

Fig. 2. 650°C creep rupture test results at 14.0 and 11.0 kg/mm<sup>2</sup> stress.

後の伸び絞りを示したものである。この図から明かにコンセル材の方が空气中熔解材よりもクリープ破断寿命、破断後の伸びおよび絞りが優れていることがわかる。すなわち空气中熔解材に比しコンセル熔解材はクリープ破断時間では荷重 14.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合は 3.5 倍、荷重 11.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合は 5 倍寿命が延びまた破断後の伸びでは荷重 14.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合 1.6 倍また荷重 11.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合 1.9 倍延性が增加している。また破断後の絞りでは荷重 14.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合 2 倍また荷重 11.0 kg/mm<sup>2</sup> の場合 1.6 倍増大している。

### V. 結 言

AISI 304 型ステンレス鋼について同一熔解より湯を分けて一方は空气中熔解のまま、他方はさらにコンセル熔解炉で再熔解を行ったものについて、高温短時間引張試験および 650°C クリープ破断試験を行いその高温特性の比較を行い次の結論をえた。

(1) 高温短時間引張試験の結果 0.02 および 0.2% 耐力、抗張力、弾性率は両者共ほとんど差異がないが伸び、絞りは後者が優る傾向にある。

(2) 650°C クリープ破断試験の結果、同一応力における破断寿命、破断後の伸びおよび絞りは後者の方がそれぞれ 3.5~5 倍、1.6~1.9 倍および 1.6~2 倍優っている。

(3) 650°C クリープ破断強度は 100, および 1000 時間強度においていずれも後者が 12% 前後優れている。

## (112) 管状試験片によるクリープ破断特性に関する研究

Study on Stress Rupture Characteristic of Tubular Specimens.

H. Maruoka, et alius.

住友金属工業, 鋼管製造所

大森 仁平・工丸 岡 秀 俊

### I. 結 言

高温高压下で使用される材料のクリープ試験あるいはクリープ破断試験は、従来丸棒試験片により一軸引張応力の下で実験が行われ、その結果は高温高压用ボイラ管の設計の基礎に用いられて来た。しかしながら、実際のボイラ管の応力状態は複雑であつて、これらのデータを応用するにはボイラ管の応力状態を充分解析して置くことが必要である。また、実際的な問題としてボイラ管の破裂事故の解明には、従来からの丸棒試験片におけるクリープ破断状態についての知識だけでは不十分な点がある。さらに、熔接部の高温強度についても同様であつて、丸棒試験片による熔接々手のクリープ破断試験は実際の管における熔接部の応力状態と異なり問題がある。これらの点を考慮すると、矢張り実際に近い状態で系統的な試験を行うことが必要であつて、管状試験片によるクリープ破断試験はこのような目的でもつて着手したものである。今回は試作した試験装置と二、三の実験結果について報告する。

### II. 試 験 装 置

この実験に用いた試験装置は Fig. 1 の通りであつて試験系は試験片、圧力調整容器、圧力計、圧力調整検出

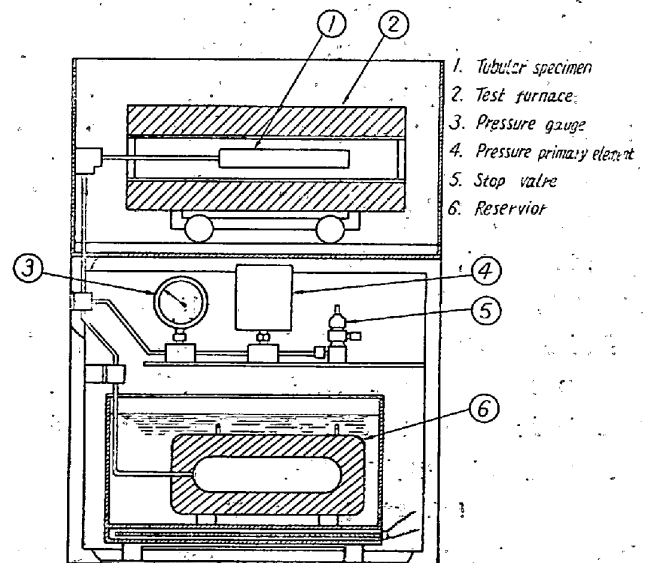


Fig. 1. Schematic diagram of the testing apparatus.

端、止弁から成っており、それらの間は細径ステンレス鋼管にて接続されておる。試験片を加熱する管状炉は、炉心管内にステンレス鋼管を挿入して破裂の際に噴出する高压蒸気による炉の破壊を出来るだけ防ぐと共に、全体を鋼板製の函の内にに入れてさらに安全面に注意するようにしておる。圧力調整容器は水槽内に設置して、容器内の水温が室温の変動による影響を鋭敏に受けることのないように考慮した。

