

IV. 結 言

長時間試験によりクリープ強度およびクリープ破断強度を求めたが、ASTM の data と比較的良好に合致した成績が得られた。然し Cr-Mo 鋼では自硬性のために熱処理によりいちじるしくクリープ特性が変化し、18-8系ステンレス鋼では試験時間中に組織変化がいちじるしくクリープ挙動も複雑であり、固溶化処理の温度は高温強度に大いに影響をおよぼすことが明らかとなった。

(162) 高 Cr フェライト鋼の遷移温度について

(高 Cr フェライト鋼の研究—I)

日本金属工業

塚本富士夫・〇矢ヶ崎 汎

Transition Temperature of High-Cr Ferritic Steels.

(Study on high-Cr ferritic steels—I)

Fujio TSUKAMOTO and Hiroshi YAGASAKI.

I. 結 言

高クロムフェライト鋼は高い切欠感受性を有し低温において脆性破壊を生ずる。クロム 15% 以上を含むフェライト鋼の脆性—靱性遷移温度は常温付近まで移行し、たとえば AISI 446 型ステンレス鋼材や Fe-Cr-Al 系電熱材は高温では十分な靱性を有するにもかかわらず常温における加工および運搬などの取扱中に、ときに厳寒時に脆性破壊をおこすことはしばしば経験されることである。

本研究においては AISI 446 型を中心とする高クロムフェライト鋼の研究の一環としてその実用的見地から衝撃試験により脆性遷移温度の挙動を検討し、これに対する合金元素、熱処理、加工などの冶金学的因子の影響を明かにすることを目的とした。

衝撃試験における遷移温度の決定についてはいろいろの方式があるがもつとも多く用いられるものは平均吸収エネルギーによる遷移温度である。このほか破面観察、応力—歪曲線の測定などから脆性破壊開始点をとるもの

などがあるが、靱性破壊から完全な脆性破壊に移行する遷移領域の温度範囲あるいは最大吸収エネルギーはいろいろの冶金学的因子により変化するので、これらの方法により唯一点の遷移温度の比較では必ずしもこれら因子の相互関係を見出すことはできない。このため本研究では吸収エネルギーの温度による変化曲線の挙動に注目した。

II. 試料および実験方法

試料は Table 1 に示す AISI 446 系ステンレス鋼で 200 kg 塩基性高周波炉または 100 kg 真空高周波炉で熔製した 16mmφ 熱間圧延丸棒を 750°C × 1 h W. Q. の標準熱処理を行なったのち、5×10×55, 2mm U ノッチのシャルピー衝撃試験片に成形の後 1 試験 2 試料を用いて -180°C より 200°C までそれぞれ寒剤、水浴、油浴を用い 1/2 h 試験温度に保持したのち試験を行なった。試料を取出してから破断するまでの時間は 3~4 s でありこの間の温度降下は無視した。

III. 実 験 結 果

1. 合金元素の影響

本研究で用いた試料範囲の成分変動は Ni を除き平均吸収エネルギーによる遷移温度には大きな影響は見られない。しかし衝撃値—温度曲線の挙動には差が見られ、たとえば Cr を 25~35% に増加すると最高吸収エネルギーに達するまでの遷移領域が広がる。また N が 0.05 から 0.38% まで増加すると完全な脆性破壊となる。衝撃値の急変する点は低温側へずれるが最高衝撃値にいたるまでの遷移領域は広くなりまた最高衝撃値も増加する。しかし平均吸収エネルギーによる遷移温度は N 量の増加とともに高温側に移行する。

Ni は少量の添加により遷移温度をいちじるしく移動させる唯一の元素であつて 1% の添加により遷移温度を -25°C まで下げる。2.6% 以上を添加するとオーステナイトを含む二相になり遷移温度は -80°C 以下に低下し最高衝撃値も上昇する。

