

平均値をとつてカーブを画いた。

(2) 試験結果の考察

試験は 3 種類の偏心型試験片ならびに Jominy standard bar について各 10 チャージ (S 40 C 材) のテストを行つた。その代表例は Fig. 3, 4 のとおりである。

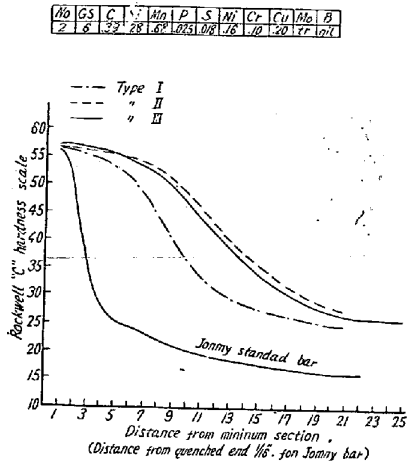


Fig. 3.

Fig. 3. Comparison of the each type of specimens.

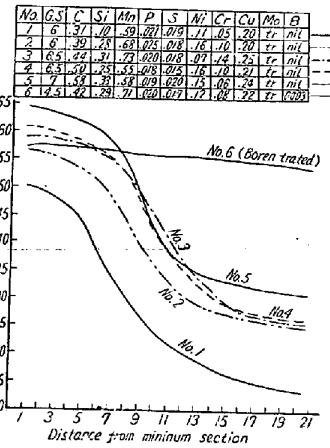


Fig. 4.

Fig. 4. Test results of some carbon steels.

この 3 種の試験片の結果を比較すると I 型は II 型に比して、傾斜がやや急であるが I 型でも 2 測定点間 (約 1.6 mm) の硬度差は HRC 5 以下にほとんど収まっている。冷却速度の包含範囲は I 型の方が大である。すなわちこの程度の焼入性の鋼では I 型試験片において大体前述の条件が満足されていると思われる。つぎに II 型と III 型のカーブの形状は非常に似ている。III 型は硬度の低い点まで調べる点で優れているといえるが、10 チャージ中 3 チャージの焼割れを生じ、また standard bar よりも太い点に問題があると思われる。以上のテストによつて I 型試験片が良いと思われたので C% 0.31~0.58 の 5 種類の炭素鋼ならびに含ボロン S 40 C 材について試験を行つた結果は Fig. 5 (省略) のとおりで、一応満足すべき結果が得られたので、今後 I 型試験片を採用することとした。

IV. 焼入特性曲線におよぼす試験条件の影響について

焼入温度ならびに水温は一応 SAE 規格にならつて、それぞれ 845°C ± 5°C, 18~29°C とし、これには焼入のための加熱保持時間、ならびに水の流量について調査を行つた。

実験は水の流量 8, 12, 16 l/mn 保持時間 45, 75, 105 分の 9 通りの組合せとし各 2 箇所ずつ計 18 箇のテストを行い分散分析を行つた結果水量保持時間ならびにその交互作用について差は認められなかつた。なお 18 箇

の試料の各位置における測定誤差はつぎのとおりである。

測定位置	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
誤差	1.2	1.2	1.3	1.7	2	3	4.5	4	2	2.5	3.3

(註) 測定位置 1 は最小肉厚部, 21 は最大肉厚部

V. 結 言

以上炭素鋼について偏心型焼入性試験を行い、その試験片の形状と焼入条件などについて検討を行つた結果 (1) 試験片の形状は外径 25.4 mm φ 内径 10 mm φ, 最小肉厚部 4 mm が最も適当と考えられる。(2) 焼入条件としては水流量 8~16 l, 保持時間 45~105 分のいずれの組合せにおいても差は認められなかつた。(3) 18 箇の測定結果の最大誤差は 4.5 HR“C”程度で Jominy standard bar による低合金鋼の試験結果に比しても大きいとはいえないと思われ、再現性は良好であるといつてよいと思う。今後はこの試験法についてさらに調査を進め、低焼入性鋼の特性について検討したいと思う。

(97) 鍛鋼の屈曲試験に関する研究 (III)

(屈曲性におよぼす非金属介在物の影響) Studies on Bending Test of Forged Steels (III)

(Influence of non-metallic inclusions on bendability)

H. Ishizuka.

日本製鋼所室蘭製作所, 研究部 石 塚 寛

I. 緒 言

屈曲試験において肉眼的なサンドあるいは介在物の集合偏析部あるいはゴーストなどの存在は屈曲不良の原因となることはわれわれのしばしば経験するところであるが、このような例外を除いて通常鋼中に含まれる顕微鏡的な介在物についてもそれは屈曲性に影響をおよぼすであろうことは容易に想像されることであつて、事実第 1 報でのべたように微小疵は介在物に基因することならびにその際とくに Dirty steel の場合には試片が折損することが認められている。本報ではさらにこの点を明らかにするために、屈曲試験成績と含有介在物量との関係を統計的にしらべた。

II. 供 試 材

本試験の供試材は第 2 報同様鍛鋼のクランクアーム材

(0.38/0.40 C, 0.20/0.35 Si, 0.40/0.60 Mn, <0.040 P および S) を取上げ, 試料数は屈曲良のもの 30本, 微小疵発生のもの 9本, 折損のもの 20本, 合計 59本である.

