

Table 6. Hardness in machined-surface-layer of the specimens cut out from Sendzimir rolls.

| Hardness testers   |   | Shore | Micro-Vickers |           |           |
|--------------------|---|-------|---------------|-----------|-----------|
| Depth from surface |   |       | Surface       | 100 $\mu$ | 300 $\mu$ |
| Mark of specimens  |   |       |               |           |           |
| B                  | 1 | 82.0  | 727           | 680       | 736       |
| B                  | 2 | 90.5  | 722           | 720       | 756       |
| B                  | 3 | —     | 1048          | 739       | 743       |

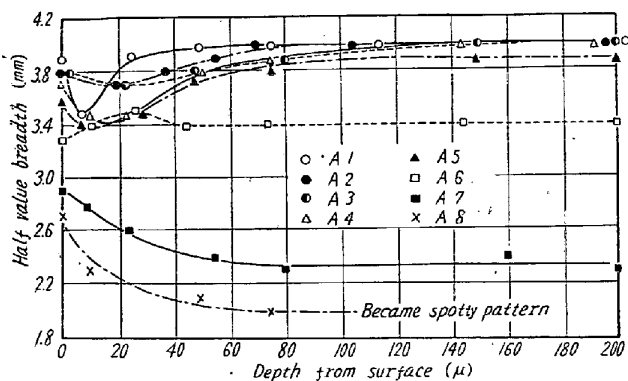


Fig. 2. Distribution of the half-value breadth of X-ray diffraction line in the ground-surface-layer of various specimens.

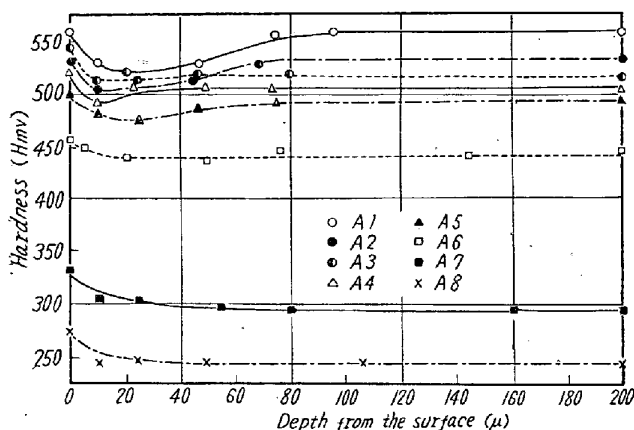


Fig. 3. Hardness distribution on the ground-surface-layer of various specimens.

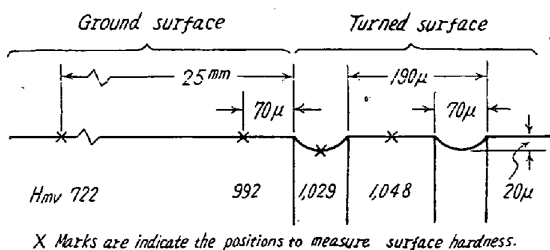


Fig. 4. Hardness of turned and ground-surfaces of the tested Sendzimir roll.

生ずるもので、この場合には半価巾と硬度は深部から表面にかけて一ように増加する。もうひとつは焼入または焼入後約 500°C 以下で焼戻した鋼に生ずるもので、こ

の場合には半価巾と硬度の変化は単調ではなく表面に近いところで極小点を示す傾向をもっている。後者の場合には、研削の際におこる表面層の変化が単に塑性変形だけではないことを示すもので、発熱に助長されて生ずる冶金学的な変化が重畳しているものと考えられる。実体のロールの切削面の硬度増加はかなり大きいので、完成後の表面硬度にこの影響を介入させないようにするためには、切削による加工変質層の深さを考慮して研削代を 300  $\mu$  とすべきである。

#### 文 献

- 1) E. K. HENRIKSEN: Trans. A. S. M. E. 73 (1951), 69
- 2) 石井: 日本機械学会論文集, 第 16 巻, 第 53 号, 昭 25 年
- 3) L. P. TARASOV, W. S. HYLER and H. R. LETNER: Proc. A. S. T. M. 57 (1957), 601

### (118) ダクタイル鋳鉄の高温における 振り試験について

久保田鉄工

山下 章・尼木敏雄・○常田 修

#### Torsional Tests of Ductile Cast Iron at Elevated Temperatures.

Akira Yamashita, Toshio Amaki  
and Osamu Tsuneda.

