 5M.C 多重反射法で、エコーの多重回数を測定した超音波減衰、ならびに衝撃試験値との関係を示すと Fig. 3 の様な結果が得られた。これによれば鍛錬効果の如何にかかわらず完全焼鈍材は、他の特殊焼鈍法に比し超音波の減衰が甚だしい。これはフェライト粒の粗大化と、層状パーライトの発達による音波散乱に起因する減衰と

考える。一方特殊焼鈍材は、パーライト粒が微細化し、音波の透過性を良好ならしめているが、かゝる処理でも尚減衰に多少の変化が認められるのは、球状化の程度などによるパーライトの弾性異方性の微妙な相違によるものと思われる。以上要するに鍛鋼の組織と超音波減衰の関係は、鍛錬効果による一次晶の破壊による微細化程度と変態域の冷却速度の遅速によるパーライト組織の構成につながる結晶粒子の大きさに支配されると見るべきであるが、層状パーライトの様な二次構造をとる場合もあり音波減衰の原因の解析は複雑となつて来る。

超音波減衰と衝撃抗力との間に相関関係が認められ、減衰大となる程衝撃値は低下する。両者の相関係数 r を求めると $r=0.72$ であり、有意水準 0.01 で有意であることが認められた。

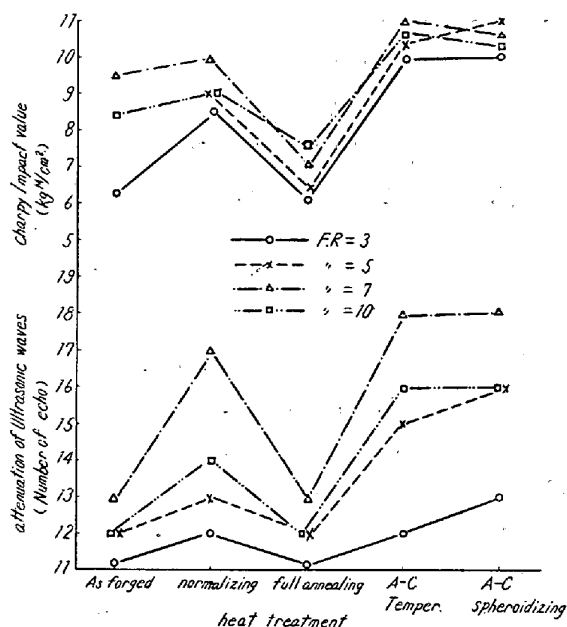


Fig. 3. Relation between attenuation of ultrasonic waves, impact resistance and heat treatment.

III. 結 言

鍛鋼品において鋼塊の先天性欠陥と認められるゴースト疵、サンド、クラック性欠陥のごとき所謂実在疵は、超音波探傷法における欠陥波形に及ぼす一義的原因として波形による探傷技術もかなり向上して来た。しかしながら鍛鋼品においては本実験でも明らかにしたごとく、鍛錬度、結晶粒度、熱処理条件など後天的性質の変化によつて、超音波減衰に著しい影響を及ぼす。従つて鍛鋼の超音波減衰の度合から品位を判定することは、ますます複雑となつて来る。かゝる複雑な音波減衰の支配因子を十分に考慮した上で、超音波試験の実施が望まれる。