

ても本報告の方式で結果を予測することが可能ではないかと考えられる。

V. 結 言

材料の欠陥に基因しない亀裂発生開始点の状況は、断面の縦横比と最大塑性伸とによつて決定されることを知つたが、材質と  $n$  および  $n_c$  との関係を確立するため、さらに実験を進める必要がある。

これらの力学的量と公称内側半径との関連性を知れば抗張試験から屈曲試験の結果を推定しうると考えられるのみならず、亀裂が発生した試験片について、その原因を推定することも可能である。

文 献

- 1) 下田博士他：日本鉄鋼協会第 53 回講演大会講演大要 p. 345~348

(78) 炭素鋼の高温変形能について

Hot-Workability of Carbon Steels

T. Koinumaru, et alii.

鉄道技術研究所

工〇小犬丸胤男・市川俊夫・佐々木秀

I. 緒 言

炭素鋼の高温変形能を測定した際日本製の鋼とスウェーデン製の鋼とでは、その変形能にかなり大きな差のあることが見られたので、この相違が何に基因するものであるかを知るために種々の材質調査をおこなつた結果を報告する。

II. 試料および試験方法

試料とした日本製およびスウェーデン製の炭素鋼はいずれも 25mmφ の丸棒圧延材より 8mmφ に鍛伸した後焼鈍したものをを用いた。試料の化学成分を Table 1 に示した。なお試料の符号 J は日本製を、S はスウェーデン製を示す。

高温変形能の測定は高温捩回試験によつた。試験片は

Table 1. Chemical composition (%) of specimens tested.

Mark	C	Si	Mn	P	S	Cu
1S	0.10	tr	0.39	0.010	0.013	0.03
1J	0.10	0.02	0.28	0.005	0.028	0.39
3S	0.28	0.26	0.37	0.020	0.019	0.03
3J	0.31	0.30	0.49	0.019	0.013	0.40
7S	0.69	0.25	0.18	0.033	0.007	0.03
7J	0.71	0.29	0.31	0.017	0.013	0.32
9S	0.92	0.30	0.19	0.031	0.012	0.01
9J	0.89	0.30	0.32	0.033	0.026	0.19

平行部の径 6mm, 長さ 60mm, 全長 300mm に仕上げ、管状電気炉中で 800, 900, 1000°C に加熱 10 分間保持後、捩回速度 10r.p.m. で捩回し破断までの捩回数および最大トルクを測定した。

材質試験としては捩回試験に用いた試験片について、真空溶融法による O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> の含有量測定, JIS による非金属介在物清浄度測定, オーステナイト結晶粒度測定などをおこなつた。

III. 試験結果および考察

(1) 捩回試験

a) 捩回数

各試験温度における破断にいたるまでの捩回数を Fig. 1 に示した。

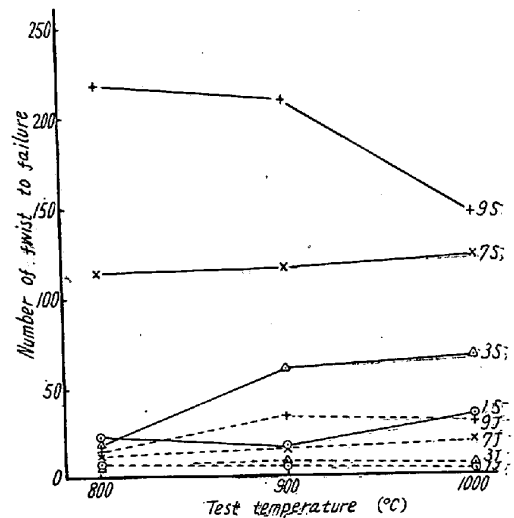


Fig. 1. Relation between test temperature and number of twist to failure.

まずあきらかなのは日本製の鋼がスウェーデン製の鋼材に比較していちじるしく捩回数が少ないことである。つぎに日本材, スウェーデン材いずれにおいても C% の多くなるほど捩回数は多くなる傾向が認められる。またスウェーデン材においては試験温度上昇にともない捩回数が増大し、図には示さなかつたが 950°C で最大を示し 1000°C ではむしろ低下する。これはいわゆる高温脆化域に入ったことを示すものであろう。日本材においては 0.1%C および 0.3%C のものでは温度上昇にともなう、捩回数の増加は見られずかえつて低下し 0.7%C および 0.9%C のものではやゝ増加しているが日本材はいずれも捩回数が少ないので脆化域ははつきりしない。

