

技術資料

超音波探傷法について

(特に製鋼工場に於ける應用例)

河井泰治* 田坂鋼二*

ON ULTRASONIC FLAW DETECTING METHOD

(Especially on Its Applications to Steel Works)

Taiji Kawai & Koji Tasaka

Synopsis:

Since 1949 the ultrasonic testing have been successfully applied to steel plants, ship building-yards and railroad-maintenance shops etc. in Japan. The authors described the present stage of the testing method from the standpoint of steel makers, presenting the examples of application to detecting various kinds of defects and failures lie inside of steel products, such as ghost-line defects, flakes, shrinkage hole, large nonmetallic inclusions, fatigue cracks and internal tears etc. of steel forgings, castings and welded goods. The influences of primary structure, grain size and microstructure on the attenuation of ultrasonic energy in these materials were also described.

In order to utilize this method for material inspection, it is necessary to collect the actual example of individual test on the relation between oscilloscope pattern and true state of defects. At this juncture of the state of Japan, therefore, it is not yet ripe for setting up the standard of inspection without enough preparation of actual data, especially it must be attended not to use it carelessly for the trade of manufactures with commercial purposes. And it is more important to apply it to the incessant improvement of products as well as keeping correct records and the accumulation of the informations on it. When it is dealt with between a maker and an user, it must be taken for thoroughly from the technical point of view without a slight mingling of the preoccupied commercialism.

I. 緒言

金属材料の内部欠陥を超音波により探知しようとする試みは外国に於いては既に 1931 年頃より研究されていたが¹⁾ 今次大戦中に於ける電波兵器技術の目覚ましい進歩をこの方面に応用してから急速に発展を遂げ、特に米国に於いて Michigan 大学の Firestone の研究に基き 1945 年 Sperry Products が Reflectoscope なる名称で超音波探傷器を商品化してより本格的に実用化の段階に入った²⁾。

わが国に於いても昭和 23 年頃より本器の試作研究が開始され翌 24 年には一部の造船所、製鋼工場、鉄道関

係等に於いて実用化されるに至り、鋼材非破壊試験方法の一つの有力な手段として次第にその成果が挙げられつゝある現状である。しかしこの探傷法は何分新しい分野であり、又実用化の途についてより未だ日が浅いため解決すべき多くの困難な問題が残されている。例えば鋼材中に生ずる欠陥の性質、形状等は極めて複雑多岐に亘るものであり、更にこれらの欠陥が使用上有害であるか否かを単なるブラウン管上の探傷図形から判断することは容易ではなく、材料に対する専門的な知識と豊富な経験を有することが先決条件であり、試験結果より適確な判

* 住友金屬工業株式会社製鋼所

断を得るために種々の材料につき切断試験を並行せしめ欠陥の性状と探傷図形との関連について多数の実例を蓄積し、確たる認識を得ておかなければならないがこれも短時日で出来ることではない。即ち超音波探傷法が製品の決定的検査法たり得るためには尙多くの基礎的並に実用的な研究課題が残されているが、品質管理的な面で試験結果を常に製造工程に反映せしめ鋼質の改善を計ることは可能であり、多くの鋼製品に於いて既に大きな効果を挙げつつある。又この試験法は後述の如く均質微細組織に対して透過性が良く、粗大な組織のものでは音波の減衰が大きいので、往々にして良質な材料に対しては微小な欠陥を誇大に現出し逆に良好でないものの欠陥を過小評価するが如き矛盾を生ずることがある。更に探傷器自体の性能もかなり異つており同一材料でも異なる探傷器により試験した場合結果の再現性が少ないという問題もある。

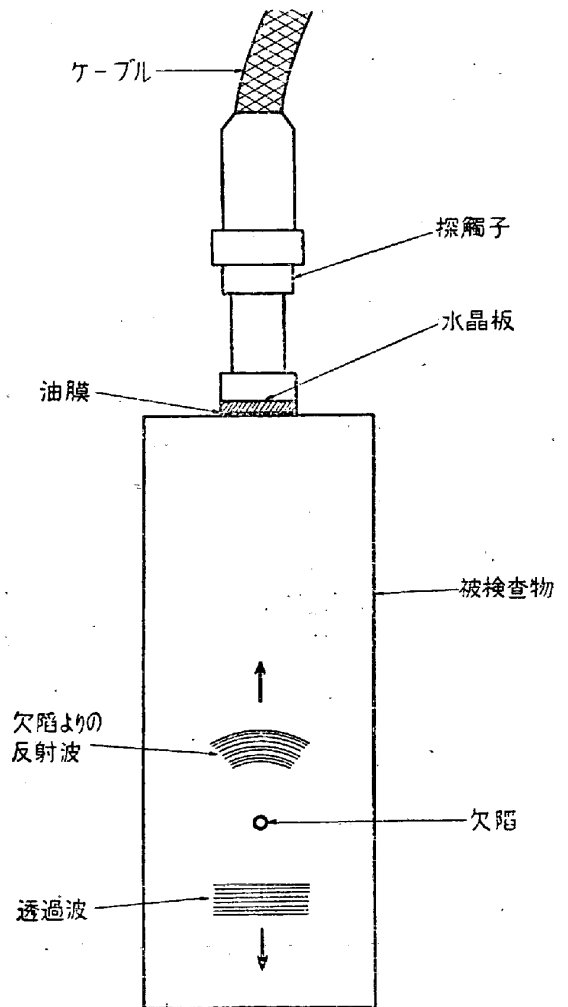
以上述べたことは現状に於ける問題点の例であるが、諸外国に於いても統一された結論は得られていないようであり、一方本試験法が次々と全国的に実施される傾向に進みつつある現状から日本学術振興会に於いてもその重要性を認め昭和 26 年 4 月第 19 小委員会第 3 分科会に超音波探傷法協議会が設置され、感度規整のための標準試験片の設定²⁾を始め基礎的並に実用的検討が進められている。本稿は上述の如く前進過程にある超音波探傷法的一端を製鋼工場の検査研究部門に於ける実用例と材質評価に対する実験結果とを主体として述べる。従つて探傷器の原理、構造等の基礎的な問題には深く触れないこととする。

II. 超音波探傷の原理と装置の概要

現在の超音波探傷の主体を占める方法は所謂“Impulse-Reflection Process”であり時間的に短い超音波の波を被検査物中に投射し欠陥部から戻つて来る音波を検知する方法である。設計者、製造者により送受信その他の構造がかなり異つているが最も一般的なものについて概述する³⁾。

