

Fig. 2. Relation between elongation and reduction for each fractures (Bend: break down)

顕著な傾向を有する。この場合屈曲折損のものは極めて分散が大きいが、これは上述のように異常破面を含むからである。よつて折損試料について、引張り破面種類別に層別して伸び—絞りの関係を調べて見ると Fig. 2 のごとく極めて明瞭なかつ興味ある傾向が得られた。すなわち

- (i) 破面が異常を呈する程 (F→Fg→g), 関係直線の $\tan \alpha$ は大きくなり, 逆に截片が小さくなる。
- (ii) 破面が繊維状で剪断せられたもの (Fsh) は繊維状破面のものより $\tan \alpha$ が小さく, 截片は大きい。
- (5) 伸び (%) による屈曲試験判定曲線の作製

上述の様に屈曲試験の成績には伸びおよび絞り (%) が最も高度に関係するわけであつて (ただし本供試材の場合) それ等の試験値から屈曲成績を推定することが出来る。しかして現場においては関係者の感によつて大体の推定を下している現状であるが, この際適当なる方法によつて屈曲成績をより適確に推定し得るならば極めて有利であると考え, われわれは一応伸び (%) を基準にとり推理論的に屈曲試験成績良否判定のための検出曲線すなわち O. C. 曲線 (動作特性曲線, Operation characteristic curve) を求めた。

III. 総 括

以上前報を通じ屈曲成績不良におよぼす代表的な因子について述べたが, まだ不明瞭な点が多いと思われる。従つてその要因は多種多様であつて単純には結論を下すことはできないが, 以上の結果を総合して考察を加えると

(1) 屈曲部に発生する微小割疵

この直接の発生原因は介在物にあるが, その発生頻度は材力特に伸び, 絞りの影響を受ける。換言すればその発生傾向は介在物と材力との合成効果によるとと思われる

が, 中には前者の影響が優先する場合と, 後者の影響が優先する場合とがある。

(2) Bend の折損

改めて記すまでもなく一般的に見て折損は伸び, 絞りの不足によるのが主原因であるが, 特別な例として屈曲部附近に介在物の集合偏析部やゴースト部がある時, あるいは dirty steel の時には例外なく折損することは多言を要しない。なお化学成分との間には関係が見られなかつた。

以上のように屈曲成績には介在物と材力とが大きく関係するわけであるが, こゝで材力に影響をおよぼす因子中特に介在物すなわち清浄度の影響が大であろうと思われる。筆者等はこの点について引続き試験を進めている次第である。

(90) 高温顕微鏡による鋼の高温クリープ破断に関する研究 (映画) (I) Studies on Creep Rupture of Steel by Hot Stage Microscope Observation (I)

T. Bada, et alius.

東大教授 工博 芥川 武

〃大学院学生 工修〇馬 田 豊 昭

I. 緒 言

近年耐熱鋼の研究にはクリープ試験が欠くべからざるものとして重要視されている。しかし金属の高温クリープ破壊に至る過程の研究についてはまだ充分ではない。特に破壊にいたるクラックがクリープ曲線上のどこで発生するかという問題は大切なことである。

加速クリープは, クラックが材料内に発生進行する際の挙動として理解される。著者らは高温顕微鏡観察によつて, クリープ破壊の挙動について研究を進めて来たので, こゝにその一端を報告する。

II. 実験方法および撮影

従来使用していた高温顕微鏡用加熱炉を改造した。その断面図を Fig. 1 に示す。荷重をかけるには二本のス

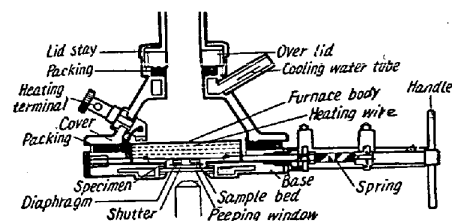


Fig. 1. Diagram of vacuum heating furnace for creep rupture test.

