

のを1種砂疵, 黒づんでみえるものを2種砂疵とした。前者は主として silicate 系介在物, 後者は sulphide 系介在物の偏析によることが検鏡の結果わかった。

砂疵は長さを測定し長さの自乗に比例した weight を与え $\sim 10\text{cm}^2$ 当りの数値に換算した。

1種砂疵数値と鋼管の内面疵等級の関係の1例として Fig. 1 を示す。すなわち1種砂疵が増大する程鋼管の内面疵は多くなることがわかる。また鋼管で比較的疵の多いものと少ないもの各 20 本を選び管材の1種砂疵数値の平均値を比較すると前者の管材では砂疵数値 $2.82/10\text{cm}^2$, 後者では $0.89/10\text{cm}^2$ である。

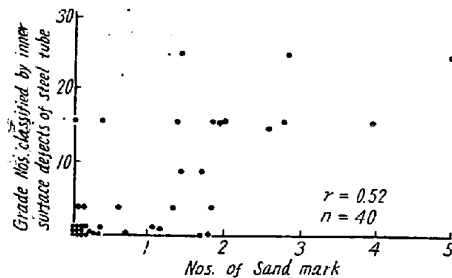


Fig. 1.

なお2種砂疵数値と内面疵との関係はないようである。

3. マグナフラックス試験

マグナフラックス試験で検出される欠陥は先の砂疵検査で検出された1種および2種砂疵がともにあらわれ, したがって鋼管で疵の原因とならぬ欠陥まで示していることがわかった。

4. サルファープリント試験

鋼塊頭部寄りの管材ではサルファープリントの濃厚偏析線の多少と鋼管の内面疵等級とは合致するものもあるが多くの場合サルファープリントの濃淡と鋼管の内面疵等級には明瞭な関係はないようである。

5. black spot 試験

10% 塩化銅アンモン水溶液で腐蝕し black spot を検出した。black spot は鋼塊頭部寄りになるほど多くなることが判り, これはサルファープリントでみられる濃厚S偏析線と一致するものが多い。本試験では管材の black spot の多少と鋼管の内面疵等級との関係との関係は明瞭でなかつた。この理由は池島, 森島の実験鋼と本試験鋼とは Mn/S, Mn% に差があるためと考えられる。

6. 鋼管の内面疵の顕微鏡検査

鋼管の内面疵はワレおよびフクレ疵に別けられる。顕微鏡試験の結果前者は sulphide および silicate 介在物に, 後者は silicate 介在物に起因することが判つた。

しかし管材内における介在物の分布は必ずしも一様ではなく断面中央附近に存在する介在物が疵の原因となることは勿論である。Fig. 2 はフクレ疵の鋼管内壁からの深さと疵巾 (silicate 介在物の中) との関係を示し, これより甚しいフクレ疵は管材内 $D/2$ 以内, 軽いフクレ疵は $2/3D$ 内 (D : 管材直径) の介在物が影響することが判つた。

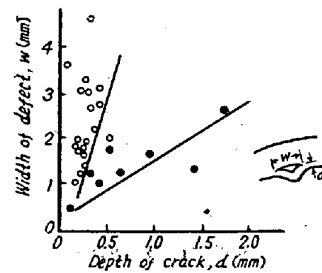


Fig. 2.

IV. 結 言

リムド鋼管材の材質を評価する試験法を調べるために管材で種々な試験を行ないこれと隣接した管材を製管し, 鋼管の内面疵との関係を調べた。その結果管材の縦断面の砂疵試験であられる1種砂疵と鋼管の内面疵に強い関係があることがわかった。

文 献

- 1) 池島, 森島: 鉄と鋼, 41 (1955) 17, 430
- 2) 井上, 他: 日本特殊鋼管研究報告 (1955, 56)
- 3) 加藤, 他: 鉄と鋼, 42 (1956) 878

(62) 構造用鋼管における機械的性質と熱処理との関係について

On the Relation between Mechanical Properties and Heat-Treatment of Structural Steel Tubes