#### I. 緒 言

ダクタイル鋳鉄の高温における機械的諸性質の中で、引張試験に関する研究は、各所ですでに実施されており、文献にもいくつか発表されている。また弊社においても昭和 29 年に室温から 700°C までの熱間抗張力試験を行なつて抗張力伸びおよび弾性係数を調査したことがある。

しかしながら振り試験で高温におけるものについてはまだ発表に接しない。振り試験方法は抗張試験方法に比べ種々の利点があるので、今回常温、250°C、500°C、600°C、700°C において振り試験を行なつた。以下にダ

Table 1. Chemical composition of test pieces.

|        |                 | T.C       | G.C          | Si        | Mn        | P          | S          | Cr         | Cu         | Ti         | V          | As         | Mg         | G.C/T.C        |
|--------|-----------------|-----------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|
| D.C.I  | As cast<br>Ann. | 3.57<br>" | 3.07<br>3.52 | 2.30<br>" | 0.28<br>" | 0.071<br>" | 0.008<br>" | 0.025<br>" | 0.090<br>" | 0.025<br>" | 0.025<br>" | 0.009<br>" | 0.065<br>" | 0.86<br>0.985  |
| FC     | As cast<br>Ann. | 3.78<br>" | 3.26<br>3.61 | 1.05<br>" | 0.62<br>" | 0.173<br>" | 0.064<br>" | 0.05<br>"  | 0.10<br>"  | 0.019<br>" | 0.010<br>" | 0.029<br>" | —<br>—     | 0.863<br>0.955 |
| S 10 C |                 | 0.13      | —            | 0.14      | 0.50      | 0.040      | 0.036      |            |            |            |            |            |            |                |

Table 2. Tensile strength and elongation.

|         |                |           | Tensile strength kg/mm <sup>2</sup> | Elongation % |
|---------|----------------|-----------|-------------------------------------|--------------|
| Ductile | By block       | Ann.      | 42.6                                | 17.3         |
| Cast    | Large Y        | As cast   | 53.3                                | 4.3          |
| Iron    | Block          | Ann.      | 43.6                                | 24.8         |
| F. C    | 37φ test piece | As cast   | 19.2                                | —            |
| S 10 C  |                | as rolled | 46.7                                | 36.1         |

クダイル鋳鉄と、普通鋳鉄、S10Cの高温捩り試験結果と、抗張試験や硬度試験結果とを比較しつつ報告する。

## II. 実験方法

### (i) 材質の選定

用いた材質はつぎの三種で、そのうち普通鋳鉄およびダクタイル鋳鉄は、キューボラ熔湯を用いた。

- イ ダクタイル鋳鉄 鉄放しおよび焼鈍
- ロ 普通鋳鉄 鋳放しおよび焼鈍
- ハ 軟鋼 S10C 圧延のまま

### (ii) 試験の種類

- イ 引張試験 常温のみ
- ロ 捩り試験 常温 250°C, 500°C, 600°C, 700°C
- ハ 硬度試験 常温のみ
- ニ シャルピー有溝衝撃試験 常温のみ
- ホ 分析試験
- ヘ 顕微鏡組織

## III. 試験結果

### (i) 成分

Table 1 に示す。供試のダクタイルは Si-Mg 0.6%、純 Mg 0.25%、Fe-Si 0.4% 接種のものであるが、そのため Si が 2.3% であつて鋳放しでブルスアイ組織、一方普通鋳鉄は Si 1.05% で完全なパーライト地の成分である。焼鈍した基地は G.C/T.C のしめすごとくオールフェライト地である。