プリングを用い、予めスプリングの伸びと荷重との関係(バネ特性)を求めておき、試験片の単位面積当りの荷重を求めた。スプリングの伸びおよび試験片の伸び測定には二つのダイヤルゲージが用いられた。加熱線としてニクロム線を用い、真空ポンプ、撮影カメラ等の装置は前報と同様である。

(2) 供試材

第一回の実験として、結晶粒平均直径約 1.2mm の珪素鋼板を使用した。試料寸法は Fig. 2 に示す。V ノッチは破断箇所をきめるためにつけたものである。試料の化学分析値は C 0.075, Si 3.294, Mn 0.09, P 0.018, S 0.005, Cr 0.27, Ni 0.017, Cu 0.026 である。

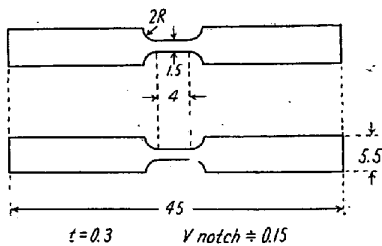


Fig. 2. Size of test piece.

(3) 撮影

第一、第二次クリープ過程は 5 秒間に 1 コマで、第三次クリープ(加速クリープ)は 1 秒間に 3 コマで撮影した。

III. 実験結果および考察

ダイヤルゲージにより試験片のクリープ伸びが記録され、クリープ曲線をプロットすることが出来る。この曲線の精度については問題があるが、クリープ過程の組織と相対的に調べる目安として充分価値がある。

温度荷重をかえ、そのクリープ曲線と、破断型式をしらべた結果を Fig. 3 に示す。

クリープ破断に至る過程の組織変化は大別して、結晶粒界の変形と、結晶粒内の変形とに分れる。

(1) 低温度高歪速度では、結晶粒内の変形が結晶粒界のそれよりも著しい。第一次第二次クリープにおいて粒内にスリップバンドからダブルスリップに成長し、更に fissure ができて、この fissure が第三次クリープに入るわん曲点でクラックとなり、急速にクラックが成長して粒内破断に至る。そして破断面は粒界破断面にくらべてなめらかである。そして破断面の周辺に顕微鏡で見られるべきクラックは余り存在しない。すなわち低温度高歪速度による短時間クリープ粒内破断では、加速クリープは断面積の減少による応力増加によつて生ずる粒内クラックによつて破壊がおこると考えられる。

No.	Temperature °C	Stress kg/mm ²	V Notch (mm)	Types of rupture
1	500	6	—	Transcrystalline
2	500	6	0.15	Transcrystalline
3	550	2	—	Intercrystalline
4	550	4	0.15	Trans-Intercrystalline
5	550	6	0.15	Transcrystalline
6	600	3→4	0.15	Trans-Intercrystalline
7	600	4	0.2	Transcrystalline
8	650	3	0.15	Intercrystalline

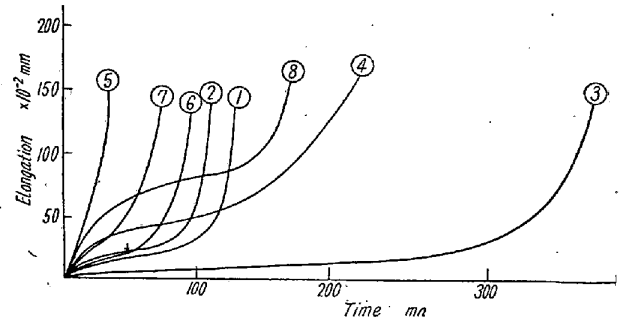


Fig. 3. Creep rupture curves and types of rupture.

(2) つぎに高温度低歪速度では結晶粒界の変形は結晶粒内のそれより大きい。第一次、第二次、クリープにおいては、粒内にスリップバンドが出来るが、それが fissure となり、その fissure がクラックとはならず、粒界の迂りおよび移動が著しく、粒界の迂りによつて粒界は広がる。粒界の移動は粒界の曲率中心に向つて行われるようである。第三次クリープに入るわん曲点において、粒界にクラックが入り、これが破断の原因となる。このクラックの密度は高温度低歪速度になると増加するように思われる。そして一般に破断面は粒内破断にくらべて凸凹が多く、また破断面近くに粒界の変形が著しく、微細クラックとなつている。すなわち高温度低歪速度の長時間クリープ破断では、加速クリープは粒界のクラックによる応力増加によつて生ずると考えられる。

(3) 供試材の再結晶温度は 580°~650°C であるが、粒内破断から粒界破断に移る遷移温度は本実験では精確にしらべなかつた。しかし常に結晶粒界が結晶粒内より破壊強度は弱いと考えられ、破断にいたる最初のクラックの核は粒界附近に発生すると考えられる。特に粒界の三重点については、Zener, Cottrell が示した破壊モデルと全く同じ模様を示した。すなわち結晶粒界が迂るとその端における結晶粒に塑性変形がおこり、こゝに応力集中が発生し、この高応力部分に空孔が選択的に集中して破壊にいたる可能性がある。