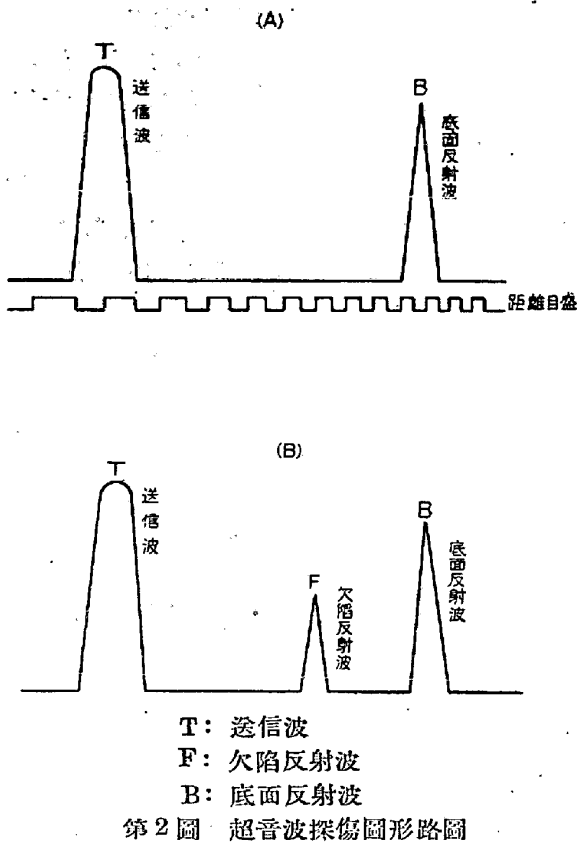
真空管回路により発振された高周波衝撃波が銀鍍金された水晶板に負荷されると所謂圧電効果により厚味振動を生じこの水晶探触子を油膜を介して被検査物に密着せしめれば音波が試料中に入射される。この際水晶板の厚さは固有振動が電気振動の周期と一致し共振するようにしておく。この音波は連続的でなく、同期指令発振器により同期的に極めて短時間(数 μs)の衝撃波により繰返し誘起されるから 1 つの pulse は数乃至十数波から成

る wave train となり品物中に入射される。音波の伝播速度は鋼或いはアルミニウムに於いて 6km/sec 程度であり、品物中を進み反対面より反射し再び水晶板に達する。こゝで水晶の機械的振動が微弱な電気的振動に変換され増巾されてブラウン管オシログラフの縦軸に入る。以上を略図で示せば第 1 図の如くである。尙受信の水晶板は通常発信のものが兼用されるが夫々専用の水晶板を用いることも少くない。



第 1 図 超音波探傷法概念図

一方横軸には同期指令発振の週期でサイクロンを動かし発生させた掃引電圧がかゝり、反射の時間遅れがブラウン管の横軸に静止像となり示される。別に距離日盛回路により横軸に目盛を入れれば直ちに上記の時間遅れ従つて反射面迄の距離が知られる。もし被検査物中に欠陥がなければ第 2 図 A の如く底面反射までに何等の反射を生じないが、欠陥があれば同図 B の如く底面反射に先行して欠陥反射が現われその位置により表面よりの距離が知られる。



第1表 各種媒質中に於ける縦波傳播速度及び音響インピーダンス

媒質	速度 (c) × 10 ⁵ cm/sec	波長 cm (λ) f = 1MC	密度 (ρ) g/cm ³	音響インピーダンス R (cρ) × 10 ⁶ g/sec, cm ²
鋼	5.81	0.581	7.8	4.76
アルミニウム	6.22	0.622	2.55	1.70
眞鍮	4.43	0.443	8.5	3.61
水銀	1.46	0.146	13.6	1.93
ベークライト	2.59	0.259	1.4	0.363
水	1.43	0.143	1.00	0.143
トランス油	1.39	0.139	0.92	0.128
空気	0.33	0.033	0.000120	0.000042

さが極めて薄い場合は反射率が小になるが、密着せしめたゲージブロックの界面⁷⁾ 或いは顕微鏡的に密着した特殊鋼の白点の如きものでも鋭敏に検出される⁹⁾。

兩媒質の界面に対し斜に入射された場合、音速の差が増す程界面を透過するための入射角が小となり、全反射しやすくなる。この場合光の屈折の法則と同様であるが音速は光速と異り液体より固体に入るとき圧加するから屈折の方向が逆になることに注意を要する。

2. 超音波の周波数⁷⁾⁹⁾

欠陥の大きさが波長に比して著しく小さい場合は反射を生ぜず廻折現象のみが起る。従つて周波数の高い程微細な欠陥に対し感度を増すわけであるが、一方周波数が高い程材料の粘性による減衰や粒界その他の音響的不連続性による散乱が大となり透過距離を減ずる。周波数は実用的に 0.5~5MC の範囲が最も使用されるが検出可能な距離は材料の種類、性状により著しく異なり例えば鋼塊では 1MC でも 1m 以内の探傷が容易でないが均質微細な鍛鋼の熱処理品等では 5MC で 5m 以上迄探傷が可能な場合がある。勿論遠距離になる程欠陥の検査は困難となる。

3. 指向性

超音波は水晶板より鋭い指向性を以つて伝播し、探傷に有効な大きな要因となつている。音波の勢力は水晶板の法線方向が最大であり、これより偏倚すると減少し次式の角度で極小となる。

$$R_E = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} \right)^2$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{0.61\lambda}{r}$$

λ : 波長

r : 水晶板の半径

即ち周波数が高く水晶の径が大きい程指向性は鋭い。3 MC 程度でビームを数度以内に集中させることは容易で

III. 超音波探傷法の特徴及他の探傷法との比較

本探傷法は材料の深部の欠陥を鋭敏に探知できることが大きな利点であるが判定は前記の反射図形によるため欠陥の大きさ、形状を直接知ることが出来ない。従つて実用に際し材料に対する知識と共に超音波の性質についても予備的な認識が必要である。これに関しては代表的な文献¹⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾ に説明せられているので以下その要点を列挙するにとめる。

1. 2種の媒質の境界面に於ける透過及反射

種々の媒質中の音速は振動波の種類と固体の物理常数により定まり一定温度では夫々固有の値となる。第1表は代表的な媒質中の縦波の速度を示す。音速と密度の積(cρ)を音響インピーダンスと称し同表に附記した。

2種の媒質の界面に対し法線方向に音波が入射された場合 R₁, R₂ を夫々兩媒質の音響インピーダンスとすれば界面に於ける勢力反射率 R_E は次式により表わされる。

即ち兩媒質の音響インピーダンスの差が大きい程反射が大となり透過勢力を減ずる。従つてもし欠陥の内部が空隙である場合は反射が 100% 行われるが、介在物等が充填されている場合は反射率が低下する。又異質壁の厚

ある。¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾

4. パルス巾と最小探傷距離

送信中の受信は普通 Impulse に重複するので斯様な近距離の疵は検出出来ない。その限度は探傷器の機能及び欠陥の性状により異なるが 5MC で 20mm 程度であり周波数が低くなるとこの距離は増加する。又入射勢力を増すためには送信電圧は限定されるのでパルス巾を大にしなければならない。この際遠距離の微小疵検出には有効であるが分解能は却つて低下し近距離の検出不能範囲は大となる。又単一の探触子で送受信を行うものでは所謂追込現象¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾により Impulse 直後に dead time を生じこの範囲の検出能が減退することがある。