高周波真空溶解炉にて熔製した材料は同一化学組成の大気溶解材に対し遷移温度がいちじるしく低くなるとともに遷移点近傍での衝撃値の変化がいちじるしく最高衝撃値も向上する。すなわちフェライト系ステンレス鋼の

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

	C	Cr	Ni	Si	Mn	N	Ti
Standard composition	0.08	25.5	0	0.5	0.7	0.20	0
Variation range	0.01	24.62	0.16	0.37	0.70	0.009	0
	~ 0.22	~ 34.41	~ 4.10	~ 2.50		~ 0.38	~ 0.34

常温付近の靱性はC, N量にかかわらず真空溶解によりいちじるしく改善される。

2. 熱処理の影響

遷移温度におよぼす熱処理の影響はきわめて大きく熱処理温度を高くすると遷移温度はいちじるしく高温側に移行する。また空冷材は水冷材よりも遷移温度が高温にずれる(Fig. 1)。熱処理温度が高くなると最高衝撃値も低くなるがNi 2.6% 以上を添加するとオーステナイトを含む二相になり再結晶温度が上るため 1100°C 処理で最高の衝撃値を示すが熱処理温度の上昇による遷移温度の上昇は高Ni材ほどいちじるしい。(Fig. 2)

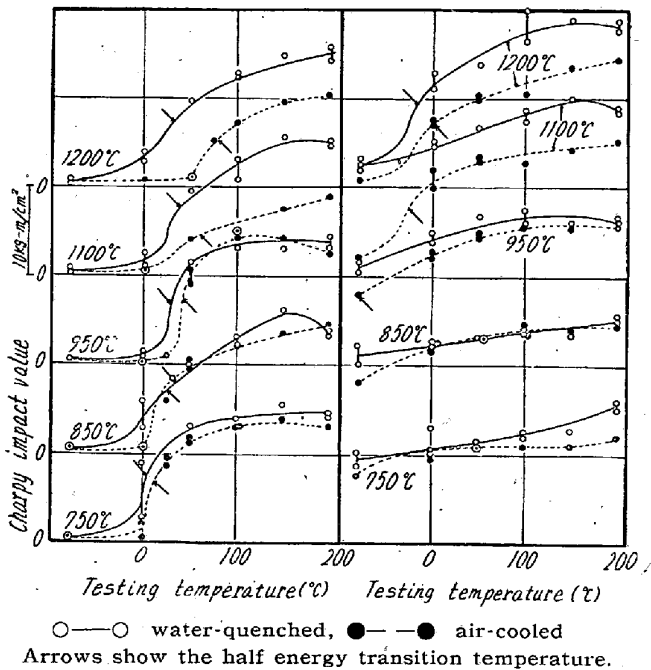


Fig. 1. Charpy impact value of 25Cr steel vs. testing temperature. Fig. 2. Charpy impact value of 25Cr-2.6Ni steel vs. testing temperature.

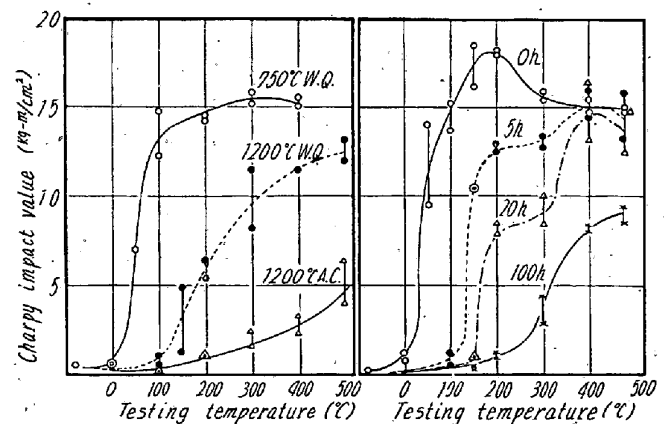


Fig. 3. Charpy impact value of 25Cr steel vs. testing temperature, after various heat treatments. Fig. 4. Charpy impact value of 25Cr steel vs. testing temperature, embrittled at 475°C for various hours.