### (ii) 抗張力試験

炉前より採取したものと、捩り試験片用 Yブロックからの抗張力試験結果を Table 2 に示す。ダクタイルと軟鋼において焼鈍を行なつた場合は、両者の値が近似

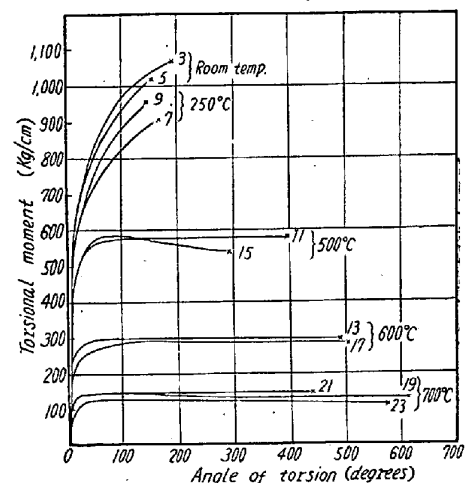


Fig. 1. Torsional test of an as-cast ductile iron at elevated temperatures.

している。

### (iii) 捩り試験

試験温度は前記の 5 点で、その温度に 20 分保持したのち、29 deg/mn の捩り速度でドライブ側を駆動した。

ダクタイル鋳鉄の鋳放し試料の  $M-\alpha$  線図は Fig. 1 に常温から 700°C までを重ねて示した。抗張力に相当するモーメント  $M$  におけるバラツキは見られないが、伸びに相当する捩れ角度  $\alpha$  のフレはやや大きい。また常温と 250°C では  $M-\alpha$  線図は大差ないが 500°C 以上になると  $M-\alpha$  線図は、 $M$  は増加しないで  $\alpha$  のみが増加するところの完全塑性状態の応力歪曲線を示している。

焼鈍試験片の  $M-\alpha$  線図の Fig. 2 では、軟鋼に見られるような明瞭な降伏点が現われ、 $\alpha$  においても常温より 250°C の  $\alpha$  が小さくなつてまた増加するという、

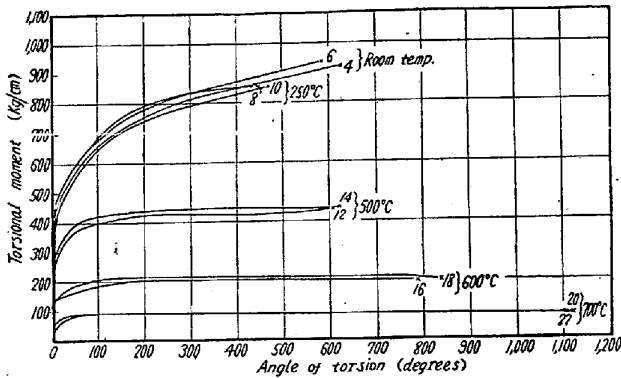


Fig. 2. Torsional test with an annealed ductile iron at elevated temperatures.

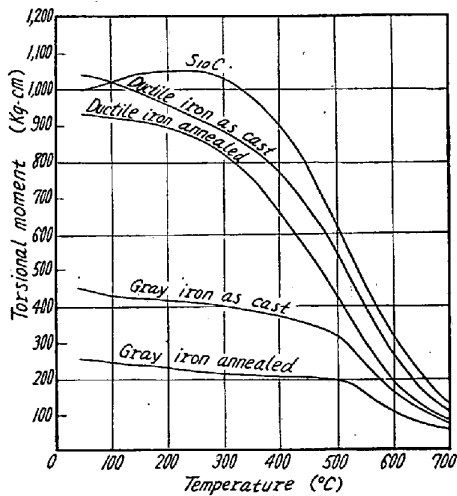


Fig. 3. Moment-temperature diagram of testing materials.