III. 試験結果

(1) 旧学振法による清浄度測定値と屈曲試験成績との関係

旧学振法による介在物測定要領は周知のように検鏡視野内全体の分布比と平均厚をもとめるわけであるが, このような方法は不適當であるので, 測定要領は一部われわれ独自の方法を探つた. すなわち ASTM の方法にならない, 介在物はこれを約 7 μ 以上の大粒のものと, 約 6 μ 以下の小粒のものに分け, それぞれ別個に分布比および平均厚をもとめ, しかる後これらを混みにして従来のごとき全体の清浄度をもとめた. Table 1 にこのようにしてもとめた測定値の屈曲成績別平均値を示す. ただし供試材中の介在物は大部分硫化物であつたが, Type はほとんど B 種である.

i) まず大粒介在物のみの測定結果を見ると, その分布比は屈曲不良になるに従いわずか高値を示しているがその平均値間の有意差検定を行つた結果, (a) 屈曲良と折損間には有意水準 1% で差が認められたが, (b) 屈曲良と微小疵発生間ならびに微小疵発生と折損間には共に有意差は認められなかつた. (c) さらに微小疵発生と折損などの屈曲不良試料を Pool して, これと屈曲良との間には有意水準 2% でその平均値に差のあることが認められた. Fig. 1 にこの両者の分布比の相対頻度曲線を示す. つぎに大粒介在物の平均厚を見ると, 屈曲不良のものは屈曲良のものに比べてその厚さは若干大きくこの場合微小疵発生試料と折損試料とはほぼ同等であつた. この有意差検定の結果, 屈曲良と不良との間には分散に対しては有意水準 0.5% 平均値間には 0.1% すなわち高度に差が認められた. Fig. 2 にこの両者の平均厚の相対頻度曲線を示す.

ii) つぎに約 6 μ 以下の小粒介在物のみの測定結果を見ると, 分布比ならびに平均厚共に略同値であつて屈曲

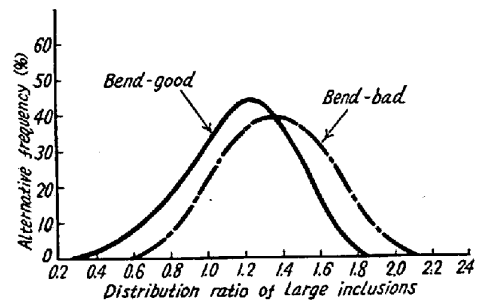


Fig. 1. Alternative frequency curve showing the relation between bend test results and distribution ratio of large inclusions.

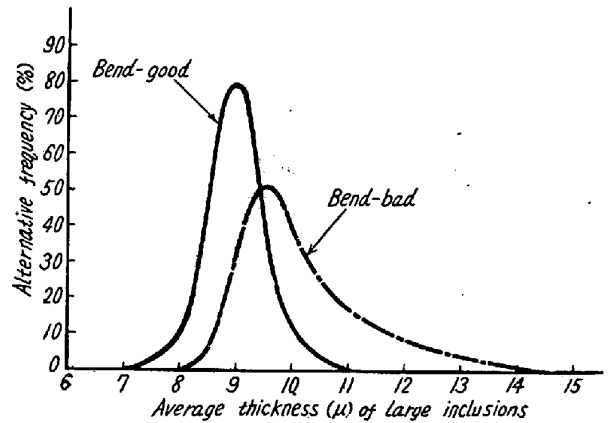


Fig. 2. Alternative frequency curve showing the relation between bend test results and average thickness of large inclusions.

各成績間には有意差は全く認められない.

iii) 最後に以上の大粒および小粒介在物を Total した全体の測定値を見ると, 分布比は屈曲各成績間に有意差全く認められずほぼ同等であるが, その平均厚は上記大粒介在物の影響をうけ, 屈曲不良のものは良のものに比べて厚さが若干大きくなつている. (平均値間有意水準 0.1%)

以上の旧学振法による測定結果より屈曲成績にはとくに大粒介在物が影響することが分つた. ただしその平均値の差は比較的僅少である.

