

の鋼の A_3 変態点は 839°C であるので、横軸には冷却時のこの温度を 0s として記録した。Fig. 1 および Fig. 2 には、さらに各臨界点 z, f, p, e 点を通る各臨界冷却曲線が 500°C の水平線を切る各交点 C_z, C_f, C_p および C_e をも記入した。これらの各交点が指示する A_3 変態点から 500°C までの冷却時間を、それぞれ C_z', C_f', C_p' および C_e' 臨界冷却時間と呼ぶことにしている。これらの臨界冷却時間のうち、鋼材の溶接性および溶接条件の決定に最も関係深いものは初析フェライトの有無を表わす境界すなわち C_f' 臨界冷却時間である。

著者はすでに軟鋼および Mn-Si 系高張力鋼の圧延のまゝ、または焼ならしを行なった鋼材につき多数の連続冷却変態図を作成し、 C_f', C_z' および 50% マルテンサイト冷却時間とそれらの化学成分との関係を求めた。そこで上述によつて得られたそれらの値を、この関係図にプロットすると Fig. 3 のようになる。すなわち調質鋼 2H についても、測定点が大體この関係直線上にそれぞれ

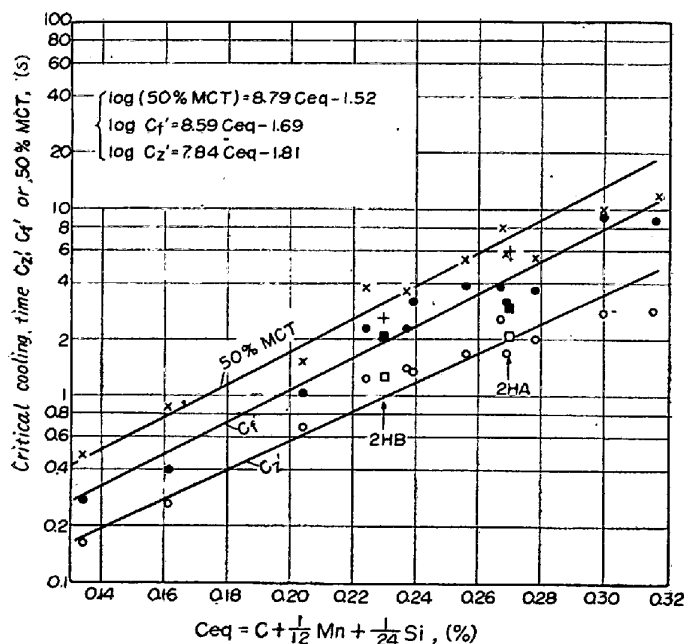


Fig. 3. Relation between carbon equivalent of steel ($C_{eq} = C + \frac{1}{12}Mn + \frac{1}{24}Si$) and its critical cooling times C_z', C_f' or 50% martensite cooling time.

れのがわかる。そして炭素含量がマンガン含量および珪素含量に較べて、 C_f' 臨界冷却時間などにいちじるしく敏感に影響するものであることがわかる。

(121) Cr-Mo 鋼片偏析部の熱間振り試験

(管用鋼片の熱間加工性について—Ⅱ)

日本鋼管川崎製鉄所、技術研究所

工 西尾 好光・工 耳野 亨

工〇久保寺治朗・成田 宏

Hot-Torsion Test on Segregation Zones of the Cr-Mo Steel Billet.

(On the hot-workability of round steel billets — I)

Yoshimitu Nishio, Tōru Mimino,
Haruo Kubotera, Hiroshi Narita

I. 緒 言

前報¹⁾(第 56 回講演大会)で水張り低炭素キルド鋼片の熱間加工性について触れたので、今回はボイラー用鋼管としてよく使用される Cr-Mo 鋼片の熱間加工性を熱間振り試験の結果に基づいて報告する。

II. 試験方法

供試鋼塊は 4 本で、その簡単な履歴とともに素鋼分析値を Table 1 に示した。鋼塊 C, D, E は ASTM-A213-56T-T₁₁ 規格に当るもので、鋼塊 I は同規格 T₂ に相当するものである。分塊圧延後、鋼塊位置で頭、中底部より供試鋼片を切断し、端面の Macro-etch を行い、偏析部の位置を明らかにして熱間振り試験片採取箇所を定めた。原則としては、鋼片と試験片の軸方向を一致させた鋼片軸平行試験片は、鋼片中心部と逆 V 偏析層にそつて採取し、中央部鋼片のみについては鋼片外周の無偏析部(樹枝状晶帯)からも試験片を採つた。なお E, I 鋼塊については試験片の軸方向が鋼片軸に直角な試験片も採取した。試験片の被振り部分の寸法は前報と同様 $10\text{mm}\phi \times 30\text{mm}$ で、試験回転速度は $980\text{rev}/\text{mn}$ とし

Table 1. Ladle Analysis of the ingots tested.