(4) V ノッチの影響は著しくわずか 0.15mm の深

さのものでも、このノッチに応力集中し、クラックがノッチに発生して破断する。ノッチの中はクリープが進むにつれて拡がって行き、ノッチの深さは、それに依りて浅くなってくる。ノッチの周辺にはクリープの初期から fissure が発生し、しかもこの fissure はノッチ面の法線方向に流れることが特長である。

IV. 結 言

高温顕微鏡によるクリープ破断の形態的研究を行った。その結果を示すと、つぎの如くなる。

(1) 第一次クリープ過程

(a) 粒内: スリップバンドの発生とその成長

(b) 粒界: 粒界の変位(粒界の迂りおよび粒界の移動)

(2) 第二次クリープ過程

(a) 粒内: ダブルスリップバンドの発生および fissure の発生とその成長

(b) 粒界: 粒界の変位(粒界の迂りおよび粒界の移動)

(3) 第三次クリープ過程

(a) 粒内破断: fissure の著しいものがクラックとなり、局部収縮をともなつて、こゝに応力集中して粒内破断する。

(b) 粒界破断: 粒界の変位の著しい所がクラックとなり、これが成長して応力集中がおこり粒界破断する。この場合、粒内破断にくらべて、破断がぜい性外観を呈する。

粒内破断、粒界破断共に、破壊に至るクラックはクリープ曲線上の二次から三次過程に移るわん曲点附近で発生することが明らかとなつた。

(文献省略)

(91) 千葉製鉄所の熱風炉について

On the Hot-Stoves at Chiba Iron and Steel Works, Kawasaki Steel Corp.

T. Nagai, et alli.

川崎製鉄, 千葉製鉄所

浅輪 三郎・○長井 保

当社千葉製鉄所第一高炉(公称能力 600t/d)に附属する熱風炉は Table 1 の如きディメンションを有するカウパース pass 式 3 基で、その 1 基当り加熱面積は約 11,000m² であるが、実績によればその熱効率は 91% に達し、950~1000t/d の高炉の生産量に対して 2 基操

業で、燃焼 55 分、送風(600°C) 60 分という良好な結果がえられた。従つて加熱面積 1m² 当りの効率は世界的水準に達し、しかも火入れ以来 3 年半におよぶ操業において一度も高炉休風の原因を作らなかつたということは生産面および熱管理の面で大きなプラスとなつてゐる。いま、その実績について特徴を列挙してみる。

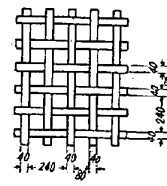
I. 熱効率を上昇せしめた要因

(1) スタックロスの低下(浅輪式煉瓦 Pat. No. 20, 057 による。Fig. 1 に示す S, Z 練瓦)

Table 1. Dimension of hot stove.

Type	Cowper, 2 pass
Total height	30 m
Diameter	7.5m
Combustion chamber	Cylindrical (dia. 2m)
Regenerative chamber	Kühn-type checker brick. { upper layer 180×180 middle " 190×70 under " 80×80 (Asawa-type)
Burner	Total wt. of checker brick. about 600t Freyn-type pressure-burner (cap. 25,000Nm ³ /h)

S, Z Type-checker brick



Z, Type

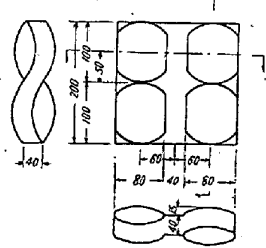


Fig. 1. Asawa type checker brick

烟道廃気ガスの顕熱損失は蓄熱室ギッターの適正な構造によつて低下されるが千葉では浅輪式煉瓦の採用によつて大巾に改善され、廃気温度は極めて重荷重の時でも 150°C 以下である。

元来ギッター部の熱の受授はそのチャンネルディメンションと気流速度の函数であるが一方加熱時におけるガス量に対し、送風時の空気量は 3~4 倍にも達するから、いずれの場合にも共通

した適当な速度という構造はありえない。単にディメンションを変えるだけでは eddy 一辺倒という結果にもなる。勿論 eddy を避けて turbulence flow を得ることが最良だが、このためにギッター目を過小にしたり、詰物をしたりすることは炉の寿命、ガスの洗滌度清掃等の点からよくない。

以上のことを考慮する場合、煉瓦の smooth な形状によつて与えられる静かな蠕動で、ガスの particles を残