5. 探傷面の仕上程度

被検査物表面の仕上程度は良好な程良く、周波数の高い程その必要がある。仕上の粗密により探触子と探傷面との音響的接触が異なり入射勢力が変わる。その一例を仕上面の粗さの測定結果と対称して示せば第3図の如くであり、3MC では仕上程度▽で試験が可能であるが更に粗面となれば欠陥検出が困難となる¹⁶⁾。探触子と探傷面の間には普通適当な油膜を接触媒質として介在せしめ音響的接触を良くするが、仕上面が粗くそのままでは不適度の場合は、手持グラインダーで局部的に仕上げるか接触媒質として半田、水銀、水ガラス¹⁷⁾、ビニール膜等を使用すればよいが音波の入射率が劣ることは避けられない。曲面の場合についても同様なことがあてはまる。反対面が甚しい粗面の場合は底面反射が小となり、表面と平行でない際には全く反射が得られないことがあるが平行部で感度を確かめておけば探傷には差支えない。

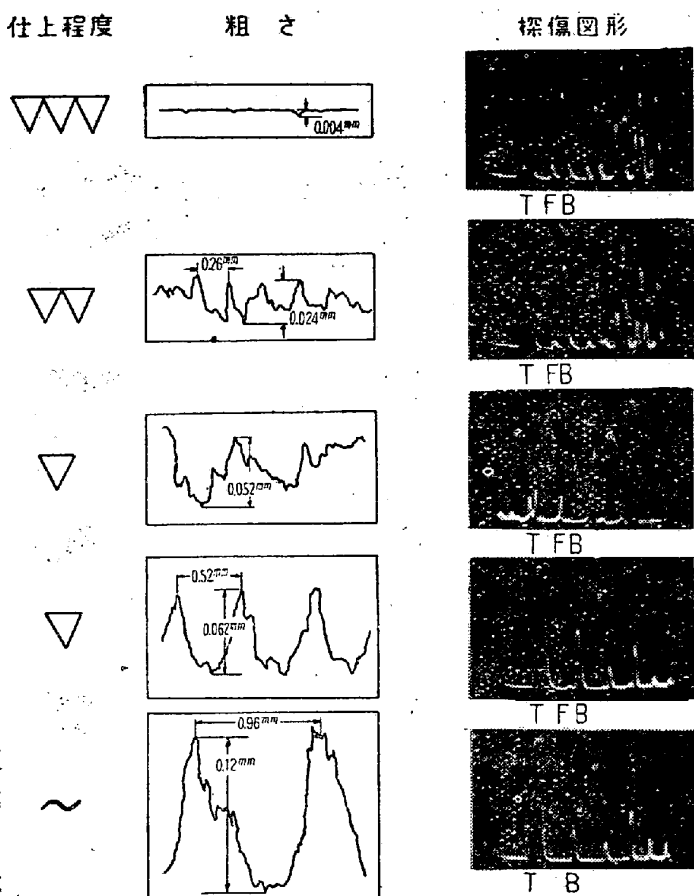
6. 異常反射図形¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾

細長い棒や品物の隅角部等を試験する際、超音波ビームの拡がりにより往復途中で側面反射し或いは横波に変換されて別の経路を進むものもあり異常な反射波が現われることがあるが普通の場合は一次底面反射の後方に生ずるので探傷には支障を生じない。

7. 缺陷の形状及方向の影響²¹⁾²²⁾

超音波ビームに平行の疵は反射が微弱であり時に全く検出できないこともある。これに対し垂直な疵は有効反射が最大となる。従つて探傷は出来得る限り2方向以上より行うことが肝要である。内面に甚しい凹凸のある欠陥、例えば二次収縮孔等は音波を乱反射し検出程度が微弱となり易い。

8. 多重反射



第3図 超音波探傷能に及ぼす表面仕上程度の影響
 使用器: FD 102, 周波数: 3MC
 感度: 約 1/4, 試料寸法 80φ×200mm
 ドリル孔 2.5mmφ,
 ドリル孔の位置上部より 150mm

試料が比較的薄く且つ表面が平行の場合両面間を反覆反射しつつ減衰する多重反射図形を生ずる。この方法は後述の如く超音波の透過性に対する諸材質条件の影響を試験するのに有効であるが、シートバー、厚板の如きもののサルファークラック等の探傷にも利用され²³⁾²⁴⁾又距離目盛により一定距離間の反射波数を数えることにより数 mm 以上のものの肉厚測定が可能である²⁵⁾²⁶⁾ 薄物の厚さ測定には普通共振を利用した超音波肉厚測定器が用いられるが、探傷器でも肉厚ものに対しては有効であり化学容器等を片面よりかなりの精度で計測することが出来る²⁶⁾。

以上は超音波探傷法の主な特徴であるが現在実用化されている他の非破壊試験法即ちX線或はγ線の如き放射線透過法及び磁気探傷法と比較すれば次の如である。

- a. 装置が比較的安価で、可搬性が大であり、試験費が少なくてすむ。
- b. 放射線透過法は肉厚に限度があるが超音波試験法は大物の深部の探傷が容易でその位置を正確に知られ

る。但し磁気探傷法の如く表面疵の探傷は困難である。

c. 密着した亀裂は放射線透過法では検出し難いが超音波探傷法では容易に出来る。又磁性体でなくても試験可能である。

d. 放射線透過法の如く人体に対し障害を与える危険がない。

e. 欠陥の形状、大きさを直接知ることが出来ないのので、探傷図形の判断が熟練を要する。

f. 材質の良否により透過性が異なるので試験が難しいが熟練すれば逆に組織の良否を評価し得る。

即ち各試験法は夫々異つた特徴を有し超音波探傷法は勿論万能ではなく他の試験法と併用し、その効果が最大に発揮される場合が多い。

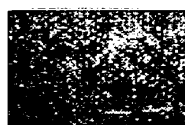
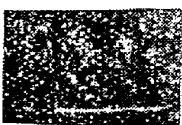
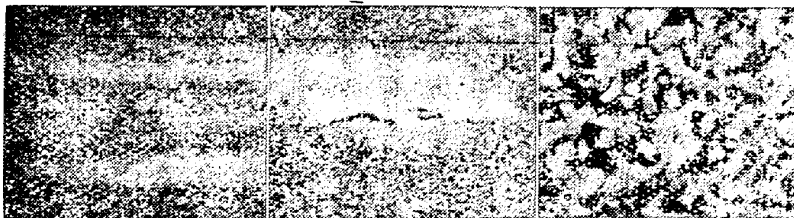
IV. 超音波探傷法による鋼材缺陷の検出例

超音波探傷器による内部欠陥の検出例はかなり多く報告されているが本稿では筆者等の遭遇した実例を主体にしてこれに内外文献を参照してその概要を述べることにする。尚筆者等の使用した探傷器は三菱電気製 FD101型 (2.5, 3, 5 及 7MC), FD 102型 (1, 1.2, 1.4, 2.5 及び 3MC), FD 103型 (1, 1.5, 3 及 5MC) 及 FD 105型 (0.5 及 1MC) である。

