

値を測定値とし、これを 10 グリッドについて行つた。これらの結果のうち、850°C 焼入試料の測定結果を、Table 2 に示す。

Table 2. Measured by naked eyes compared with the standard chart.

	Replica No.1	Replica No.2	Replica No.3
Mean value	10 ⁺ 1	10 ⁺ 2	10 ⁺ 1
Variation	1 ⁺ 53	1 ⁺ 32	2 ⁺ 37
Standard deviation	1 ⁺ 24	1 ⁺ 15	1 ⁺ 54
Standard error	0 ⁺ 39	0 ⁺ 36	0 ⁺ 49

このように極めて誤差が少く、また統計的に推定される必要な測定視野は 100 視野で充分である。またレプリカ毎の有意差も認められない。即ち標準チャートによる肉眼判定の場合は炭化物の偏析も十分にカバーされていることが判る。

(4) 標準チャートによる肉眼判定法の個人差について

上述の方法が確立されたので、この方法による判定者の個人差を検討した。簡単な比較試験によつたが、その結果、個人差が極めて小であることが認められた。これは電子顕微鏡組織が極めて倍率が高く、炭化物が大きく認められるためであろう。

III. 結 論

高炭素焼入鋼中の残留炭化物面積比を測定する方法として、電子顕微鏡による種々の方法を統計的に検討した。その結果、標準チャートによる肉眼判定が最も簡易であり、かつ正確なことが判つた。この標準チャートを作成し、その測定方法を決定した。

文 献

- 1) 上野 学: 鉄と鋼, 41 (1955) p 278
- 2) 佐藤知雄他: 鉄と鋼, 41 (1955) p 311
- 3) R. T. Howard & M. Cohen. A. I. M. M. E., (1947) Tech. Pub. No. 2215

(10) 微量 Ferro-Ti 処理による特殊鋼の靱性改善に関する研究

(Study on the Toughness Improvement by Addition of the Small Amount of Ferro-Ti to Special Steel)

Toshio Saito.

防衛庁技術研究所 斎藤利生

I. 緒 言

従来鋼中の S は所謂不純物としての害のみが認められ優良鋼材特に特殊鋼においてはできるだけ S を低く止めることが奨められている。その S の主要な害としては、特殊鋼における靱性低下と大型鋼材におけるゴーストとの 2 つと考えてよいであろう。これ等の S の害を防ぐためには普通 Mn の添加のみが有効とされていたが、理論上完全に S の害を防ぐには S 量の数十倍の多量の添加を必要とし、また特殊鋼においては Mn の多量の添加は脆性を招く結果となることも報告されている。

最近 Ti は S とも親和力が著しく大きいことが認められ、著者は Ti の親和力が鋼中において N₂, S, C の順であることを実験的に明らかにした。Ti と S との関係においては、S 量の 2 倍の Ti 量が鋼中に存在すれば鋼中の S は全部 TiS となり、S としての害は消失することが判つている。筆者は Ti 鋼の研究中この Ti と S との関係に着目し、鋼材の S 害の軽減策として微量の Ti 添加を応用し得ることを考えて本実験を行つた。

鋼中に多量の Ti を添加することは歩留りの関係で極めて難しく造塊および爾後の加工において種々の困難を伴うが、本実験においては斯る多量の添加は対象とせず総て Ti 投入量 0.1% として実験した。従つて歩留量としては鋼種により区々で脱酸、脱窒の影響も相当大きいことも考えねばならない。微量 Ferro-Ti 処理と名付けたのは、かかる理由による。

II. 実験第 1: 小鋼塊に於ける実験

まず実験室的に熔製したる 5 kg 鋼塊に Ferro-Ti 処理を行つた場合の影響について、構造用鋼を主とする実用特殊鋼 12 種類を選び 2 チャージに同一条件で熔製してその 1 に Ferro-Ti を tap 前に投入して比較試験した。供試材の化学成分は Table 1 に示した。

鋼塊は熔製後縦割して断面を macro-etch および sulphur print を採り、爾後 12mm 角に鍛造して Charpy 試片を採り残部から Jominy 試片 1 枚を作製して試験に宛てた。

1. 実験結果: 靱性測定用として作製した Charpy 試片は焼入温度に 1/2h 保持、油焼入後 300~700°C の各温度に 1h 焼戻油冷して硬度および衝撃値の変化を測定した。靱性におよぼす影響は硬度と衝撃値との関係から同一硬度に対する衝撃値の大小により判定した。