K. Kawano, et alius.

住友金属工業, 鋼管製造所

理 三好栄次・○川野和男

I. 緒 言

構造用鋼管においては抗張力, 降伏点に高強度が必要であると同時に, 押広げまたは扁平等の変形に対する靱性もまた大きいことを要求される場合が多い。このような要求に対しては, 普通熱処理として焼入, 焼戻, または焼準を施すことにより要求を満足させることが多い。今回は熱処理として焼準を実施した場合の結果である。

降伏点 58kg/mm^2 以上のような高強度と, しかも変

形に対する大きな靱性を必要とされる構造用鋼管の製造にあたって、予備実験として数種の鋼種について実際製管を行ない、試作鋼管の焼準後の機械的性質と化学成分との関係について検討を行なった。その結果 C, Mn, Si, あるいは Mo 等個々の成分との相関性より寧ろ成分から理論的に計算した硬化能 (D_I) と機械的強度との間にいちじるしい相関性のあることが発見された。この結果に基き必要な強度に対応する硬化能 (D_I) の範囲を定めさらにこれより全く理論的に成分範囲を定めた。この場合硬化能 (D_I) におよぼす各成分の影響を成分相互の関連性を考慮して組合はせることにより、許容される硬化能 (D_I) 範囲はいちじるしく低いにも拘らず実際製鋼可能な成分範囲を定め得た。なお構造用鋼においてはアメリカでも硬化能の規格を設けている場合があるが、これは焼入に開するもので今回のような焼準処理のものにまでおよぼし得るとの保証はない。

本報は予備実験および成品の機械的強度と硬化能 (D_I) との関連性について検討考察した結果の報告である。

II. 予備実験結果

供試鋼管は 0.35~0.45C の Mn-Mo 鋼または Mn 鋼である。硬化能は M. A. Grossmann¹⁾ の方法に従い化学成分から計算した値であり、この場合オーステナイト結晶粒度は ASTM-No.6 に仮定した。

これらの硬化能 (D_I) と抗張力、降伏点との関係を示せば Fig. 1 のようになり両者の間には直線関係のあることが認められる。機械的強度のうち特に降伏点が問題となるので、降伏点と硬化能 (D_I) との相関係数を求

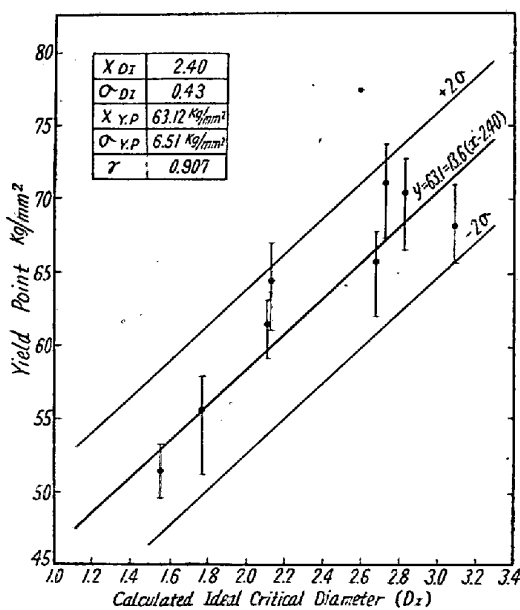


Fig. 1. Correlation between calculated ideal critical diameter (D_I) and yield point.

めたところ Fig. 1 に示すようにいちじるしい相関関係のあることが判つた。すなわち鋼管の強度を硬化能的観点から考察することは無理ではないようである。

以上の結果より、要求される諸性質を満足できる鋼管の成分範囲を決定する場合、先ず硬化能 (D_I) の範囲を定めこれよりそれぞれの成分範囲を定める手順が導かれる。

硬化能 (D_I) の範囲は次の考え方にしたがって定めた。すなわち最大値は変形に対する靱性を確保するために硬化し過ぎないように定めた。最小値に関しては実験結果について分散分析を行なった。その結果各 heat 毎に平均値を中心として正規分布をしていることが予期されたので計算式より限界値を求めた。このようにしてえられた硬化能 (D_I) の範囲は 2.0~3.0 であつた。

