

Photo. 1. Discontinuous cracks in a specimen ruptured at -9.5°C

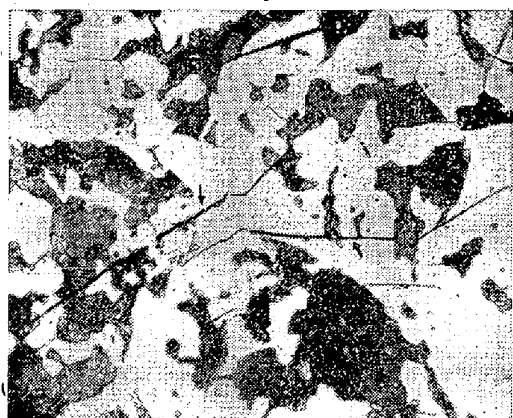


Photo. 2. Cracks in a specimen ruptured at -19°C

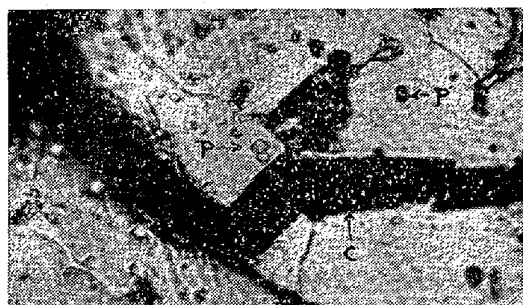


Photo. 3. Relation between crack (C) and pits (P)

ハンマーのあたる小部分を除き硬度上昇は認められなかった。

(4) X線廻析——脆性破断面の X 線廻析写真は、極めて弱い加工を受けたような廻析像であった。

(8) 電磁共振型疲れ試験機による実物中空鋼の繰返強度に就て
(On the Fatigue Test of Hollow Drill Steels by an Electromagnetic-Resonance

type Fatigue-Testing Machine)

M. Uchiyama, et alius.

三菱鋼材株式会社本社製作所研究課

○内山道良・関不二雄

I. 緒言

筆者等は、さきに本会第 41 回講演大会において、松村式繰返衝撃曲疲試験機による中空鋼材の繰返衝撃強度に関する研究の発表を行つたが、今回は電磁共振型疲れ試験機による 22mm 六角中空鋼そのものの繰返曲げ強度について説明する。

II. 予備実験

予備実験として、外国製品 34 種類 67 本の化学成分・静的機械的性質・脱炭・非金属介在物・結晶粒度・組織その他の調査を行つたが、その一部を Table 1 に要約する。

III. 試料

試料は、外材の調査結果・文献・中空鋼とバネ鋼との共通性等を考慮の上、塩基性エルー電炉によつて熔製し通常の作業方式に従つて、22mm 六角中空鋼および 15mm 丸鋼に圧延した。なお本実験の中心をなす疲れ強度測定用試片は、上記の中空鋼を長さ 700mm に切断しただけのものである。次に Table 2 として試料の成分並びに熱処理条件その他を示す。

IV. 実験法

試験機は、撓み振動の固有振動数が毎秒 100~300 回の磁性体で長さ 600~700mm の試片に適用し得る電磁共振型の曲げ疲労試験用のもので、試験可能な応力は 10~40 kg/mm² と公称されるものである。Fig. 1 はその

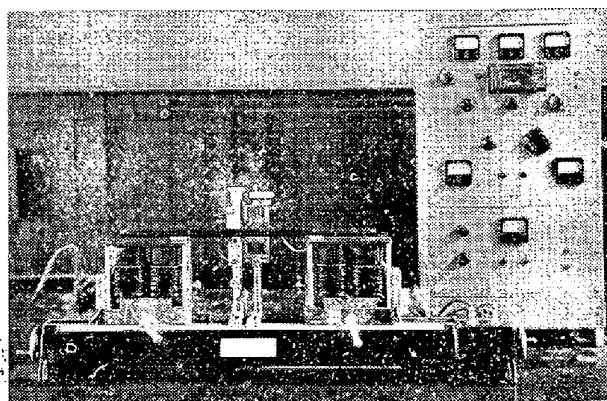


Fig. 1. Electromagnetic-resonance type fatigue-testing machine.