(2) 新学振法第3法 (Point counting 法) による清浄度測定値と屈曲試験成績との関係

Table 1. Comparison between bend test results and mean values of cleanliness tested by "Old Gakushin Method"

Results of bend test	No. of samples	Large grain inclusion (>7 μ)		Small grain inclusion (<6 μ)		Total inclusion	
		Distribution ratio	Average thickness	Distribution ratio	Average thickness	Distribution ratio	Average thickness
Good	30 pieces	1.17	9.01 μ	1.05	5.75 μ	2.22	7.47 μ
Minor cracking	9 "	1.28	10.19"	1.00	5.82"	2.28	8.27"
Break-down	20 "	1.38	10.23"	0.92	5.78"	2.30	8.45"

本法による介在物測定用接眼レンズは、400 cross point 目盛り×10，対物レンズは×40 を用い（したがって倍率は×400），測定回数は連続 60 視野である．測定後次式により介在物の占める面積百分率つまり清浄度 d をもとめた．

$$d = n / (400 \times f) \times 100$$

n ：介在物によつて占められた格子点数の合計

f ：検鏡視野数

Table 2 にこの方法によつてもとめた測定値の屈曲各成績別平均値を示す．すなわち同表から分るとく，微小疵発生および折損などの屈曲不良のものは屈曲良のものに比べて介在物によつて占められた格子点数が多くしたがって清浄度 d の値が大きい．この両者間の有意差検定の結果は分散に対しては有意水準 0.5%，平均値間には 2.5% で高度に差が認められた．Fig. 3 にこの両者の清浄度 d の相対頻度曲線を示す．なお微小疵発生のは折損試料よりもその測定値はわずかに高値を示したが，この両者間には有意差は全く認められなかつた．

つぎに本方法によつて介在物の占める格子点数を測定中注目されたことは，1ヶの介在物で 3cross point 以上にわたる大粒介在物が屈曲不良の試料に多く観察されたことである（有意水準 5%で）．今 1 箇で 3 cross point 以上にわたる大粒介在物の存在した視野数の試料 1 箇当りの平均を取つて見ると，それは Table 3—(A) 欄に示すとく，屈曲良品は測定視野 60 回中 1 回強，屈曲不良品は約 2.5 回前後このような視野にぶつかることとなる．すなわちこのことは屈曲不良品は良品に比べて大粒介在物を多く含むということの意味する．つぎに 3 cross point 以上にわたる大粒介在物の存在した

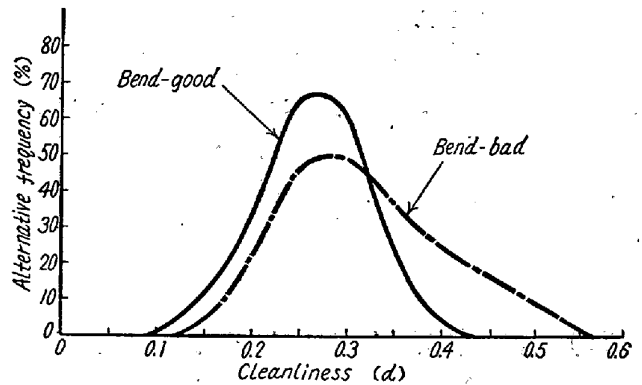


Fig. 1. Alternative frequency curve showing the relation between bend test results and cleanliness tested by "point counting method (New Gakushin Method-3)"

視野についてその 1 視野当りの平均格子点数を比較して見ると，それは Table 3—(B) 欄に示すとく，微小疵発生および折損等屈曲不良品は良品に比べて格子点数が約 1.5~2.7 多い．つまり不良品は良品よりおよそ 2 cross point 分だけ介在物の占める面積が大きいということを示している（有意水準 2.5%）．すなわちこのことは屈曲不良品は特に平均厚の大なる大粒介在物を含んでいることを意味するであろう．最後に Table 3—(C) 欄は以上のような視野を除外した他の視野の 1 視野当りの平均格子点数を示したもので，これは屈曲成績により差が認められない．

以上の観察結果は要するに屈曲不良のものは良のものに比べて大粒介在物の数がかつその厚さのとくに大なるものを多く含む，つまり介在物の占める面積が大きいことを示すものであつて，これは前記旧学振法による測定結果と符合している．

Table 2. Comparison between bend test results and mean values of cleanliness tested by "point counting method (New Gakushin Method-3)"

Results of bend test	No. of samples	Total number of lattice points occupied by inclusions	Cleanliness (d)
Good	30 pieces	63.3 points in 60 ranges	0.264
Minor cracking	9 "	75.2 "	0.313
Break-down	20 "	73.3 "	0.305

Table 3.