1. 大型鍛鋼品のゴースト疵

大型鍛鋼品のゴースト層は特に大型船用機関部品で屢々問題にされその判定は従来表面的にサルファープリント及びスンプ組織によりなされていたが、超音波探傷法により内部のゴースト部の欠陥の有無が容易に検出し得るようになった。即ち毛割等の欠陥がなければ 3MC では欠陥反射を生ぜず、偏析程度が著しく大であれば 5MC

使用器: FD 101, 周波数: 3MC, 試料の厚さ 300mm
龜裂を伴わない偏析層, 偏析を伴つた龜裂, 偏析を伴わぬ龜裂
Oberhofer 氏腐蝕液 ×15 5%picral 腐蝕 ×100



T B

T F B

T F B

(ゴースト層)

(氣泡偏析性欠陥)

(白點に類似した毛割)

第4圖 鍛鋼品の欠陥検出例

以上の高周波数を用い、微小な Zig zag を生ずる程度である。これに対しても微小な亀裂を伴っていれば第4図に一例を示す如く明瞭な欠陥反射を生ずる。このものは 30t 鋼塊より鍛造した大型品に現われたもので図の如き偏析を伴つた微小亀裂が点在しておりこの場合は気泡の鍛着されなかつたものと見られる。現在迄の結果ではサルファープリントの濃淡と毛割の有無は殆んど関連がなく塩基性電気炉で充分脱磷脱硫された鋼は硫黄偏析が僅少であつても毛割が生じている場合がありその部分の水素量は健全部に比し著しい富化が見られる。これに対し酸性平炉鋼は硫黄偏析が多少大であつてもこのような欠陥を生ずることが殆んどなく鋼質的に良好であり、熔鋼中のガステに水素がこの欠陥と関連があり更に鍛造後の熱取扱が影響を及ぼすことから特殊鋼に生ずる白点性欠陥との類似性が見られる²⁷⁾²⁸⁾。尚このような欠陥に対しては有馬²⁹⁾, 高沖³⁰⁾, 小松³¹⁾氏等により超音波探傷図形との関連が求められており、小松氏は金相的觀察に基き疑白点と称している。

2. 2次収縮孔

前節に述べた如く形状の影響で有効反射が小さく過小に評価されやすい。収縮孔はその周囲に多孔質の層を有するのが常であり音波の散乱及び減衰が余計大きいものと思われる。欠陥の大きさを増すと底面反射が減少し全く消失する場合がある。検出例を第5図に示した。

3. 砂疵

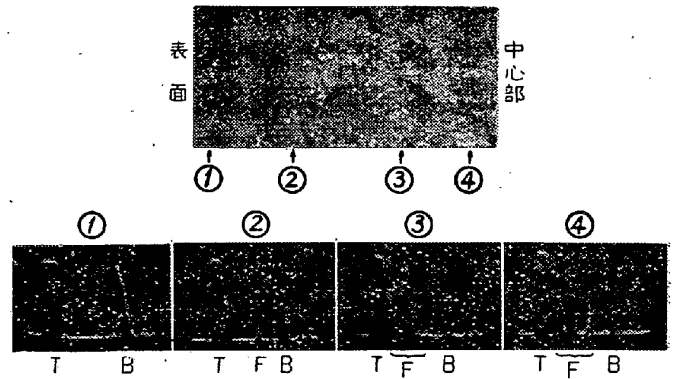
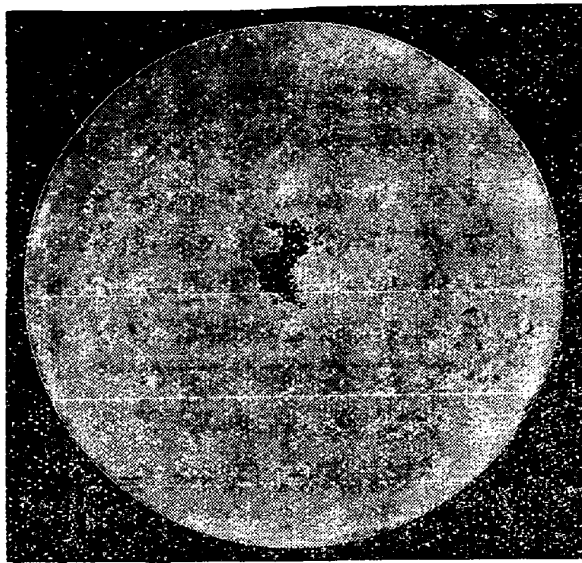
顕微鏡的な非金属介在物は 3MC 程度では全然検出されないが、肉眼的に認め得る如き大きさの砂疵は欠陥反射が認められる。但しその反射率は亀裂、気泡等に比し遙かに小であり 1.5MC 以下の低周波数になると検出し難くなる³²⁾³³⁾。

4. 白点

特殊鋼の白点性欠陥の検出には超音波探傷法は極めて有効に利用される。第6図は高Ni~Cr 鋼鍛鋼品に於ける一例であり外周部は何等欠陥反射がないが内部は著しく欠陥が多く殆んど底面反射が認められず破断面の觀察結果とよく一致している。この種の白点は鍛造後の熱取扱を慎重に行えば完全に除去される。

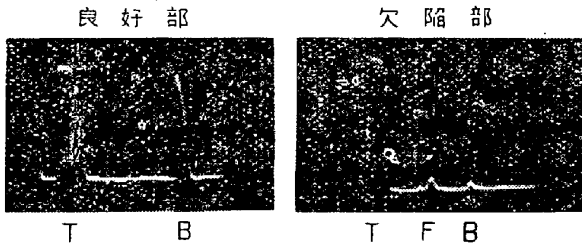
5. 鑄鋼品の缺陷検出

一般の鑄鋼品は鍛鋼品に比し強度的な要求が大でないので特殊なものを除き超音波探傷の対称にされないが、巣、引け、亀裂等の欠陥や押湯、冷金等の効果は 1.5~3MC 程度



使用器 FD 101, 周波数 5MC,
試料寸法 310φ×140mm

第6圖 特殊鋼白点検出例



使用器: FD 101, 周波数: 3MC, 試料寸法 700mmφ
第5圖 2次収縮孔の検出例

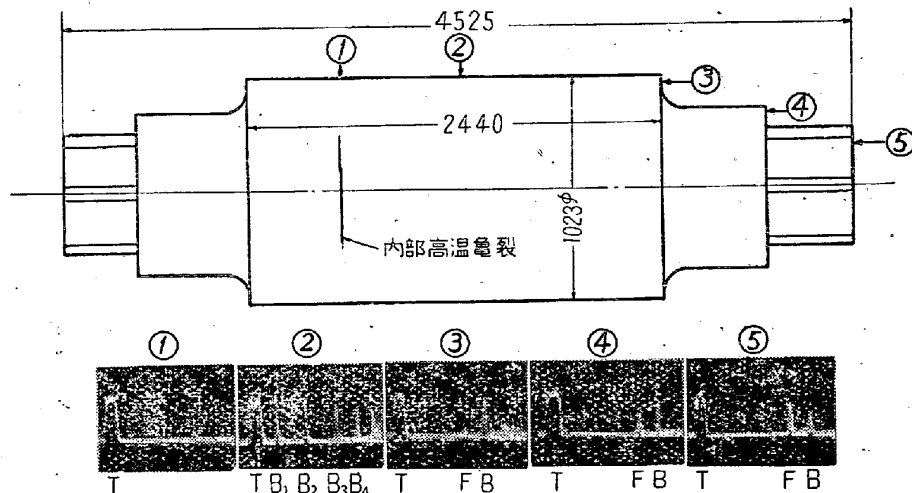
で鋭敏に観察出来、铸造方法の改良が効果的に行われ得ることが経験されている。

鑄鋼品に対する最も顕著な応用は鑄鋼製ロールの検査でありロール1本毎に径方向(1.5~3MC)及び軸方向(0.5~1.5MC)に厳密な検査が行われる。大型分塊ロール等に往々にして生ずる内部高温亀裂は表面に全く現われず内部に潜在する機会が多いが高性能の超音波探傷