Table 1. Survey of imported samples

Steels	Chemical composition (%)						Bars			Rods		
	C	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Trade name	Microstructure	Condition as received	Trade name	Microstructure	Condition as received
Plain C	0.65 ~ 0.95	—	—	—	—	—	BLACK-DIAMOND, SKF, FORBACO, FJAB, KOL, MK ALPINE, M851 M651, -52-, RHB7, RHB9, BLUE-LABEL, JUNEL, NOVO, BC, OTTAWA, CRUSCA, SANDVIK	P + F P P + Ce Imperfect spheroidized pearlite	As rolled or cooled slowly after rolling	THROW-AWAY IRSOT, TH-48L, TIMKEN	P + F S	As rolled or quenched and tempered
C-V	0.71 ~ 0.82	—	—	—	—	0.08 ~ 0.24	MKE	P + F P	As rolled	—	—	—
High C-Cr-Mo	0.82 ~ 1.00	—	—	1.04 ~ 1.68	0.21 ~ 0.53	—	OIL, LG, HBL VIBRESIST	S + T + M S	As rolled or low temperature annealing	PION JÄR	S	Quenched and tempered
High C-Cr	0.92 ~ 1.01	—	—	1.28 ~ 1.46	—	—	C.A. DOUBLE DIAMOND	S + T + M	As rolled	—	—	—
C-Ni-Cr	0.52 ~ 0.67	0.65 ~ 0.85	0.39 ~ 0.50	0.12 ~ 0.45	—	—	B.C. SPECIAL, PINK LABEL	P + F	As rolled	—	—	—
High Ni-Cr-Mo	0.32 ~ 0.35	—	3.13 ~ 3.17	0.43 ~ 0.58	0.20 ~ 0.28	—	CHIPPEWA	M + S	As rolled	—	—	—
Low Ni-Cr-Mo	0.28	—	1.72	0.82	0.25	—	—	—	—	LIDDI-COAT	S	Quenched and tempered

Remarks—P: pearlite, F: ferrite, S: sorbite, M: martensite, T: troostite, Ce: cementite

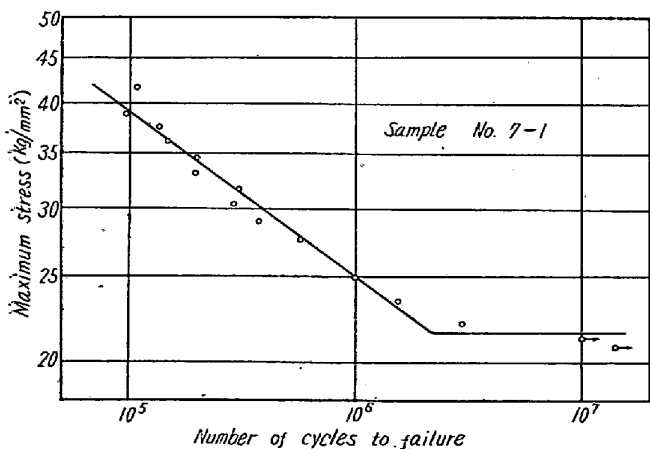


Fig. 2. An example of fatigue test.

使用状況を示している。

Table 2 の様に作製された各試片は上記の応力で試験され、折損に至る迄の繰返数を測定した。

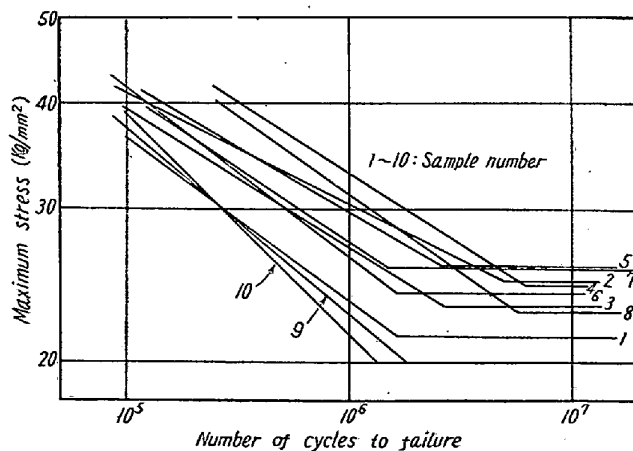


Fig. 3. S-N curves of hot rolled bars.