b) 変形抵抗

変形抵抗として測定トルクより近似的に求めた最大平均剪断応力を採つて見ると Fig. 2 のごとくなる。

変形抵抗はいずれの試料も高温になるほど少なくなる。

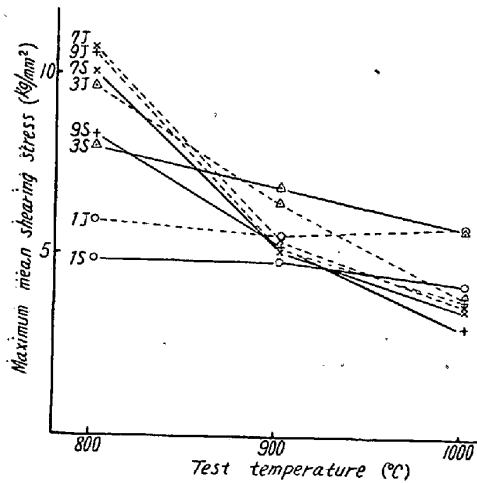


Fig. 2. Relation between test temperature and maximum mean shearing stress.

し、かつC%の増加とともに変形抵抗の減少割合は大きくなる傾向が認められる。またスウェーデン材と日本材とを比較すると一般にスウェーデン材の方が変形抵抗が小さく前述の振回数の多いこととともに変形能の優秀性を示しているが、やゝ例外的と見られるものに0.3% C材がある。すなわち0.3% C材においては900°C以上の変形抵抗は日本材より大きくなっている。

(2) 化学分析

試料の化学成分は Table 1 に示すとおりであるが、日本材は一般にS含有量がやゝ多いほかに試みに分析してあきらかとなつたCu含有量がスウェーデン材に比して多く試料9Jの0.19%を除きいずれも0.3~0.4%におよんでいる。

高温変形能におよぼすSあるいはCuの影響についてはすでにしばしば研究発表がなされており、供試日本材の振回数の低いこともこの場合はCu%の多い点にもとずくところが大きいと考えられる。

(3) ガス分析

真空溶融法により測定した供試鋼材中のO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>の含有量を Table 2 に示す。

まずO<sub>2</sub>含有量は日本材、スウェーデン材いずれもC%

Table 2. Gas composition of specimens tested.

Mark	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
1 S	0.0118	0.0016	—
1 J	0.0087	0.0052	—
3 S	0.0093	0.0013	—
3 J	0.0047	0.0078	—
7 S	0.0033	0.0011	0.0000 <sub>3</sub>
7 J	0.0035	0.0041	—
9 S	0.0025	0.0010	0.0000 <sub>2</sub>
9 J	0.0026	0.0113	—

の多いものほど少なくなつており、C%の多いほど振回数の多くなる前述の試験結果とともに考えるとO<sub>2</sub>の高温変形能におよぼす悪影響についての従来の発表が裏書きされるわけであるが、供試日本材の低変形能をO<sub>2</sub>の存在に帰すことは0.1% C および0.3% C のもので逆にスウェーデン材の方がO<sub>2</sub>含有量の多い事実より見てやゝ難点がある。

つぎにN<sub>2</sub>含有量は近似C%のもので比較すると供試日本材の方がすべてスウェーデン材より多く4~10倍の含有量となつている。日本材の中でCu%の比較的低い0.9% Cの場合もスウェーデン材よりいちじるしく少ない振回数を示すことより見て供試日本材の低変形能の一因としてN<sub>2</sub>の多いことを一応考えねばならない。

(4) 非金属介在物清浄度

J.I.S.にもとずき清浄度を測定した結果を Table 3 に示す。

Table 3. Dirtiness (%) of specimens.

Marks	A-Type	B-Type	C-Type	Total
	Inclusions	Inclusions	Inclusions	Inclusions
1 S	0.04	—	0.12	0.15
1 J	—	—	0.22	0.22
3 S	0.01	—	0.23	0.23
3 J	0.01	0.00	0.18	0.19
7 S	—	—	0.12	0.12
7 J	0.02	—	0.28	0.30
9 S	—	—	0.13	0.13
9 J	0.08	—	0.13	0.25

全般的にA系介在物は少なくB系介在物は稀れであり大部分はC系介在物である。また日本材の方がスウェーデン材に比較してC系介在物の含有量多く変形能の低いことと合致するが例外的に見られるのは0.3% Cのものでスウェーデン材の方が日本材より介在物含有量が多く900°C以上における変形抵抗が日本材に比較して大きいことを考えるとC系介在物の存在は高温における変形抵抗を増すものと見られる。

(5) オーステナイト結晶粒度

Table 4. Austenite grain size of specimens.