器の利用により容易に早期発見が可能となつた。第7図はその探傷例を図示したものである。この種の欠陥は鑄込技術の研究及び改善により完全に防止し得るようになったが超音波探傷法が製造方法の改良に対し大きな役割を果たした一例である。尙その後2, 3の外国文献³⁴⁾³⁵⁾にこの種の欠陥の検出に対する記述がなされている。

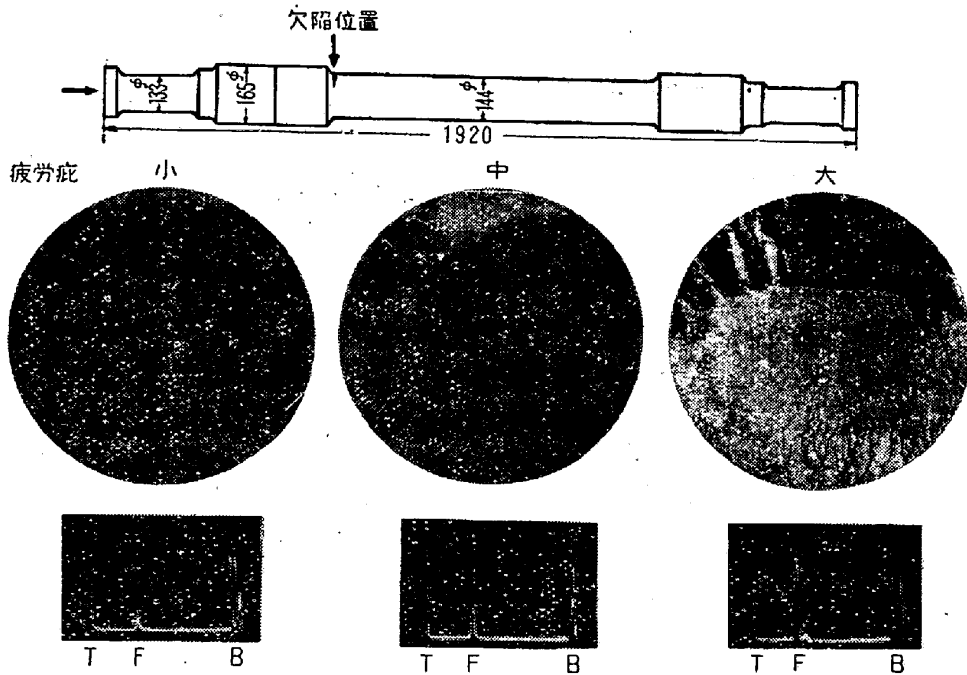
6. 疲 勞 疵

軸類等に生ずる疲労疵検出に対し超音波探傷法が有力な手段となる場合が多いが、特に鉄道車輛に対し盛んに応用されるに至つた。この方法は車軸が車輛に装着されたまま、端部より簡単に実施し得るのが特徴であり第8図に検出例を示す如く疲労疵の位置は距離目盛を入れ、ばかなり正確に知られ、疵の大きさも欠陥反射の高さと略関連しその程度が推測し得る。即ち定期的に試験を行うことにより折損事故を未然に防止出来る。しかし車軸の形状は普通数ヶ所に段があり且ジャーナル部が細くなつているので欠陥検出にかなり熟練を要し、又全長を充分



使用器: FD 103, 周波数径方向: 1.5MC, 軸方向: 1MC

第7圖 鑄鋼ロールの内部高温亀裂検出例



使用器: FD 102, 周波数: 1.4MC
第8圖 車軸疲労疵検出例

透過し得る周波数(3~1.5MC)を選択することが必要であり、材質並に熱処理条件で試験条件が異なる。

7. 溶接部の缺陷検出

溶接部の欠陥検出にはX線透過法が多く用いられてきたが超音波探傷法も簡便に使用され密着した微細亀裂でも鋭敏に検出できる。鋼板等の溶接部は普通端面から法線入射出来ない場合が多いので斜角探傷法が用いられる³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾。この方法は水晶探触子に適当な媒質(アクリル樹脂, ポリスチロール等)で作った楔を附した斜角探触子を用い被検査物に横波を入射するもので、鋼との界面で縦波を全反射させ横波のみを入射させるため楔の角度は30~60°の範囲に選ぶ。第9図は溶接接手の斜角探傷の一例をX線写真と対比して示したものである⁴⁰⁾。

8. その他の缺陷検出例

以上の欠陥検出例は主として筆者等の行ったものであるが次に各所より報告されている特徴のある実用例を紹介し参考に供する。

a. 分塊ロール胴部の熱亀裂測定

小平, 野坂両氏は鍛鋼製大型分塊ロールのフラットパスに発生する熱亀裂の大きさ及深さを測定し、特にその成長を定期的に調べロール折損事故の防止に役立つことを報告している⁴¹⁾。この際²⁾探触子法が有効に利用される。