試験の順序としては、まず試験片を所定の試験温度にまで加熱し、その後、水圧ポンプにて試験系内に高压水を送る。試験片内では、高压水は直ちに気化して過熱蒸気の状態に変わる。この場合、水と蒸気の比容積の差が非常に大きいことを利用することにより比較的簡単に高压をうることが出来る。しかしながら、高压水を入れるために試験片内の温度分布が非常に悪くなるので、炉を5分割してそれぞれ独立に電流調整を行いうるようにして、試験片の温度分布を是正しうるよう努力した。試験片は Fig. 2 に示すように  $47\phi \times 3.5t \times 350l$  の鋼管を用い、内部に中子を入れて試験片の内容積を出来るだけ少くして、加圧時の温度調整を容易ならしめるようにした。両端は溶接により封じるようにしておる。

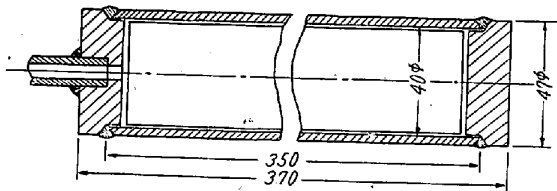


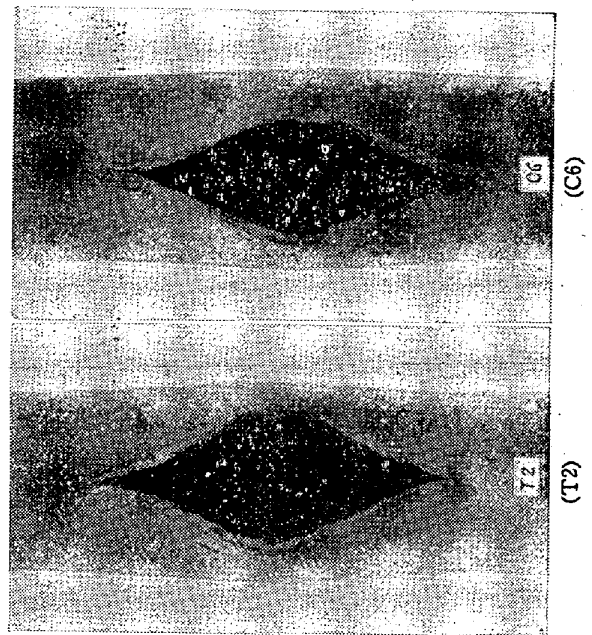
Fig. 2. Tubular specimen used.

実験としては試験片を破裂さすまで一定温度、一定圧力に保持しなければならないので、その間、温度、圧力の自動制御を行わねばならない。温度制御は従来からのクリープ破断試験と全く同一の方式にしたがつた。圧力制御は外部と遮断された試験系内が水と蒸気から成つておることを利用して、試験片の膨出にもなう圧力の低下は、圧力調整容器内の高压水を加熱してこれによる高压水の体積膨脹と一部蒸気への気化によつて圧力を回復さすようにした。すなわち、圧力検出端により圧力の変動を電気的変位として取出し、電子管計器により加熱、冷却の信号を圧力調整容器に送るようになっておる。このような制御方式により、温度制御は  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、圧力制御は  $\pm 7\text{kg}/\text{cm}^2$  の制御精度をうることが出来る。

### III. 実験結果

18Cr-10Ni·Cb および 18Cr-10Ni·Ti 鋼管について予備的な実験を行った。各材質について、破裂した試験片の外観はそれぞれ Photo 1 に示す通りである。

破裂孔附近には主として酸化によるものと考えられる切欠が多数存在しており、破裂はこれらの切欠の一つから



C 6	T 2
18 Cr-10 Ni · Cb steel	18 Cr-10 Ni · Ti steel
Test temperature 650°C	Test temperature 650°C
Test pressure 342 kg/cm <sup>2</sup>	Test pressure 286 kg/cm <sup>2</sup>
Rupture time 203 h	Rupture time 165 h

Photo 1. External appearance of ruptured specimens.

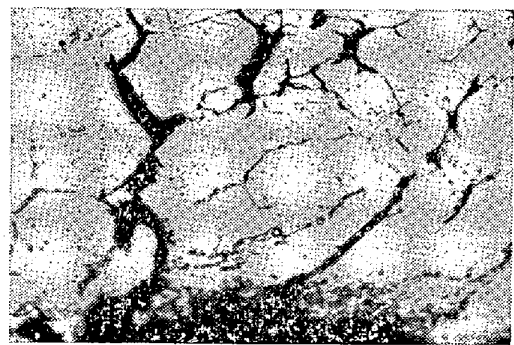


Photo 2. Notches which exist on the outer surface of tubular specimens  $\times 500(2/3)$

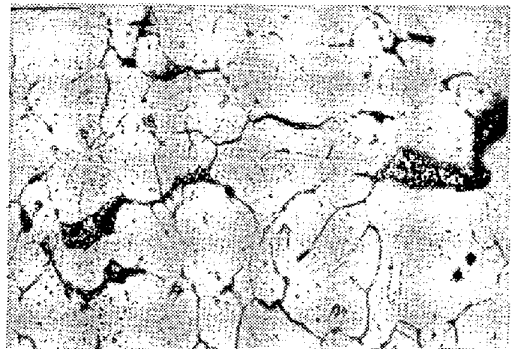


Photo 3. Grain boundary separation which exist in the neighbourhood of the ruptured part.  $\times 500(2/3)$