Mn 鋼は Ti 処理により衝撃値は著しく高くなるが硬度も全般的に著しく低下する。然し靱性においては概ね

Table 1. Chemical composition of tested materials

No.	Materials	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ti
1	Mn	.25	.28	1.00	.018	.029	.15	.05			
1 T		.25	.28	1.01	.016	.039	.15	.06			.02
2	Cr	.33	.25	.34	.019	.020	.13	1.07			
2 T		.32	.025	.34	.021	.019	.13	1.08			.03
3	Cr-Mn	.32	.29	.91	.023	.023	.13	1.11			
3 T		.31	.30	.87	.022	.023	.11	1.10			.04
4	Cr-Mn-Mo	.27	.30	.88	.021	.023	.11	1.10	.29		
4 T		.30	.30	.88	.021	.022	.11	1.10	.19		.04
5	Cr-Mn-Mo-V	.31	.29	.89	.020	.022	.11	1.11	.28	.13	
5 T		.31	.29	.91	.020	.020	.13	1.12	.28	.13	.06
6	Cr-Mo	.18	.28	.32	.012	.026	.21	1.11	.20		
6 T		.18	.27	.32	.012	.027	.15	1.12	.22		tr
7	"	.29	.27	.32	.019	.023	.11	1.09	.30		
7 T		.30	.27	.32	.020	.023	.05	1.08	.28		.02
8	"	.40	.30	.34	.024	.033	.13	1.10	.30		
8 T		.42	.30	.29	.023	.030	.15	1.08	.30		tr
9	"	.79	.35	.32	.023	.034	.13	1.03	.31		
9 T		.81	.35	.26	.023	.029	.09	1.07	.31		.05
10	Ni-Cr-Mo	.32	.30	.36	.013	.020	3.13	.85	.28		
10 T		.31	.29	.32	.012	.016	3.15	.84	.28		.04
11	Cr-Mo-V	.41	.34	.36	.024	.026	.15	1.59	.30	.13	
11 T		.43	.34	.36	.017	.016	.15	1.57	.31	.10	.04
12	Si-Mn-Cr	.29	1.06	.96	.019	.016	.07	1.06			
12 T		.29	1.07	.87	.021	.026	.07	1.04			.04

Table 2. Results of small amount of Ferro-Ti addition in steel.

No.	Materials	Ti%	Difference of grain size	Difference of hardenability	Increase of toughness	Results
1	Mn	.02	large	large	small	effective
2	Cr	.03	large	large	none	no effective
3	Cr-Mn	.04	large	large	large	effective
4	Cr-Mn-Mo	.04	large	large	large	effective
5	Cr-Mn-Mo-V	.06	middle	small	small	small effective
6	Cr-Mo C.18	tr.	middle	small	none	no effective
7	" C.30	.02	small	large	none	no effective
8	" C.40	tr.	small	large	large	effective
9	" C.80	.05	small	large	large	effective
10	Ni-Cr-Mo	.04	middle	small	large	especially effective
11	Cr-Mo-V	.04	none	small	none	no effective
12	Si-Mn-Cr	.04	small	large	large	effective

よい結果が認められる。

Cr 鋼は硬度低下と衝撃値の向上とが現われているが靱性においては殆んど同一で、Ti 処理の影響は見られない。

Cr-Mn 鋼では硬度の僅かの減少に対して衝撃値の著しい増加が見られ靱性においても明瞭な増加が認められる。

Cr-Mn-Mo 鋼では焼戻温度の低い範囲で硬度、衝撃値共に増加しており、靱性も硬度の高い部位で増加が認められる。

Cr-Mn-Mo-V 鋼では低焼戻温度の範囲で僅か乍ら硬度、衝撃値共に増加しているが、高温焼戻域では衝撃値は低下する。靱性も低硬度の範囲では減少している。

低炭素 Cr-Mo 鋼では硬度の減少と共に衝撃値の増加

が見られ、靱性においては略々同一と見做し得る。0.3% C 鋼においても大体同じ傾向であるが、靱性は僅かに減少が認められる。0.4% C、0.8% C と C 量が増加すると硬度の低下は殆んどなくして衝撃値のみが高くなり靱性においても明瞭に増加が認められる。