b. 船用タービン翼締付ボルトの疵の調査

有馬氏は締付ボルト首部に生じた疲労疵を船内機関室に於いてボルトを翼車に締付けたまま検査し成果を収めた例を報告している²⁹⁾。

c. 白点の方向性

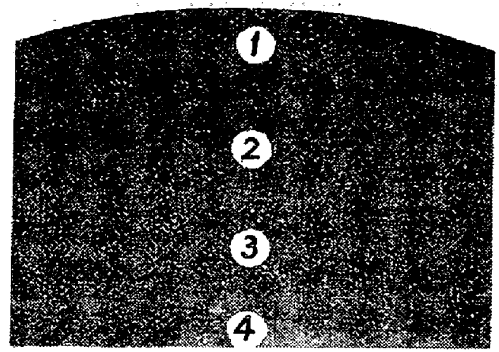
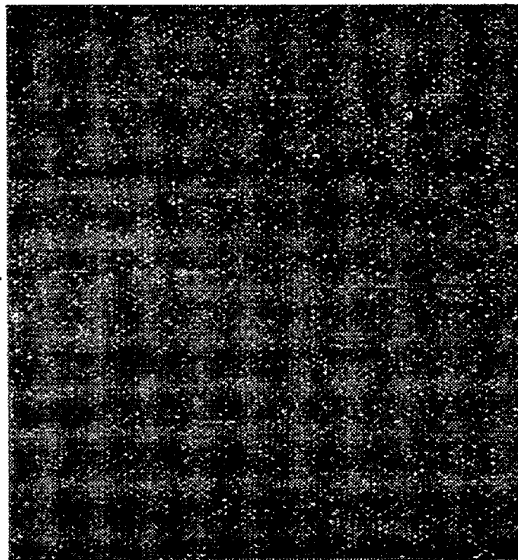
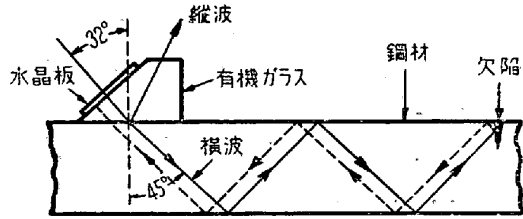
高沖氏の報告によれば²²⁾内部に小白点が多数存在する材料を白点の面に垂直に探傷すれば明瞭な欠陥反射を得るが、平行方向に探傷すれば全く現われないか又は著しく微弱となる。

d. 鋼材のサルファークラックの検出

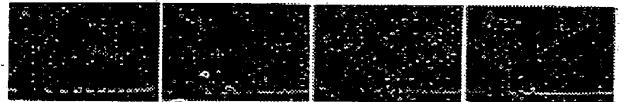
近藤, 有馬両氏²³⁾は厚さ10mm前後の鋼板中に存在するサルファークラックは多重反射を利用する減衰法により容易に検出出来ることを報告している。同様に岡崎戸田両氏⁴²⁾は17mm厚の鋳用鋼板中のサルファークラックを斜角探傷法, 減衰法を併用してその存在範囲を正確に決定し得た例を報告している。

V. 超音波の減衰による鋼質の判定

鋼材の組織, 性状と超音波の透過性との関係を一般の探傷器で定量的に測定することは機能上厳密には出来ないが、限られた条件下で相対的な比較試験を行うことは可能である。種々の鋼材について鑄造, 鍛錬, 焼鈍並に熱処理組織に対して多重反射法により多くの実験を行った結果, 組織が均質微細になる程透過性が向上することが知られた。この方法により鍛錬及び熱処理状況を相当に評価し得るし多重反射が得られない大物材でも底面反



① 柱状晶 ② 樹枝状晶 ③ 自由晶 ④ 自由晶



使用器: FD 101, 周波数: 3MC

試料寸法: 345φ × 49.5mm

第 11 圖 鑄鋼ロールの一次組織と超音波透過性との関係

射の高低により一応の比較が出来る。以下その結果について概略を述べる。

1. 一次組織の影響

一般に鑄造の儘の粗大な組織は甚しく透過性が悪く 3 MC 程度の周波数では大型鋼塊等の試験は困難であるがこれを焼鈍すればかなり透過性が良くなる。第 10 図は、高炭素鋼 4t 鋼塊より表面から中心迄を含む板状試料を切り出し多重反射法により減衰性を調べたものであり、前記の傾向が明らかに知られる。又第 11 図は特殊鑄鋼ロール焼鈍品の胴部中央断面の試験例であり緻密な外殻部は内部の自由晶部に比して遙かに減衰が小であることが知られる。

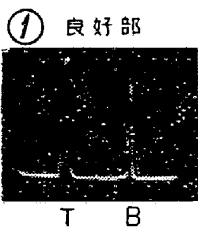
2. 結晶粒度の影響

第 12 図は高炭素鋼の厚さ 30mm の試料について焼鈍温度を変えてオーステナイト粒度と超音波の透過性の関係を調査したものである。即ち略同等の硬度に焼鈍された鋼材では結晶粒の粗大化と共に透過能が減ることが知られる。第 13 図は鉄道用車軸の組織と超音波透過性の関係を示したもので左端は焼入焼戻したもので、中の 2 者は焼準のもの、右端は鍛造の儘のものであり、組織が均一微細な程透過性が良いことを示している。但し鍛造の儘の粗大組織のものでも 1.5MC 程度の周波数を用いれば充分透過し得る。尙河合正吉

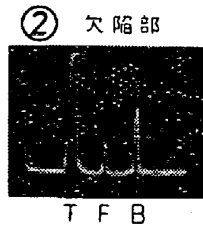
熔接部

熔接部

① ②



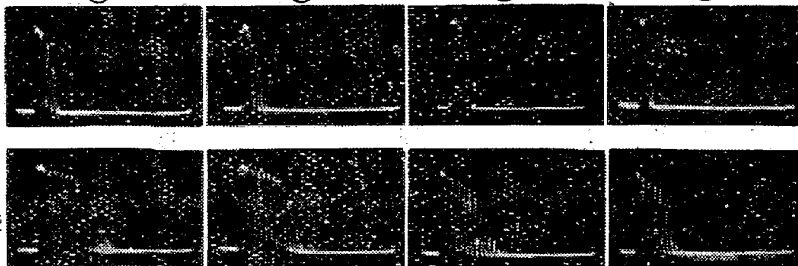
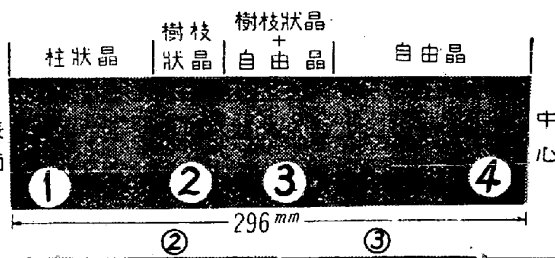
T B



T F B

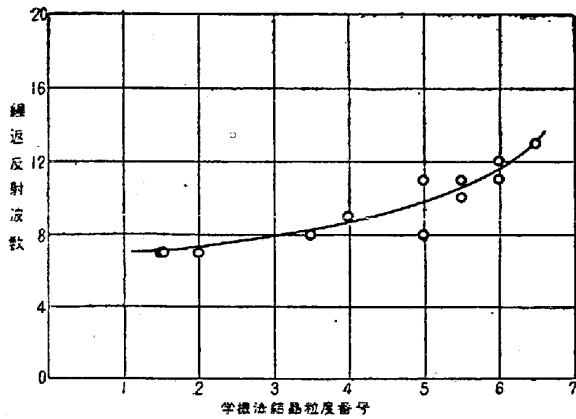
使用器: FD 102, 周波数: 3MC
試料の厚さ: 8mm, 斜角度: 32°