Results of bend test	(A)	(B)	(C)
	Average of ranges in which large inclusions over 3 cross point were seen.	Average cross points in the ranges in which large inclusions over 3 cross point were seen.	Average cross points in other ranges.
Good	1.17 Ranges in 60 ranges	6.88 points	0.94 points
Minor cracking	2.77 "	9.64 "	0.85 "
Break-down	2.40 "	8.31 "	0.93 "

IV. 結 言

本報では旧学振法ならびに新学振法第3法による両介在物測定方法を用い、鍛鋼クランクアーム材について屈曲試験成績と含有介在物量との関係を統計的に調べた。その結果大粒介在物の存在が屈曲性と関係あることが分った。

(98) 鍛鋼の屈曲試験に関する研究

(IV)

(屈曲性におよぼす顕微鏡組織の影響)

Studies on Bending Test of Forged Steels (IV)

(Influence of micro-structure on the bendability).

H. Ishizuka.

日本製鋼所, 室蘭製作所研究部 石塚 寛

I. 緒 言

屈曲性におよぼす因子の一つとして試料の顕微鏡組織の問題も挙げられよう。われわれはこの点を明らかにするために、前報同様鍛鋼クランクアーム材について屈曲試験成績と組織との関係をあらゆる角度から観察し検討を加えた。また併せて組織と抗張試験値との関係についてもしらべた。つぎに試験結果の概要をのべる。

II. 組織と屈曲試験成績との関係

組織の影響はこれを pearlite 粒の大きさ, pearlite 組織の均一度, pearlite 粒の形状および粗密度 Widmanstätten 組織などに分け, おのおのそれらの組織写真 chart を作成して, 屈曲試験成績におよぼすそれら各影響についてしらべた。

(1) Pearlite 粒の大きさの影響

pearlite 粒の大きさはこれを A~F の 6 classes に分け, Fig. 1 のごとき chart により粒の大きさを判定した。多数の試料についてこの判定を行い有意差検定の結果, 屈曲成績良のものは微小疵発生および折損などの屈曲不良のものより C class 以上の微細なものが多く屈曲不良のものは逆に粗大のものを多く含むことが高度の有意水準で認められた。つぎに試みとして pearlite 粒度を分割法によつて測定して見た。倍率は 100 倍で, 分割線分の長さ(実長)を 1 mm としてこの線分によつて過ぎられる pearlite 粒度の平均数をもとめた。なお測定回数は, 同一視野内においては直角に交わる 2 分割線について 2 回, これを任意の 10 視野について測定を行った。Fig. 2 にこのようにしてもとめた屈曲良と不良

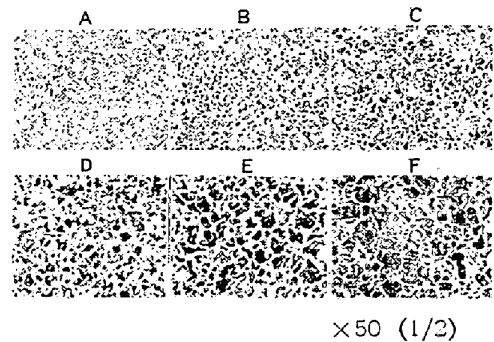


Fig. 1. Chart of pearlite grain size.

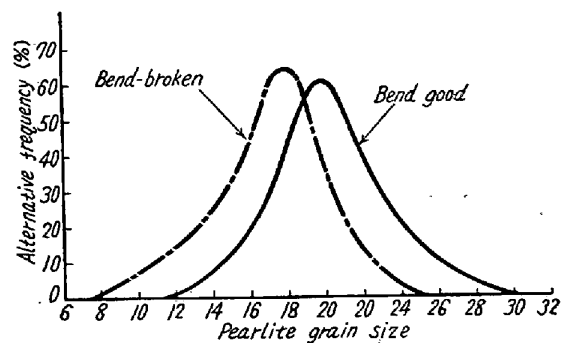


Fig. 2. Alternative frequency curve showing the relation between bend test results and pearlite grain sizes.

との試料の pearlite 粒度の相対頻度曲線を示す。すなわちそのモードならびに平均値間に明瞭なる差が認められる。(有意水準 0.5%)

(2) Pearlite 粒大きさの均一度の影響

屈曲成績に対しこの影響はあまり認められない。

(3) Pearlite 粒の形状の影響

試料によつて pearlite 粒が丸味を持つものと, 角状のものが見られたが, これら形状は屈曲成績と関係ない。

(4) Pearlite 粒の粗密度の影響

pearlite は周知のように ferrite と cementite との機械的混合物であるが, この場合試料によつて ferrite と cementite とが非常に密に混つたものと, 逆に粗のものすなわち球状化が著つたものが見られた。しかしこれら pearlite の混合形態(粗密程度)は屈曲成績に対してその影響は認められなかつた。

(5) Widmanstätten 組織の影響

Widmanstätten 組織を混在した試料の材力は一般に劣ることは容易に想像されるところであるが, 本試験においても, この組織を含まない試料数と混在した試料数とを屈曲成績別に取纏め検定の結果, 屈曲不良のものは良のものに比べて Widmanstätten 組織混在のものが