V. 実験結果

Fig. 2 は、実験結果の一例を試料 No. 7-1 につい

Table 2. Chemical compositions and heat treatments of fatigue-test specimens.

Sample No.	Chemical compositions (%)											Heat treatment		Hardness (Hv)	Micro-structure
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti	B	No.	State		
1	0.80	0.28	0.50	0.018	0.014	—	—	—	—	0.15	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	272 252	P + F P + F
2	0.38	0.33	0.70	0.020	0.008	3.18	0.76	0.39	—	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	366 273	M + S S
3	0.32	1.11	0.36	0.016	0.019	—	1.36	—	0.13	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	263 232	P + F P + F
4	0.21	0.80	0.91	0.028	0.015	0.28	2.30	0.25	—	—	—	1 2	As rolled 600°C×30'/f.c.	385 285	T S
5	0.85	0.26	0.28	0.020	0.013	—	1.11	0.26	0.25	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	404 291	S + T + M S
6	0.55	0.35	0.85	0.025	0.018	—	0.72	—	—	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	315 261	T + S S
7	0.55	0.30	0.88	0.035	0.010	—	1.10	0.22	0.17	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	381 285	T + S S
8	0.62	0.35	0.96	0.016	0.024	—	0.57	—	—	—	yes	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	307 250	T S
9	0.74	0.23	0.24	0.021	0.038	—	—	—	0.08	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	278 262	P + F P + F
10	0.64	0.25	0.48	0.024	0.018	—	—	—	—	—	—	1 2	As rolled 650°C×30'/f.c.	214 209	P + F P + F

Remarks—P: pearlite, F: ferrite, S: sorbite, M: martensite, T: troostite, F.C. furnace cooling.

て示したものであり、Fig. 3~4 (Fig. 4 省略会場で掲示)は、各試料に対して画いた S-N 曲線を熱処理別に総合したものであるが、これ等によれば、本試験機による実験結果の分散は、仮令試片が黒皮材であつても可成良好であると共に、中空鋼の曲げ疲労強度は次の様なものである事が認められた。

1. 現在最も広い用途をもつ圧延ままの C 中空鋼の繰返曲げ疲労強度は 20~21 kg/mm² で、中空鋼としては最低強度のものに属する。
2. 各種合金中空鋼の圧延ままのもの繰返曲げ疲労強度は 22~24 kg/mm² であつて、試料 No. 4, No. 5 が勝れているとはいうものの C 鋼と大差はない。
3. 各鋼は低温焼鈍を施すと引張強さや硬さが減少するにも拘らず反つて繰返曲げ疲労強度は増加し、C 鋼では 20~21.5 kg/mm² で似た様な結果であるが、合金鋼では 23~26 kg/mm² となつて可成りの成績向上が見られる。鋼種としては No. 5, No. 7 が勝れている。

VI. 結 言

以上の如く、多数の外国製品を参考としての今回の研究結果から、次の事が明らかとなつた。

1. 中空鋼としては、工具鋼・構造用鋼・軸受鋼の何れかが使用されている。
 - このため中空鋼の機械的性質・処理状態等は区々であるが、大部分は圧延ままの材料である。
 3. 試料には、これに低温焼鈍を施すと繰返曲げ疲労強度が上昇するものが多かつたが、この種の鋼は、何れも圧延時の組織の主要部分をなすマルテンサイトまたはトルースタイトが低温焼鈍により、ソルバイトに変化していた。
 4. 低温焼鈍が効果を示さない中空鋼の組織は、パーライトであつた。
 5. 本実験で最もよい成績を示したのは試料 No. 2 の軸受鋼で、低温焼鈍をしたものは特に勝れていた。しかし乍ら實際使用の時間的關係から繰返数をこれより低く抑えたとすれば、事情は變つてくる。
- なお中空鋼を實際に使用するに當つては、繰返衝撃が大きく影響する事は当然なので、前報¹⁾の結果をも十分考

感する必要がある。今回若し時間が許せば焼入焼戻材等の繰返曲げ疲労強度についても説明する。

1) 内山・関：鉄と鋼，38（昭27）2-22.