第 9 圖 斜角探傷法と X 線透過法による熔接接手の欠陥検出例



使用器: FD 101, 周波数: 5 MC, 試料の厚さ: 25mm

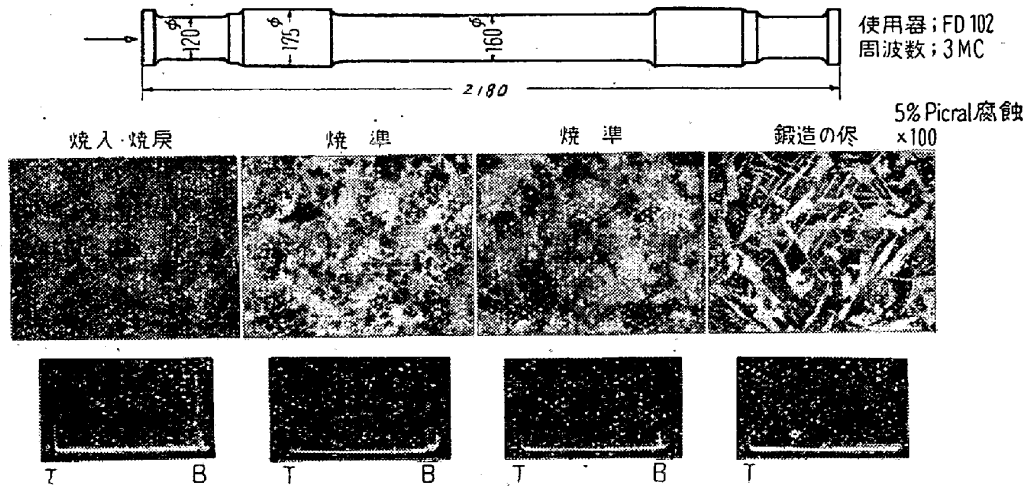
第 10 圖 4t 鋼塊の一次組織と超音波透過性との関係



使用器: FD 101, 周波数: 3MC, 試料の厚さ 30mm
 供試材, 高炭素鋼
 第 12 圖 結晶粒度と超音波透過性との関係

が球状に分布されている場合に比し音波の伝播に際し散乱が大になるためと考えられる。同様な現象が鑄鉄の黒鉛組織の場合更に顕著に観察される。即ち第 15 図に示す如く黒鉛の球状化が完全なものは不完全のものに比し減衰が小であり、その程度は多数の試料について球状化の良否とよく一致した。この方法により球状黒鉛鑄鉄の組織の判定が可能であり既に製品検査に実用され効果を収めている。

以上超音波の透過性に対する一次組織, 結晶粒度, 二次組織等の影響を述べたが実際の品物の探傷に際してはこれらの因子が多元的に影響を及ぼすのでその解析は必しも容易でないが, 鋼質の良否を判定する上に重要な手掛りとなる場合が少なくない。

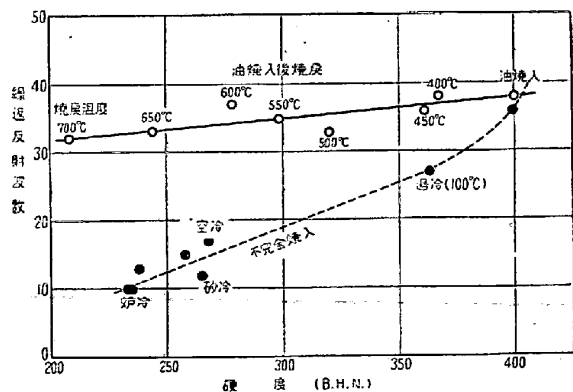


第 13 圖 車軸の顯微組織と超音波透過性との関係

氏⁴³⁾は 0.3% C の炭素鋼について結晶粒の大きさと周波数の影響を求め同様な結論を得ているが更にその結果より減衰定数の実験式を求め Al 等单相組織のもの⁴⁴⁾と異なることを指摘している。この他にも結晶粒度の影響に関しては多くの報告がなされている⁴⁵⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾。

3. 顯微鏡組織の影響

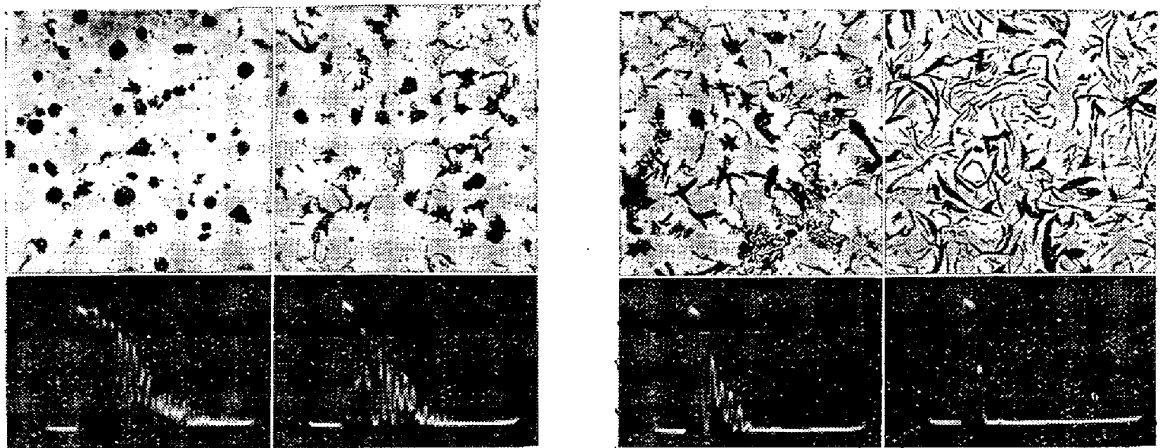
第 14 図は高炭素鋼の厚さ 30mm の試料を種々の冷速で硬化したもの及び油冷後種々の温度で焼戻したものについて硬度と超音波の透過性の関係を示したもので焼入硬化の大きな程減衰が小になり, 焼準したものと同様に油焼入後同等な硬度に焼戻したものと比較すれば, 遙かに後者の方が透過性が勝る。又前述の車軸の組織或いは別に行つた高炭素クロム鋼材の種々の組織に対する実験結果⁴⁰⁾より, 層状パーライトより微粒状ソルバイト乃至球状セメンタイト組織のものが透過性が良いことが知られる。これは音響的性質を異にするフェライト, セメンタイトの両者が層状に配列している場合は, セメンタイト



使用器: FD 101, 周波数: 3MC
 試料の厚さ: 30mm
 供試材, 高炭素鋼
 第 14 圖 熱処理方法及び硬度と超音波透過性との関係

VI. 結 言

超音波探傷法は, 他の無破壊試験が主として肉薄のもの



球状黒鉛 不完全球状黒鉛 擬片状黒鉛 片状黒鉛
 使用器: FD 101, 周波数: 3MC, 試料の厚さ: 30mm 腐蝕せず ×50 (3/5 縮寫)
 第 15 圖 球状黒鉛鑄鐵の黒鉛組織と超音波透過性との関係

の内部空隙や、表面疵の検出等に限定されるのに対し肉厚材料の内部欠陥や軸類の疲労疵の発見に絶大な威力を発揮し、しかも装置が小型で可搬性も良く価格もそれほど高くない等の利点が多いため、我国で製作並に使用が開始されてから僅か4年足らずの間に船用鍛鋼品、ロールその他の重要材料の欠陥検出や車軸の折損事故防止等に活用され大きな成果を挙げる一方、製造工程の改良に役立ち不良の早期発見により工数を節減することは勿論、製品の材質を向上せしめる上にも顕著な寄与をなしている。