このような熱処理温度の上昇による遷移温度の変化はとくにC, Nの高いものにいちじるしく、低C, N材では 750°C および 1200°C 水冷の場合の衝撃値—温度曲線の差は認められず空冷の場合のみやや低下する。低C, N 25Cr 鋼は全温度域にわたりフェライト一相であり結晶粒度は ASTM No.5 より1まで大きくなるが水冷材ではその影響がほとんど認められない。空冷材で遷移温度が高くなるのは微量に存在するC, Nによる炭化物などの微細な析出あるいは析出前の高応力状態によるものと考えられる。

これに対してCおよびNの高いものは 1100°C 以上の処理ではオーステナイトを生じ水冷の場合にはこれらはそのまま残るがフェライト粒界および粒内には微細な析出を阻止することができず、また空冷の場合にはこれら粒内の析出物は凝集するがオーステナイトはパーライトに変態する。この場合の衝撃値の挙動を Fig. 3 に示す。

高クロムフェライト鋼を 500°C および 700°C 付近で長時間加熱するとそれぞれ 475°C 脆性およびシグマ脆性によつていちじるしく靱性を失うことがよく知られているが、これら脆化処理を行なったものは最高衝撃値が低くなるのみでなく、いずれも遷移温度が高温側にずれまた遷移領域の中が広がる。(Fig. 4)

3. 冷間加工の影響

冷間加工を行なった材料はいずれも最高衝撃値が下り遷移温度が高温側に移行する。25Cr 鋼には歪時効の存在が認められ、これら加工材の 200°C 以上の衝撃試験では試験温度に 1/2 h 保持する間に歪時効を生じ衝撃値が下るため 100°C に最高値を有するようになる。

IV. 結 言

高クロムフェライト鋼の常温付近における脆性の挙動に対する合金元素、溶解法、熱処理、加工などの影響をシャルピー衝撃試験により追究しつぎの結果を得た。

- 1) 常温付近の脆性におよぼす各種の冶金学的因子の影響は平均吸収エネルギーによる遷移温度などの唯一点の数値では比較し得ず、遷移領域の中、最高衝撃値など衝撃値—温度曲線の全体の挙動に注目しなければならない。
- 2) 本研究にて実施した範囲では Cr, Ni を除き合金元素の影響は小さい。Cr は 35% までの増加により遷移領域の中を広げるが、Ni は 1% の添加で遷移温度をいちじるしく低下させ、2% 以上では -80°C 以下に下げる。
- 3) 真空溶解材はC, Nを含めた同一成分の大気溶解材に較べて遷移温度が低くなり最高衝撃値も向上する。

4) 熱処理温度を上げると遷移温度は高温側に移行し最高衝撃値が低下する。これは水冷材に較べて空冷材にいちじるしく、またC, Nの含有量の高いものほどいちじるしい。

5) 高温加熱による脆性, シグマ脆性および 475°C 脆性などはすべて最高衝撃値を下げるのみでなく遷移温度を高温側に移行し、また遷移領域の巾を広くする。

6) 冷間圧延材は最高衝撃値が低下し、遷移温度が上昇するが 200°C 以上の試験では試料を試験温度に保持する間に歪時効をおこし衝撃値が低下するため 100°C に最高値が見られる。

(163) 高 Cr フェライト鋼の高温変形能について

(高 Cr フェライト鋼の研究—II)

日本金属工業

塚本富士夫・〇鈴木 隆志

Hot-Ductility of High-Cr Ferritic Steels.

(Study on High-Cr ferritic steels—II)

Fujio TSUKAMOTO and Takashi SUZUKI.