青熱脆性があることを示した。焼鈍したダクタイルは軟鋼にきわめて類似した応力-歪曲線を振り試験でも表わしている。

つぎに各種材質の振りモーメントと試験温度との関係と比較した。Fig. 3 に示すように S10C には 250°C で青熱脆性の max が現われている。ダクタイルは普通鉄鉄の 3~4 倍の強度を常温においては有しているが、高温になるにつれて、強度落ちが目立ち、700°C になると、1~1.5 倍の強度しかない。

#### (iv) 顕微鏡組織

振り破断した試料では、組織を調べる断面の選び方で黒鉛形状が異なることが予想される。振り軸に直角方向には剪断応力、45° 方向には引張圧縮応力、しかも中心軸からの距離によつて応力歪が異なるからである。

そこで各種の切断方向から組織を調べることにより、楕円状の黒鉛のみならずおたまじやくし状や、菱形状黒鉛が見出された。

### IV. 考 察

#### (i) 剪断応力と抗張力の比較

高温においては剪断応力と剪断歪との間に常数の弾性

係数が存在しないので

$$\tau = 12M/\pi d^3 + 4/\pi d^3 \alpha \times dM/d\alpha$$

なる関係式を用いて、剪断応力  $\tau$  を算出すると、 $\tau$  は抗張力の  $\sigma$  約 8 割であることが見出され、軟鋼で成示するこの関係がダクタイル鉄でも成立していることがわかった。したがって  $M, \alpha$  の値より  $\tau$  を出しその値を 1.25 倍すれば抗張力  $\sigma$  を算出することができる。

#### (ii) 球状黒鉛の形状に関する考察

振り試験を実施する前に完全に球形であつた黒鉛が  $\alpha$  度捩られるといかなる形状になるかを解析して見た結果黒鉛形状は次式

$$\begin{aligned} & x^2/a^2/2 \times \{(\pi \cdot d \cdot \alpha/360 l)^2 + 2 \\ & - \pi \cdot d \cdot \alpha/360 l \sqrt{(\pi \cdot d \cdot \alpha/360 l)^2 + 4}\} \\ & + y^2/a^2/2 \times \{(\pi \cdot d \cdot \alpha/360 l)^2 + 2 \\ & + \pi \cdot d \cdot \alpha/360 l \sqrt{(\pi \cdot d \cdot \alpha/360 l)^2 + 4}\} = 1 \end{aligned}$$

なる楕円に変形することがわかった。数学的に解析にくい切断方向については図式解法で、黒鉛形状を調べたが、やはり疑似楕円の断面しか得られなかった。

ところがおたまじやくしのような奇形が得られたことは非常にすべりやすい部分とすべりにくい部分あるいは方向が存在しているためと思われる。なおおたまじやくし状の黒鉛の尻尾の部分は、顕微鏡判定ではヘヤークラックではなく、黒鉛が充填されていた。

### V. 結 言

(i) ダクタイル鉄鉄の高温における振り試験結果は、高温における引張試験結果と大体同じ傾向を示した。

(ii) 振り試験結果を抗張試験結果に換算するには、

$$\sigma = 1.25(12 \cdot M/\pi \cdot d^3 + 4\alpha/\pi \cdot d^3 \cdot dM/d\alpha)$$

を用いればよい。

(iii) ダクタイル鉄鉄の各温度における強度も軟鋼のそれに近く、降伏点や青熱脆性を示すが、軟鋼が 250°C 付近で max を示したような極大値は示さなかった。

(iv) ダクタイル鉄鉄の低温から高温への強度変化は、普通鉄鉄が 400~500°C まであまり強度が落ちないのと比べ、かなりなめらかに下降しており、両者が低温で示す強度差も、高温ではいちじるしく接近している。

(v) ダクタイルの捩れ角の変化は逆に高温になるほど大きくなり、鉄鉄との差も大きく開いている。また鉄放しは低温で焼鈍と捩れ角に大差があるが、高温になると両者の差に急いぢまっている。青熱脆性も明瞭に表わした。

(vi) 振り試験後、顕微鏡組織に見られる奇形黒鉛については迂りのメカニズムに不明な点が多く結晶粒子の方向により迂り速度にいちじるしい相違が認められる。