

(106) 加熱炉内における鋼材の脱炭及び酸化

On the Decarburizing and Scaling of Steel in the Heating Furnace

S. Komazuka., et alius.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工 小池与作・ 〇駒塚正一郎

I. 緒 言

加熱鋼材の酸化についてはその酸化量, スケール剝離の難易, 鋼材表面の粒界酸化等の問題があり, これら酸化にともなう脱炭層にも影響してきて鋼材の歩留や品質等を低下せしめる。

この点を究明するため予備実験として製鋼法の異なる鋼材を数種類えらび, 含有元素量, 含有ガス量およびオーステナイト結晶粒度の異なるものについて 1200°C,

大気中において加熱時間と共に生成されるスケール量を調査した。

II. 試料および実験方法

試料として使用した鋼材はリムド, セミキルド, およびキルド鋼で, Table 1 にこれら試料の種類, その化学成分および結晶粒度を示す。

リムド鋼としては FSD2 を選びリム部とコア部の試料を採取し, セミキルド鋼には炭素鋼および中マンガンの両レール材を, キルド鋼には SC 材, 高張力鋼材および低 Cr 鋼材を選んでいるがいずれも偏析等のない健全なものである。

試料の形状は 28×28×5mm に切削し, 表面をグラインダー研磨し, その状態を一様にした。化学天秤で試料と磁性皿を正確に秤量し, マツフル炉で加熱, 測定時間は 1~5 時間で 1 時間毎に行つた。加熱状況を一定にするため所定温度, 1200°C に保持しているところに磁製皿に乗せた試料 10~12 個を同時に装入, 密閉, 再び

Table 1. Properties of the samples

Sample kinds	Compositions									Contained O ₂	Grain size number
	C	Si	Mn	P	S	Cu	V	Cr			
Rimmed steel	Ladle	0.21	0.01	0.42	0.009	0.024	0.17				
	Rim			0.41		0.020				0.0052	5.7
	Core			0.48		0.042				0.0036	3.7~6.1
Semikilled steel	C-Rail	0.70	0.08	0.69	0.015	0.027	0.19			0.0046	3.1~4.9
	Mn-Rail	0.50	0.11	1.20	0.024	0.028	0.18			0.0068	3.6~5.4
Killed steel	SC	0.45 ~0.50	0.23 ~0.28	0.60 ~0.80	0.018 ~0.023	0.025 ~0.030	0.18 ~0.20			0.0023	7.5
	High tension	A	0.42	0.37	1.41	0.021	0.037	0.22		0.0029	6.7
		B	0.42	0.36	1.39	0.021	0.030	0.21	0.03		
	Low Cr	0.24	0.20	0.72	0.010	0.021	0.19		0.92		

Oxygen contained; by vacuum fusion method Grain size No.; by vacuum heating method

Table 2. Weight increase by oxidation of the samples which were heated at 1200°C

Grades	Rimmed		Semikilled		Killed				
	Rim	Core	C-Rail	Mn-Rail	SC		High tension		Low Cr
					761	556	A	B	
1 h	7.51	7.82	6.59	5.29	4.93	5.45	5.32	4.99	8.79
2 h	10.50	10.40	10.07	7.30	6.62	8.15	7.47	7.33	11.66
3 h	14.21	12.90	12.95	9.52	8.70	11.41	8.74	8.75	14.57
4 h	16.30	15.22	16.63	12.10	10.43	13.36	9.83	10.17	15.63
5 h	17.81	16.80	19.11	14.40	—	—	10.95	11.96	17.47

1200°C に達するには5分間程で、その時から加熱時間とし、所定時間経たとき同時に抽出し、放冷後直に磁製皿共に秤量した。スケール生成量の割合は最初の試料重量に対する酸化増量の百分比をもつて表した。

これら試料の酸化量と結晶粒度との関係を求めるため925°Cにおけるオーステナイト結晶粒度を真空加熱法¹⁾で顕出し、その表現法は粒度番号をもつて表わす学振法に準じ測定した。また各鋼材の酸化量と含有ガスとの関係を求めるためガス分析をO₂、H₂およびN₂について、さらにキルド鋼のSC材については可溶Al、Al₂O₃およびSn、As、Cuの分析を行った。

III. 実験結果および考察

まず、これら試料について1200°Cにおいて1~5時間のスケール発生状況を調べた結果をTable 2に示す。

(1) 同一鋼種における差異：リムド鋼においてリム部とコア部では大差ない酸化量を示しているが、加熱初期、ここでは約2時間までであるが、コア部の方がリム部の方よりこの期間は酸化量が僅かであるが常に多かった。この期間を過ぎると逆にリム部の方が多くなった。これは加熱初期において含有O₂量および含S量の影響と考えられる。前者の影響としてはO₂量はコア部の方がリム部のそれよりも多く、初期の酸化で酸化量が少なくなるときはこのO₂が生成を助け酸化量比率を大にする。後者の影響としてはコア部の方がリム部よりもS量は多く、しかもこのSは部分的に点在している非金属介在物をも含む。1200°Cで鋼材が加熱されているとき、表面に存在するこれら硫化物は初期に出来る酸化皮膜の下、金属面で熔融状態であり、固着性のあるスケールを造つて酸化を防止するスケールの保護効果を減ずる²⁾。したがって硫化物が点在しその量が多い程酸化量は増加する。酸化が進行すると硫化物系スケールは酸化鉄に置換せられ硫化物の影響は減ぜられる。以上の二事項により酸化初期ではコア部の方が酸化量は多いが、これはSの影響の方が大きいと考えられる。加熱後期の酸化には上記の影響は無視され含Mn量等に左右されると考えられる。結晶粒度の影響はリム部はコア部より細粒であるが、これら粒度の差は小さく、しかもコア部は混粒状態であるから影響はあるにしろ僅かであろう。