I. 緒 言

フェライト系高 Cr 鋼は一般にオーステナイト系ステンレス鋼に比し熱間加工が容易なためこの熱間加工性に関する研究はきわめて少ない。しかし実際の熱間加工作業においては変形抵抗が小さいにもかかわらずしばしば割れ疵の発生する例を経験しておりとくに激しい加工を受けるスティーフェルマンネスマン穿孔機による穿孔作業にこの傾向がいちじるしい。

一般に金属の組織が加工温度において二相組織となる場合には高温変形能が低下することはよく知られているが 25Cr フェライト鋼は成分配合に依つて熱間加工温度で二相組織となるのでこれが変形能を低下させるものと考えられる。よつて 25Cr 鋼の高温変形能におよぼす化学成分、組織および結晶粒度などの冶金学的因子の影響について捻回試験により研究を行なつた。

II. 試料および実験方法

供試試料は第1報に述べたとおり AISI 446 型を中心としこれに C, Si, Cr または N などの添加量をい

ろ変化せしめた。溶解は 200 kg 塩基性高周波炉または 100 kg 真空高周波炉にて行ない 75 または 100 kg の鋼塊としさらに鍛造および熱間圧延により 16 mm 径丸棒とした。これを 750°C にて 1 h 均熱後水冷し平行部 8 mm ϕ \times 40 mm の試験片に加工し捻回試験に供した。捻回試験温度は 900~1300°C の範囲とし回転速度は 200 rpm と一定にして実験を行なつた。

III. 実験結果ならびに考察

1) 組織と変形能

各試料について試験した結果すべて Fig. 1 に示すように試験温度に対して山型の捻回値を示すものと谷型の曲線を示すものの2種類に分類することができる。前者は全温度範囲に亘つておおむねフェライト一相組織を示す鋼種で捻回値は一般に高い。最高値を示す温度は 1100~1200°C にありこれより低温では貫粒破壊であり、高い温度では粒界破壊を示している。完全フェライト鋼の熱間加工

温度は 1100°C 前後が適当であるといえる。一方谷型の捻回値を示すものは低温ではフェライト組織であるが高温では $\alpha + \gamma$ の二相となる鋼種群で捻回値は前者に比しはるかに低い。なお最低値を示す温度はほぼ 1100°C にありこれは変態温度に一致している。この結果より二相鋼においては 1100°C で熱間加工することは好ましくない

Curve	Specimen	C %	N %
(1)	RxV3	0.012	0.008
(2)	RxV5	0.06	0.042
(3)	RxV2	0.022	0.24
(4)	RxV1	0.06	0.26

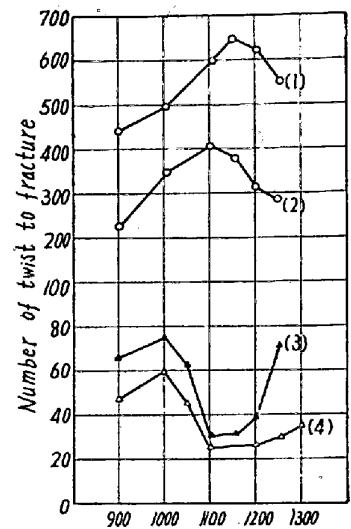


Fig. 1 Hot ductility of some 25Cr-N steels.

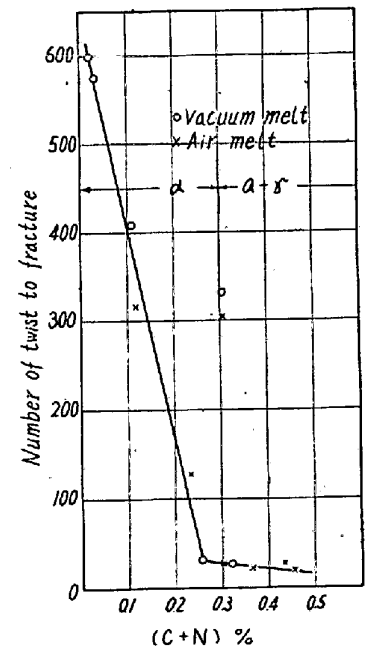


Fig. 2. Effect of (C+N) contents on hot ductility of 25Cr-N steels tested at 1100°C.