しかしその操作に当つては品物の材質、寸法により使用周波数、入射勢力、感度等の諸条件を適確に選び、更に探傷図形に現われる欠陥反射の程度、位置等の観察より、欠陥の種類、性状更にその成因等を判断し、しかもその欠陥が実用上如何なる支障を来たすかを判定するためには、材料に対する充分な知識経験は言う迄もなく、探傷図形と欠陥の実態、欠陥の程度と実用成績に関し個々の品物について多くの実際例の蓄積を要するものである。従つて現段階に於いて充分な資料の裏付けなしに検査基準を設定することは時期尚早であり、特にこれを商業的に製品の取引に濫用することは避けなければならぬ。寧ろ前述の如く探傷結果を正確に記録し資料を蓄積すると共にこれを絶えず製品の優良化に反映せしめる如く品質管理的に利用することが肝要であり、製造者と需要者間に使用する際は取引に関する先入観を混えることなしに飽く迄技術的な観点に立つて運用することが望ましい。いつれにせよ、今後探傷器の進歩と共に運用の定量化に努め、探傷法の進歩と製品の質的向上を期することが急務である。

終りに本稿に引用させて戴いた諸報告の著者各位に深

甚な敬意を払うと共に、発表を許可せられた住友金属工業株式会社製鋼所長小出秋彦氏以下関係上司及び研究試験に協力された山野、辻本、佐藤、西田の諸君に厚く御礼申し上げる次第である。(昭. 28—11 月寄稿)

文 献

- 1) C.H. Hastings, S. W. Carter: "Symposium on Ultrasonic Testing" ASTM (1949) 14
- 2) F. A. Firestone: J. Acoustical Soc. Am. 17 (1946) 3, 287
- 3) 畑: 學振報告, 19 委—2768 Feb.(1953)
- 4) 緒方, 有馬: 學振報告, 19 委—2385 Apr.(1953)
- 5) 高木, 丹羽: 學振報告, 19 委—3026 Sep.(1953)
- 6) 豊田, 近藤: 三菱電機 24 (1950) 3
- 7) 菊池: "超音波による金属探傷法" (1950)
- 8) L. Gold: "Symposium on Ultrasonic Testing" ASTM (1949) 3
- 9) 山下, 河井: 扶桑金属, 3 (1951) 3, 74
- 10) 菊池, 奥山: 學振報告, 19 委2375 Nov.(1951)
- 11) 菊池, 奥山: 學振報告, 19 —2664 July. (1952)
- 12) 菊池, 奥山: 學振報告, 19 委—2888 June.(1953)
- 13) 高木, 丹羽: 學振報告, 19 委—2524 May.(1952)
- 14) 薄井, 近藤: 學振報告, 19 委—2523 May.(1952)
- 15) 井元: 學振報告, 19 委—2525 May. (1952)
- 16) 河井, 田坂, 辻本: 學振報告, 19 委—2300 June, (1951)
 鐵鋼協會講演大要, Apr. (1951)
- 17) 小松, 米田: 學振報告, 19 委—2770 Feb.(1953)
- 18) 河合, 松田, 堀田, 米田: 學振報告, 19 委—2291 Apr. (1951)
- 19) 高沖: 學振報告, 19 委—2672 July, (1952)

- 20) 岡崎, 戸田: 學振報告, 19 委—2761 Feb. (1953)
 21) 田坂, 落合, 辻本: 金屬學會講演大要 Apr. (1952)
 22) 高沖: 學振報告, 19 委—2305 June. (1951)
 23) 近藤, 有馬: “金屬” 22 (1952) 4, 260
 24) 岡崎, 戸田: 學振報告, 19 委—2753 Dec. (1952)
 25) H. Krautkrämer, J. Krautkrämer: V. D. I. Zeitschrift, 93 (1951) 13, 349
 26) 緒方, 有馬: 金屬學會講演大要 Sep. (1950)
 27) 河井, 田坂, 辻本: 學振報告, 19 委—2288 Apr. (1951)
 28) 河井: 金屬 22 (1952) 4, 254
 29) 有馬: 學振報告, 19 委—2301 June. (1951)
 30) 高沖: 學振報告, 19 委—2289 Apr. (1951)
 31) 小松: 學振報告, 19 委—2290 Apr. (1951)
 32) B. Carlin: “Ultrasonics” (1949) 249
 33) 高沖: 學振報告, 19 委—2579 Mar. (1952)
 34) R. H. Frank, R. W. Renner: AIME Open Hearth Proceedings (1948) 299
 35) E. B. Ellis: Iron & Steel (Oct, 1950) 429
 36) B. Carlin: J. Am. Welding Soc. 27 (1948) 6
 37) J. C. Smack: Welding Eng. (May, 1949)
 38) H. Krächter: Stahl u. Eisen 17 (1953) 5, 279
 39) 井元, 木下: 學振報告, 19 委—2457 Jan. (1952)
 40) 河井, 田坂, 辻本: 學振報告, 19 委—2666 July (1952)
 41) 小平, 野坂: 學振報告, 19 委—2675 Sep. (1951)
 42) 岡崎, 戸田: 學振報告, 19 委—2667 July. (1952)
 43) 河合正吉: 鐵鋼協會講演大要, Apr. (1952)
 44) W.P. Mason: H.J. Mcskimin: J. Acoustical Soc. Am. (May 1947) 465
 45) Von R, Schinn u. U. Wolff: Stahl u. Eisen. 72 (1952) 12, 695
 46) P. Bastien, J. Bleton, E. de Kerversau: Rev. de Net. 5 (1949) 277
 47) 高沖: 學振報告, 19 委—2364 Aug. (1951)

— 正 誤 表 —

前号 (昭和 29 年 4 月号 420 頁) 所載 “押湯保温材の研究” の著者所屬会社名 尼崎製鋼株式会社 とあるは 日亜製鋼株式会社 の誤植に付訂正す。

— 日本鐵鋼協會北海道支部春季講演大會 —

本会北海道支部においては日本金屬学会と共催にて, 下記の通り室蘭市に於いて合同春季講演大會を開催することになった。

記

日 時 昭和 29 年 6 月 21 日 (月) 22 日 (火)
 講演会々場 室蘭市輪西町富士製鉄, 室蘭製鉄所
 見 学 会 昭 29 和年 6 月 23 日 (水) ソーダ工場, 炉材工場其の他

日本鐵鋼協會會員名簿

(昭和 29 年 1 月 1 日現在)

附定款並に諸規則, 創立以來の表彰者其他

標記の名簿が出来上りました。頒布価格は送料共 300 圓です。豫約以外の方は, 殘部が僅かしかありませんので此の際至急料金添え御申込み下さい。

申込み先 東京都千代田區丸ノ内 2 の 10 仲 14 號館 1 號日本鐵鋼協會