Marks	Austenite grain size (carburized at)		
	800°C	900°C	1000°C
1 S	7	5	4.5
1 J	7	6	5.5
3 S	6.5	4	3.5
3 J	8	7	5.5
7 S	6	5	4
7 J	8	6.5	3.5
9 S	6.5	5	4.5
9 J	7	4	3.5

800, 900, 1000°C において6時間滲炭後炉冷した試料についてオーステナイト結晶粒度を測定した結果を Table 4 に示す。

C% の近似した日本材とスウェーデン材を比較すると 0.7% C および 0.9% C の一部をのぞきいずれの場合も日本材の方が結晶粒度は小さいが、はなはだしく相違するものは少なく、変形能の相違を結晶粒度と関係づけるのは難しい。

#### IV. 結 言

日本製およびスウェーデン製の炭素鋼について高温振回試験および各種の材質試験をおこなった結果つぎのことがわかった。

(1) C% 近似の供試日本材とスウェーデン材を比較するとスウェーデン材は振回数大であり、変形抵抗は少ない。

(2) 供試日本材はスウェーデン材に比較して Cu 含有量が多くかつ N<sub>2</sub> 含有量も多いのが特長である。したがって供試日本材の低変形能の原因も成分的にはこの Cu および N<sub>2</sub> にあるものと考えられる。

(3) 非金属介在物は全般的に少ないのであるが、日本材の方がスウェーデン材に比較して多く、その影響として高温での変形抵抗を増加させている傾向が見られる。

### (79) 高温高圧用蒸気管の品質と製造について

#### Quality and Manufacture of High-Temperature and High Pressure Steam Tubes

K. Harada. et alii.

住友金属鋼管製造所

○原田 芳・中尾藤吉・岡本豊彦

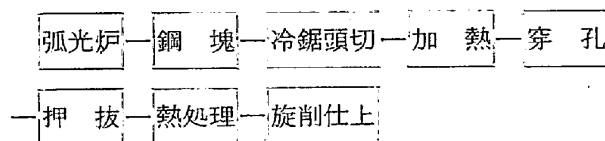
#### I. 緒 言

最近の火力発電プラントはますます大型化し、ボイラーも蒸発量 500t/h 以上、圧力 193 kg/cm<sup>2</sup> 温度 566°C に達している。このようなプラントの主蒸気管は外径 400~700 mm、肉厚 90~150 mm の大径厚肉管で、高温高圧にたえうることのほか、曲げ加工および熔接性が良好で、長時間使用しても材質的に安定で、熱応力に対しても安全であることを要する。本報告はこのような大径蒸気管の製造と品質に関して研究した結果をのべたものである。

#### II. 製造工程の概要

大径厚肉管の製造法としては Forged and Bore 法

と Hollow Forge 法の二種があるが、われわれの場合には後者のかつ Ehrhardt 穿孔後押抜をおこなう方法であり、工程の概要はつぎのとおりである。



われわれの場合の製造上の特色は 8~9t の鋼塊より直接穿孔をおこない押抜加工後内外面を旋削仕上するものであるから、或品の歩留は Forged and Bore よりも高くとくに重要な管の内面付近の鍛造比が高く品質的に良好であり、熱間加工でも旋削仕上であるから表面の欠陥は皆無である。

#### III. 製管に関する研究

##### (1) 製鋼上の研究

材質は JIS STT 42 D 級の 2<sup>1</sup>/<sub>4</sub> Cr-1 Mo-鋼が主として使用されるが、大径管を鋼塊から直接穿孔するので、鋼塊は良質のものでなければならない。すなわち疵の原因となるブローホールや非金属介在物の少ないこと、白点の原因たる H<sub>2</sub> 量の低いこと、クリープ強度のためにオーステナイトグレサイズが 5 以下であることが要求される。多数の鋼塊につきブローホール発生状況、グレサイズ、O<sub>2</sub> 含有量、Sol, Al 量を調査した。その結果 O<sub>2</sub> > 0.008% ではブローホールが発生しやすく、また Sol, Al < 0.007 でないとグレサイズは 5 以下にすることは困難である。これ等の点を考慮して Al 添加量を適当に調整することが必要で、当所の場合には約 250 g/t が適当であつた。非金属介在物は、鋼塊下部の内殻部に発生しやすいが非金属介在物の減少を計るために拡散脱酸法と強制脱酸法につき 16 heats の比較試験をおこない、精錬途上の溶鋼試料を調査し、還元期初期に強制脱酸する方が、非金属介在物と O<sub>2</sub> 含有量を減少させる効果の大であることをたしかめた。H<sub>2</sub> 含有量の減少のためには石灰石の使用、合金鉄および取鍋の加熱乾燥をおこなつて造塊で H<sub>2</sub> = 0.00025~0.00044% の低い値にたもち、かつ白点防止のため鋼塊は炉中徐冷した。

##### (2) 穿孔に関する研究

Ehrhardt 法の特徴を知るために、鉛による模型実験をおこなつた外、実物の 1/2 大の小鋼塊による予備的穿孔試験をおこなつた。すなわちストレインメーターを利用した穿孔力の変化の過程の測定をおこない穿孔過程の中期は概ね定常流に近似であることをたしかめるとともに、鋼塊に 18-8 鋼のピンを押込んで穿孔後縦断して metal flow を Fig. 1 のごとく確認した。したがつて