化学成分は上述の硬化能 (D_I) 範囲に入ればよいのであるが製鋼条件による変動の影響も考慮し、またなるべく広範囲のものをうるために成分相互の関連性を考慮して定めた。この場合 Mo は製鋼初期に分析できるので既知とすることができる。また Si は変動がいちじるしいが硬化能におよぼす影響は他の C, Mn, Mo 等に比して小さいので、その範囲のみを定めて他の成分との相関性は考えなかつた。なお P, S, Cu および Cr については含有量がいちじるしく少ないので、それ等の効果は一切無視した。C および Mn の量については Mo の値および Si の範囲に応じて、一例を Fig. 2 に示すごと

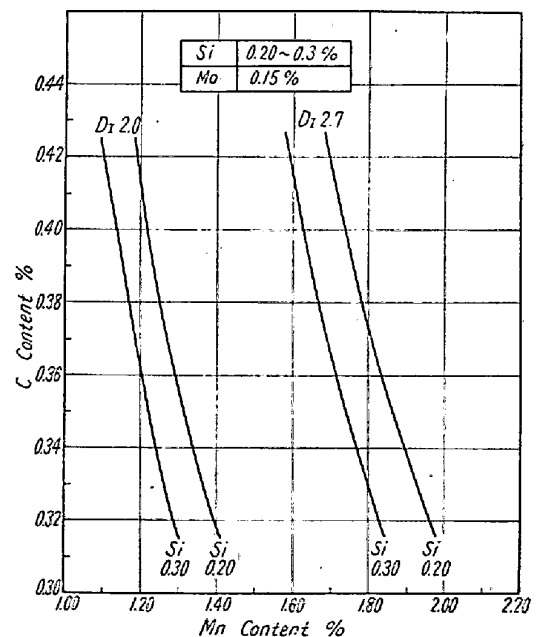


Fig. 2. An example of calculated curve for Mn content and C content. (These curves are prepared for various Mo contents)

く、ある程度相関性を考慮して多数の sheet を作りおのおのの範囲を定めた。硬化能の計算はすべてオーステナイト粒度を ASTM-No.6 と仮定し M. A. Grossmann¹⁾ の方法によつて行なつた。なお特に Mn 量については靱性を保つ目的で最高 1.80% に規定した。

以上の方法によりいちじるしく狭い硬化能 (D_I) 範囲の中で、製鋼作業上支障のない成分範囲を定めることができた。

III. 成品における硬化能(D_I)と機械的性質との関係

予備実験結果を基礎として、推計学的に求めた硬化能 (D_I) 範囲より定められた成分範囲で今日まで相当量の鋼管が製造されている。これら鋼管の機械的強度には勿論相当の変動は認められた。一例を Fig. 3 に示す。降伏点、抗張力と硬化能 (D_I) との間にはいちじるしい相関性が認められた。また Table 1 には機械的性質と化学成分および硬化能 (D_I) との相関係数を示した。これは過去数年間におけるすべての寸法の鋼管について行われている統計のうちの一部である。

この表から見れば、硬化能 (D_I) と機械的性質との相関係数は、重相関係数よりは僅かに小さいが各成分の単相関係数より大きい。併しいろいろな場合を考えると重相関係数より硬化能 (D_I) の方が良いことが多い処より、硬化能 (D_I) により機械的強度を推定する方法は、考えられる方法の中で最良のものの一つであることが確認できる。

IV. 結果の要約および考察

(1) 降伏点 58 kg/mm^2 以上の高い機械的強度と同時に変形に対する靱性についても高度の要求がある構造用鋼管の製造において、硬化能 (D_I) の概念を導入して試作に成功し現在まで多量の生産を行なつて来ている。これは僅かな予備実験結果について行なつた推計学的分析により必要な諸性質に対応する硬化能 (D_I) 範囲を決定し、さらにこの結果に基づいて全く理論的に成分範囲を定めたものであつた。