発達したものと考えられる。この破裂孔は実際にボイラ管にて見られる破裂事故例と非常によく似た外観を示している。Photo 2 はこれらの切欠の部分の顕微鏡組織を示すが、切欠は明らかにオーステナイト粒界に沿って進行しているのが認められる。Photo 3 は破裂面附近の顕微鏡組織であつて、破裂面附近ではオーステナイト粒界の分離が認められる。しかしながら、結晶粒の変形はほとんど見られなかつた。この管状試験片による実験結果について、円周方向の応力とクリープ破断時間との間の関係を対数グラフで整理すると、丸棒試験片による場合と同様直線的な関係がえられた。

IV. 結 語

以上管状試験片を用いたクリープ破断試験装置による破裂例が、実際にボイラ管に起つた破裂事故例とよく似ていることを知つた。今後は丸棒試験片による実験結果との比較を行うと共に、熔接部の高温強度についても実験を進めて行く考えである。

(113) オーステナイト結晶粒度に  
およぼすジルコニウムの影  
響について

Effect of Zirconium on Austenite Grain  
Size in Iron and Steel.

K. Mizukawa, et alii.

大阪大学工学部

工博 足立 彰・○水川 清・平岡 昇

I. 緒 言

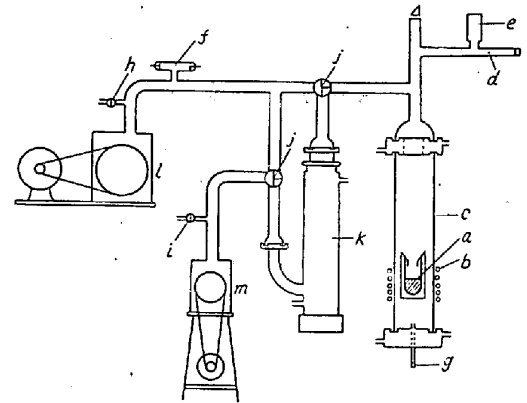
オーステナイト結晶粒度が鋼の性質に大きな影響をおよぼすことはよく知られており、結晶粒度の調整は製鋼技術上の重要な問題である。結晶粒度の調整には一般にアルミニウムが使用されており、これに関する研究も多い。しかし場合によつては砂疵が発生することもあるので、安全に、しかも容易に結晶粒度を調整することは、近年製鋼技術上の重要な問題となつている。昭和 30 年度総合科学研究費の一部を京都大学沢村教授より与えられ、著者等はジルコニウムによる鋼のオーステナイト結晶粒度調整について研究を分担した。

II. 実 験 方 法

電解鉄およびリムド鋼を、真空中、窒素雰囲気中、アルゴン雰囲気中および大気中で熔解し、種々の割合で予め熔製した粒度調整用 Fe-Zr 合金を添加して、結晶粒微細化ならびにその粗大化温度におよぼす Zr の影響を試験した。

i) 実 験 装 置

実験装置の略図を Fig. 1 に示した。熔解は 5 KVA の真空管式高周波発生装置を用いて行つた。真空熔解の場合は、コック g を閉じ、回転ポンプと油拡散ポンプで系内を  $10^{-4}$  mm Hg 以下にしてから温度を上昇せしめた。系内の圧力はアルファトロン真空計およびガイストラ管で測定した。ガス雰囲気中での熔解は系内を真空にした後、コック g を開き、清浄にしたガスを導入し、コック h より系外に排出せしめる。温度はプリズムを通して光高温計で測定した。



- a. Sample.
- d. Induction coil.
- c. Silica tube.
- d. Material tube.
- e.  $\alpha$ -iron vacuum gauge.
- f. Geissler tube.
- g. Gas inlet cock.
- h. Gas outlet & leak cock.
- i. Leak cock.
- j. Three way cock.
- k. Oil-diffusion pump.
- l. m. Rotary pump.

Fig. 1. Operating apparatus.

ii) 実 験 試 料

粒度調整用 Fe-Zr 合金は、Fig. 1 の装置を用い、真空中で電解鉄に金属ジルコニウムを添加して熔製した。Fe-Zr 組成は熔融温度の最も低い共晶組成の附近のものを作るようにした。試料の化学組成を Table 1 に記した。

Table 1. Chemical composition of materials.

Chemical composition	C	Si	Mn	P	S	Zr
Electrolytic iron	0.0090	0.00720	0.00280	0.00830	0.0018	—
Metallic Zr	—	—	—	—	—	99.89
Fe-Zr 1	—	—	—	—	—	12.05
Fe-Zr 2	—	—	—	—	—	10.55
Fe-Zr 3	—	—	—	—	—	12.75
Steel No. 1	0.11	0.24	0.46	0.018	0.023	—
Steel No. 2	0.06	0.07	0.26	0.032	0.031	—

iii) 試料の熔解

試料の熔解量はいずれの雰囲気の場合も 100g で、予め坩堝中に約 20g、残りを試料貯蔵用枝管内に装入しておき、坩堝内の試料が熔け落ちてから、磁石で枝管内