(9) 高炭素焼入合金鋼における残留炭化物の電子顕微鏡による測定 (Determination of Residual Carbide in Quenched High-Carbon Alloy Steels by Electron-Microscope)

Saburo Kawaguchi.

株式会社日本製鋼所室蘭製作所 川口三郎

I. 緒 言

高炭素焼入鋼に残留炭化物が存在していることがあることはここに記すまでもない。従来より高速度鋼その他においてこの残留炭化物の影響があると言われ、また最近上野氏は残留炭化物がベアリングの寿命に影響すると言う興味深いデータを報告している。

この炭化物の定量方法として最近化学分析による方法が発表²⁾されている。顕微鏡による方法は面積比を測定するのであるが、T. Howard & M. Cohen³⁾は光学顕微鏡を用い、残留オーステナイトの面積比測定方法を検討した報告があり、この方法を用いて残留炭化物を測定している例がある。

筆者はこの残留炭化物が極めて微細であり、光学顕微鏡によつては正確にその面積比を測定することがややもすると困難な場合があるので、電子顕微鏡を用い残留炭化物を測定する方法を検討した。

II. 実験結果

上述の Howard & Cohen の実験結果は極めて参考となり、また多く利用されているので、この報告と対比できるように実験の方法、その統計的処理の方法を modify しつつ実験を進めた。

供試鋼として高炭素 Cr-Mn 鋼 (C: 0.93 Mn: 1.12 Cr: 1.03) を用いた。これを 800~900°C より焼入し、残留炭化物の異なる試料を作成した。レプリカはコロデオ二段法により作成し、薄く Cr-shadow を施した。

これらの試料の夫々から 10 枚の電子顕微鏡写真を撮り、これについて最初に Point Counting 法による測定方法について検討を行った。

(1) 1 枚の電子顕微鏡写真について Point Counting 法による繰返し測定

上記の焼入試料の夫々から 1 枚の電子顕微鏡写真を撮り、これについて Point Counting による炭化物面積比測定を 10 回繰返した。これを各焼入試料について行い、Point Counting による測定誤差を統計的に検討した。その結果、極めて測定値のばらつきが少く良好な結果が得られた。このように Point Counting 法それ自体はかなりよい方法であるといえよう。

(2) 10 枚の写真についての Point Counting による測定について (炭化物の偏在による影響)

上述のように 1 枚の組織写真の Point Counting による測定は極めて誤差が少ないが、電子顕微鏡の倍率が極めて大きく視野面積が小であるため、残留炭化物の影響が特に著しい。この影響を見るため、at random の位置より撮つた 10 枚の電子顕微鏡写真について Point Counting により炭化物面積比を測定し、それぞれの測定値のばらつきから、炭化物の偏析の影響を含くめた誤差を求めた。その結果 Table 1 に示すように甚しいばらつきが認められた。

Table 1. Ratio of carbide area measured by point counting.

	Quenched from 900°C	Quenched from 850°C	Quenched from 800°C
Mean value	6.7	9.9	16.3
Variation	6.06	5.21	15.37
Standard deviation	2.46	2.28	3.92
Standard error	0.78	0.72	1.28

このように Point Counting 法それ自体は誤差の少ない方法であるが、実際には炭化物の偏析のため誤差が著しく大となり、このために多数の写真を撮影せねばならない。

(3) 標準チャートによる肉眼判定法について

以上の Point Counting 法の結果から、標準チャートによる肉眼判定方法を新しく考え、これについて検討を加えた。

標準チャートは 2000 倍の電子顕微鏡写真を多数作成し、これを 4000 倍に引伸したものにつき Point Counting 法で正確に残留炭化物量を測定し、この内から適当な写真を撮り、標準チャートとした。この自作した標準チャートを用い、蛍光板に投影された電子顕微鏡組織を肉眼により判定し、これを多数の視野について行う方法をとつた。

既述の焼入試料の各々から 3 枚のレプリカをとり、各シートメッシュのグリッド毎に 10 視野判定してこの平均