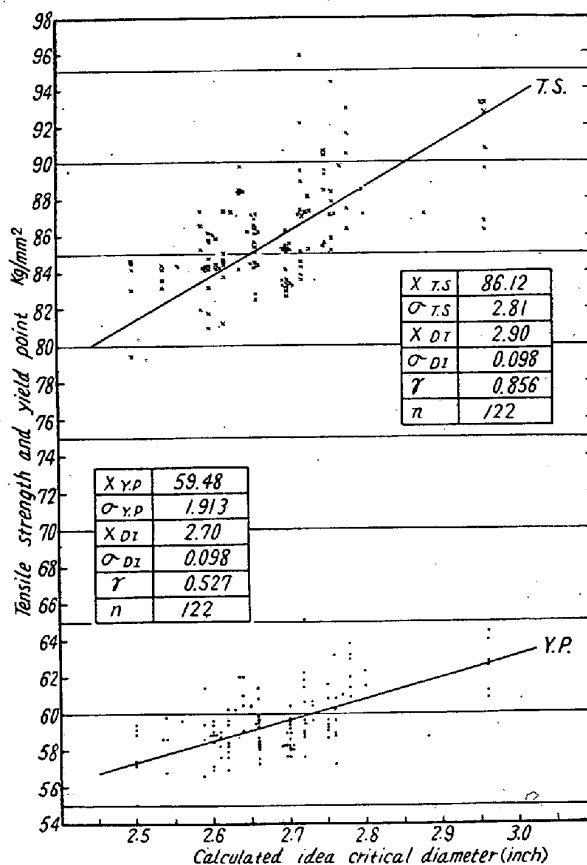


Fig. 3. Relation between calculated ideal critical diameter (D_I) and mechanical properties of normalized structural steel tube.

(2) かように吾々は焼準処理による構造用鋼管の製造に硬化能 (D_I) の概念を適用して成功したのであるが、このような例は所謂一般の硬化能 (D_I) に対する概念とは異なるものである。一般に硬化能についてはパーライト的硬化能とベーナイト的硬化能との両者に分けて考える必要がある²⁾。今回吾々が採用した Mn-Mo 鋼は焼準後の組織は全くベーナイトのみでパーライトは認められなかつたが、このような特性が今回の成果を収めた理由の一つであろうかと考えられる。他の鋼種、例えば Mn-

Table 1. Example of correlation coefficient of composition and calculated ideal critical diameter (D_I) on the mechanical properties of normalized structural steel tubes.

		Composition %				Multiple correlation of C, Si, Mn & Mo	Calculated D_I
		C	Si	Mn	Mo		
A	Y.P.	0.404	0.283	0.405	-0.010	0.500	0.456
	T.S.	0.518	0.393	0.406	0.268	0.637	0.623
	El.	-0.381	-0.347	-0.257	-0.157	0.470	-0.425
B	Y.P.	0.430	0.374	0.533	0.328	0.723	0.601
	T.S.	0.546	0.482	0.648	0.386	0.741	0.712
	El.	-0.437	-0.337	-0.521	-0.498	0.670	-0.630

Cr 系または Si-Mn-Cr 系等について全く同様の思想で実験したが、Mn-Mo 系と同等の硬化能 (D_I) では所時の成果を収めることができなかつた。

V. 結 言

高い機械的強度と同時に変形に対する大きな靱性を必要とされる構造用鋼管の製造で当つて、試作鋼管に対する予備実験結果から焼準後の機械的強度と硬化能 (D_I) との間にいちじるしい相関性のあることを発見した。この場合硬化能 (D_I) の許容範囲はいちじるしく狭いにも拘らず、理論的に製造可能な成分範囲を定め所期の鋼管製造に成功した。ただこれは Mn-Mo 鋼に特有な結果のように考えられ、他の鋼種にそのまま適用することは固難である。

文 献

- 1) M. A. Grossmann: Hardenability Calculated from Chemical Composition [Trans A.I.M.E. 150 (1942) p. 226~259]
- 2) J. H. Hollomon, L. D. Jaffe: The Hardenability Concept [A.I.M.E., Metals Technology Jan., 1946]