Ni-Cr-Mo 鋼においては硬度は殆んど変化なく、衝撃値のみが増加し明瞭な靱性の増加が見られる。

Cr-Mo-V 鋼では高温焼戻域で僅か乍ら硬度を増すと共に衝撃値を低下し、靱性においては全く変化は見られない。

Si-Mn-Cr 鋼においては硬度を稍々低下し衝撃値は稍々増加しているが靱性においては改善が認められる。

以上の靱性測定結果は Ferro-Ti 処理による結晶粒微細化作用とこれによる焼入性の低下も関係しているか

と思われるので、これを確かめるため次に焼入性を Jominy test により、また結晶粒度は学振法滲炭により測定した。

2. 実験結果の考察: 以上の測定結果を纏めると、Table 2 の如くである。Ferro-Ti 処理の影響を結晶粒の微細化作用に基くものとするならば、粒度の差の大なるもの程焼入性の差は大きく、また靱性の増加も著しく現われる筈であるが、Table 2 の結果では統一された結論は示さず粒度の差は小さいものでも焼入性の差が大きく現われたり、或いは焼入性の差は小さく靱性の増加が著しい等区々の結果を示しており一概に結晶粒度の影響と断することはできない。

最も有効と考えられるものは Ferro-Ti 処理により結晶粒度を微細化するが焼入性の減少は少なく、かつ靱性を増加するものが理想と考えられる。Table 2 の中でこれに該当するものを拾えば Ni-Cr-Mo 鋼が挙げられる。次に焼入性は多少犠牲にするが靱性増加の著しいものは、Cr-Mn, Cr-Mn-Mo, C 0.8% の Cr-Mo, Si-Mn-Cr 等の鋼種がある。

この微量 Ferro-Ti 処理による靱性の改善効果は Cr-Mn 鋼において 0.04% の Ti 添加は 0.29% の Mo 添加より有効であり、更に Cr-Mn-Mo 鋼における 0.04% の Ti 添加は 0.13% の V 添加の効果に略々匹敵していることが認められる。Mo や V の高価な合金元素と比べて安価で入手容易な点、実にこれ等の 1/3 以下の微量で同等の靱性の改善を期待し得る点で将来有望な添加剤として考えられる。

鋼種から判断すると Cr, Mo, V 等の炭化物生成元素を多く含むものにおいては効果は少なく、Ni, Mn 等の元素と共存した場合に効果的であり、特に Mn による脆性の軽減には最も有効と考えられる。

III. 実験第 2: 実用鋼塊に於ける実験

小鋼塊の実験では Ni-Cr-Mo 鋼において最も好結果が得られたので更に進めて実用鋼塊について微量 Ferro-Ti 処理の影響を確かめた。

実験は先ず 1.5t 鋼塊炭素鋼および Ni-Cr-Mo 鋼につき試験の後、製品の Ni 鋼ピニオン 5t 鋼塊および Ni-Cr-Mo 鋼翼車 6t 鋼塊について実用化を兼ねて試験を行った。

以上の例では炭素鋼の場合は好結果は得られず、他の Ni 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼においては小鋼塊の場合と同様に極めてよい結果が得られた。

IV. 結 言

鋼中に添加した Ti が S と特別の関係の有することから従来 S 害として考えられている特殊鋼の靱性低下の対策として微量 Ferro-Ti 処理の利用を考え、小鋼塊における各種特殊鋼並びに実用鋼塊について影響を調べた結果次の事が明らかとなった。

1. 特殊鋼の靱性増加元素として Ti は Mo, V 等より微量にしてこれに匹敵する効果がある。特に Mn による脆性の軽減には最も有効と考えられる。
2. 鋼中に Cr, Mo, V 等の炭化物生成元素を多く含むものには効果は少く、Ni, Mn 等の元素と共存した場合特に効果的である。
3. 微量 Ferro-Ti 処理による鋼材の結晶粒微細化作用は著しい。
4. 炭素鋼に対しては本処理は殆んど効果は認められない。
5. Ni-Cr-Mo 鋼において本処理は特に有効と考えられる。

(11) 劣質炭より冶金用成型コークス製造に関する研究

(On the Manufacture of Shaped Metallurgical Coke from Inferior Coals (I))

Shiro Ida, et alii.

石炭総合研究所

浅井一彦・丹野晴彦

八幡製鉄所 理博 遠藤勝治郎

工博 城博・○井田四郎

I. 緒 言

冶金用コークス製造原料としては劣質炭と見做されている弱粘結炭、非粘結炭、褐炭等を主原料とし、強粘結炭を殆んど使用することなくコークスとしての主なる性質において現在高炉に使用されているコークスに遜色のないものを製造せんとする研究は日本は勿論、欧米各国においても久しきに亘り真剣に継続され既にいくつかの対策が生れている。しかしいずれの方法も生成コークスの品質または製造方式の経済性に難色があり実用化されていないのが実情のようである。

たまたま石炭総合研究所(炭研)と当所との間でこの種研究の 1 つである“2 段乾餾式コークス製造法”が取上げられ、その中間工業化試験を共同で行う運びとなり、