Ingot mark	Ingot weight (t)	Billet Diameter (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo
C	6.000	130	0.11	0.79	0.54	0.028	0.014	0.11	1.20	0.53
D	5.630	130	0.12	0.84	0.47	0.013	0.011	0.12	1.37	0.53
E	5.530	130	0.14	0.93	0.44	0.009	0.008	0.19	1.11	0.52
I	5.730	110	0.14	0.31	0.46	0.007	0.009	0.18	2.10	0.94

た。試験開始時の温度は $1000^{\circ}\text{C} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ とし、破断振り回転数を熱間変形能の判定基準とし、試験時のトルクをもつて加工エネルギーならびに加工時の温度上昇の目安とした。

III. 試験結果

鋼片軸に平行な試験片の破断振り回転数の温度依存性は水張り低炭素キルド鋼片ほど一般的な傾向を示さず、鋼塊位置により差が認められる。すなわち頭部側の鋼片は 1100°C をピークとするような山型を示し、中央部鋼片は 1000°C から 1200°C まで温度上昇と共に破断振り回転数は大きくなる。底部側鋼片はほとんど変化しない。全般的の水準は大体30回転位で、その差はほとんど5回転以内である。

鋼塊内位置による変形能の差を Fig. 1 に示した。

この図中の熱間変形能とは、各鋼塊ごとに中央部鋼片外周部の破断振り回転数を 100% として、各偏析部の回転数を表わしたものである。前報の水張り鋼塊では

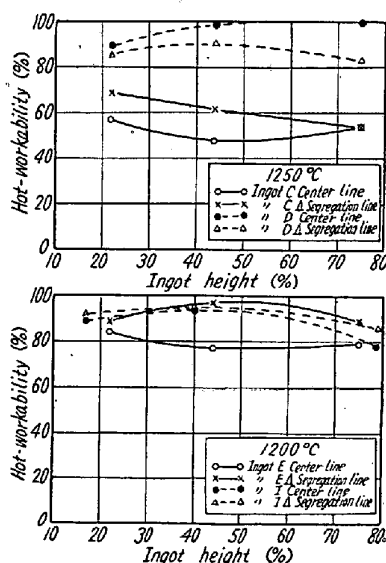


Fig. 1. Relation between hot-workability and ingot height.

鋼塊頭部の収縮孔に続く V 偏析層頭部の変形能が非常に劣ることを報告したが今回の鋼塊は全て押湯付鋼塊であるので、鋼塊内位置による差は余り見られず、C 鋼塊を除いてはほとんど 80% 以上である。このことは鋼片内部性状が押湯付鋼塊になるといちぢるしく向上し、収縮孔が残らないことのみならず、鋼塊頭部側の V 偏析、逆 V 偏析の偏析度も小さくなることを示していて、鋼片半切面での S-print, Macro-etch の結果と一致している。

C 鋼塊の変形能が劣ることは Fig. 1 で明らかである。この鋼塊は全般的に変形能が小さく、かつ鋼塊中央外周部の変形能も 20 回転から 29 回転にばらついていた。この主原因は Table 2 に示したように、鋼片での地疵が非常に多いことによるものと考えられる。偏析程度も他の鋼塊に比較して若干大きい、無偏析部の破断振り回転数がばらついたことから地疵が変形能を小さくした主因と推測される。一般に鋼塊中の横断面での地疵分布はその凝固状態により、鋼塊外皮から少し入った所

Table 2. Results of sand mark test.

Specimen Location in Ingot	C	D
Top	16.0-88.0-(15)	0-0-(0)
Middle	10.8-44.6-(8)	0-0-(0)
Bottom	14.4-52.8-(8)	0-0-(0)

が最高で、さらに内層になると減少し、中心部は沈澱晶帯を除いては少ないことが特徴であるが、この供試鋼塊は中心部でも相当の地疵が存在した。破断振り回転数水準は 1250°C で 10~17 回転で、水張り低炭素キルド鋼片の収縮孔圧着部に相当する。この程度の鋼片になるとマンネスマン穿孔機で穿孔する際に穿孔条件に注意しないと穿孔時内面疵を発生する。

Fig. 2 に鋼塊位置で中央外周部の破断振り回転数を示し、鋼種間の熱間変形能の差を明らかにした。温度依存性はほとんどなく、低炭素鋼に比較して T_{11} 鋼片では 70% T_{22} 鋼片では約 60% の破断振り回転数を持っている。Cr, Mo, Si とともにこの程度の添加範囲でも変形能を低下させることが知られているが、今回の試験では Si の影響がかなり大きいことが推測される。

鋼片軸に直角な試験片の試験結果 (Fig. 3), 鋼塊 I の中央部 1200°C を除いて、一様に試験温度とともに破断振り回転数は上つている。これは鋼片軸に平行な試験片の試験結果と一致しない。破断振り回転数水準は一般に平行な試験片に比べて低く、5~16 回転の範囲になり、変形能の異方性がかなりあることを示している。この程度の回転数範囲になると、高速回転による試験片の温度上昇は余りなく、かつ加工硬化の影響、試験片軸方向引張力による影響も少くなるため、温度依存性にも差が現われたものと考えられる。試験時の温度上昇が少いこと

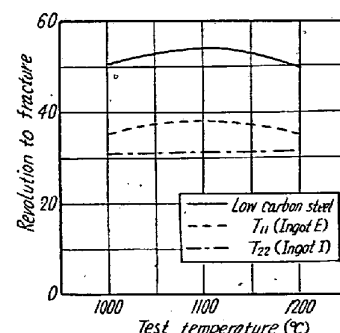


Fig. 2 Results of hot-torsion test on the sound zone.