(63) 高温における鋼の変形能に関する研究 (VI)

(オーステナイト不銹鋼の高温高速度引張試験)
Study on the Hot-Workability of Steels (VI)

(High Temperature-High Speed Tension Tests of Austenitic stainless Steels)

T. Morishima.

住友金属工業、鋼管製造所 森 島 達 明

I. 緒 言

第5報までに報告したり、オーステナイト不銹鋼の高温変形能に関する研究は何れも高温振り試験によつたものである。鋼の高温変形能を知る試験方法として、高温振り試験は例えば高温抗張試験、高温屈曲試験等、他の試験法に較べると、変形能の良否をより明瞭かつ正確に知ることが出来ると考えられる。しかしながら高温振り試験は必ずしも万能ではないと思われる点もあり、また振り試験の場合は材料の変形に対しては主として剪断応力が支配的であるが、他の試験法の場合は引張応力が支配的である場合が多く、材料の破断に対する応力状態が他の試験法の場合とかなり異なる。したがって単に高温振り試験のみで変形能の一般的性質を云々することは不十

分と考えられる点もあり、矢張り他の試験法の場合についても検討しておく必要があるように思われた。そこでその試験法として高温高速度引張試験を考え、若干の実験を行なつた。

II. 試験装置ならびに実験方法の概要

実験のために製作した試験装置は、井上²⁾が鋼の高温

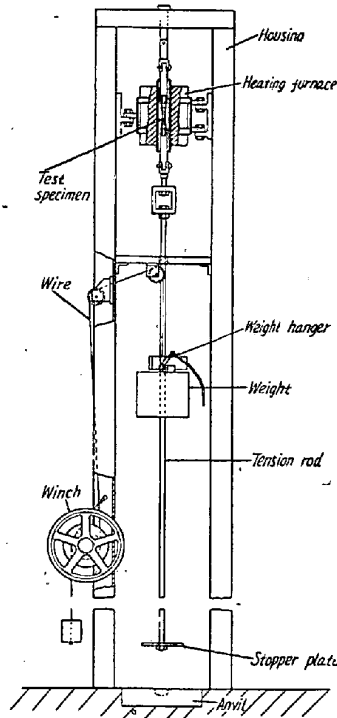


Fig. 1. High temperature-high speed tension testing machine.

変形抵抗の測定のため製作した装置とほぼ同じ機構のもので、その装置の概略を Fig. 1 に示す。この試験は試験機本体から垂直に炉中に吊り下げられた丸棒試験片を、試験片の下方に装置された荷重の自由落下によつて衝撃的に引張破断せしめその場合の伸びおよび絞りの値から変形能の良否を知ろうとするものである。試験片の形状は JIS 4 号タイプで、その寸法は平行部 60 mm, 標点距離 50 mm, 直径 10 mm である。この試験装置の全体の高さは約 3.2 m で試験を行なつた荷重の落下距離は 1.5 m, 荷重は 60 kg である。この場合の変形速度は正確には実測する必要があるが、池島³⁾, 井上²⁾, が行なつた方法に準じて、荷重の落下速度から計算すると約 901/sec 程度となる。試験片の加熱炉はエレマ炉でその温度勾配は炉の中心から上下 30 mm の間は約 $\pm 2.5^\circ\text{C}$ である。実験に供した試験材は従来の振り試験に使用したのと同じ材料で、18-10, 18-12-Mo, 18-12-Ti および 18-12-Cb ステンレス鋼の 4 種類である。その試験数は合計約 60 チャージである。試験温度は 1100 ~ 1300°C で、加熱時間は 30 分、加熱は空気中である。なおこの実験から材料の変形強度を求めることも可能であるが、変形強度については既にわが国でも池島³⁾, 豊島⁴⁾, 井上²⁾等の詳しい研究もあり、またこの実験は変形強度ではなく変形能を知ることが目的としたものである。ここでは材料の変形強度の点についてはふれないことにする。

III. 実験結果

実験の結果を検討する方法としては、従来行なつて来