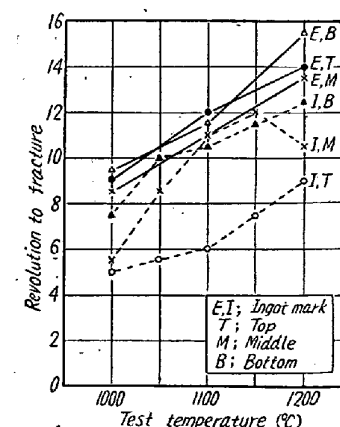


Fig. 3. Results of hot-torsion test of the transverse specimen.

から、穿孔時の鋼片の変形能の温度依存性を考慮する場合は Fig. 3 の方が真の姿に近いものと考えられる。またこれらの点は試験片の破断形式にも影響をおよぼすものと推測される。

熱間捩り試験時のトルクを Fig. 4 に示した。

T₁₁ 鋼片と T₂₂ 鋼片と

の間には大差なく、低炭素鋼に比較すると 1100

°C では約 40%, 1200°C では約 10% 程度増加している。鋼塊内位置別の差は測定誤差範囲内で認められなかった。

IV. 結 言

(1) Cr-Mo 鋼片の熱間変形能は低炭素鋼片の約 60~70% である。

(2) 押湯付鋼塊では鋼塊内位置による変形能の差は少なく、これは水張り鋼片に存在する収縮孔圧着痕がなくかつ頭部偏析程度も小さくなるためと考えられる。

(3) 1000°C から 1200°C までの範囲では温度の上昇とともに鋼片の変形能は大きくなるものと推測される。この場合高速回転で変形能の温度依存性を調査するためには、鋼種により試験片寸法を適当に選ぶ必要があることを暗示した。

(4) 地疵も S の偏析と同様に鋼片の変形能を劣化させ、その程度も比較的大きく、変形能が 50% 程度にもなる場合がある。

文 献

- 1) 西尾, 他: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1053

(122) Si-Mn 鋼, Si-Mn-Cr 鋼におよぼす B および Mo の影響

(構造用高抗張力鋼の研究—Ⅱ)

東都製鋼

工博 浅野栄一郎・工〇石田 徹

Effect of B and Mo on Si-Mn and Si-Mn-Cr High-strength Steel.

(Study on high-strength structural steel—Ⅱ)

Eiichiro Asano, Tōru Ishida.

I. 緒 言

前回 (本協会昭和 33 年度秋季大会) において著者らは Si-Mn 系高抗張力鋼におよぼす V および二, 三の元素の影響について実験し報告した。今回は Si-Mn 系および Si-Mn-Cr 系鋼に対し, それぞれ B 単独および B と Mo を併用添加した鋼について諸性質を調査研究し, 調質用高抗張力鋼研究の一環とした。

II. 試料および実験方法

試料は十数種類の添加成分のものにつき高周波誘導炉で各々熔製し, 10 kg インゴットに造塊した。これを 35 mm φ ビレットに鍛造後, 現場の小形圧延機で 16 mm φ 丸棒に圧延し実験に供した。またジョミニー一端焼入試験用には 35 mm φ ビレットより切削採取した。試料は Table 1 の如き 4 つの系統に分類することができる。すなわち従来の Si-Mn 系に B を単独に加えたもの, B+Mo を加えたものおよび Si-Mn-Cr 系に B を単独で加えたもの, B+Mo を加えたものの 4 系統である。熱処理は前報に準じて 950°C × 1 h 加熱後空冷したもの他に, 今回は調質性を調べるのが主であるので, 焼入焼戻処理を詳細に行なった。焼入は 950°C × 30 mn 加熱後油中に焼入し, これを 500~700°C にて焼戻した。試験は, 焼入焼戻した試片につき, 硬度, 引張り試験および顕微鏡組織を鏡したるほか, ジョミニーの一端焼入試験を行なつて, 焼入性を調査し, H バンドを作成して

Table 1. Typical chemical composition (charged %) of the specimens.

Series		Chemical compositions. (charged %)						
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ti	B
1	Mn-Si	0.15	0.50	1.30	—	—	0.1	0.005
2	Mn-Si-Cr	0.20	0.50	1.50	0.5	—	0.1	0.005
3	Mn-Si-Mo	0.15	0.50	1.30	—	0.5	0.1	0.005
4	Mn-Si-Cr-Mo	0.20	0.50	1.50	0.5	0.5	0.1	0.005