セミキルド鋼について、両レール材の間に酸化量は著しい差を示しているが中Mnレールは含Mn量が多くこれが酸化量を低値にしている。結晶粒度の差は両者にほとんどなく、含有O₂量は中Mnレールの方がやや多いがこのO₂量が酸化を増す影響よりはMn量による影響が大きく、O₂量の影響を含めて、他の影響をも

無視させている。

キルド鋼について、まず、高張力鋼材はMn量が他の試料に比して高く、したがって酸化量は少ない。V添加のものとそうでないものとの間には僅かな差であるが、加熱3時間までは添加のものの方が酸化量は低く、その後は漸次高くなる傾向が認められた。

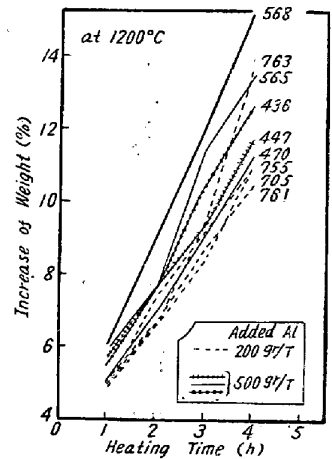


Fig. 1. The difference of weight increase by heating between the samples of various Al-additions

SC材の試料間に比較的、Al添加量、鋼中可溶Al、Al₂O₃および非酸化性元素の影響とスケール発生量との関係を求めた。これをFig. 1に示す。Al添加量500g/tのものは200g/tのものより、したがって鋼中に可溶Alの多いものはスケール発生量が多い傾向にある。特に酸化の初期に明瞭である。これは結晶粒度の差が現われたものとは考えられない。この両者を一端焼入法で粒度を測定したが、925°Cでは6.5と5.0番の差があつたが、1200°Cでは-0.5~-1.0番となり、同程度でAl500g/tの方がむしろ粗粒であつた。次に、Al添加量を同じにした試料間にも差があるので、主としてAl添加500g/t材についてさらに調べてみた。これらの差は非酸化性元素、すなわちSn、AsおよびCu等の影響と考えられたが明らかにすることは出来なかつた。

キルド鋼3種を比較して見ると高張力鋼材とSC材の間ではこれら酸化量は2時間まではほとんど同じであるが、漸次差が出来る。両者のO₂含量は同程度で、結晶粒度はSC材の方が0.8番程細かであるが、Mn量は低くこの影響が漸次現われて来るためである。低Cr鋼材の酸化量はこれら二者に比して著しく多くなつてはいるが、耐酸化性を持たせしめる程のCr量でなく、かえつて酸化を増加せしめるためと考える。

(2) 鋼種による差異：製鋼法を異にする鋼種を比較してみると、脱酸程度の強いものは酸化量は少ない傾向にある。セミキルド鋼のレール材およびキルド鋼のSC材と高張力鋼材との比較のように脱酸程度が同じであればMn含量の多いものほど酸化量は少なくなる。含C量による酸化の影響は炭素鋼レールとリムド鋼あるいはSC材と低Cr鋼材との比較のように他元素含有量等、ここではMn、Crによる影響に左右されて間接的なも

のとなり、その酸化量はC量に従わない。含有 O_2 量による影響はリムド鋼の比較に述べたように酸化初期に影響はあるが割合に弱く異種の鋼材の比較には無視される。

IV. 結 言

加熱鋼材の酸化について、予備実験として製鋼法の異なる鋼材についてスケール発生量と脱酸程度、オーステナイト結晶粒度および含有元素量、等との関係を調査した。その結果を要約すると次のことが挙げられる。

- 1) 脱酸程度の高いものは低いものに比し一般に酸化量は少ない。
- 2) 含有 O_2 量および結晶粒度の影響は小さい。含有 O_2 量の影響は同一鋼種の場合、初期の酸化に認められた。鋼種の異なる場合、他の含有元素に影響されてほとんど無視される。
- 3) Mn 含有量が高いと全般に酸化量は少ない。
- 4) C 含有量の影響は他の元素含有量等に影響され試験鋼材の酸化量は含C量によらない。
- 5) 非酸化性元素の影響はほとんど認められなかつた。
- 6) 少量の Cr の存在はかえつて酸化量を増加せしめる傾向があつた。

文 献

- 1) 武林, 戸田, 野田; 釜石技報 Vol. 5, p. 241 (1955)
- 2) 河上; 金属理化学, 下巻
- 3) 遠藤, 森岡; 耐酸, 耐蝕, 耐熱用の鋼と鋳鉄

(107) 軟鋼の焼鈍による異方性の変化

Changes of Anisotropies Resulting from Annealing of Mild Steel

Y. Hosoi, et alii.

工業技術院機械試験所

工博三橋鉄太郎・工 木村勝美・工〇細井祐三

I. 緒 論

強い冷間圧延をうけた軟鋼板は A_3 変態点以下の焼鈍では強い異方性を示すが、 γ 域にて焼鈍された場合には

異方性を消滅することを五弓氏等¹⁾は炭素鋼の $\alpha \rightarrow \gamma$ 変態による結晶方位変化の可能性の計算から考察して報告している。しかるに著者等は前報²⁾にて少し触れた如く A_3 変態点以上の焼鈍を行なつても、なおある種の選択方位を有することを磁化トルク曲線から認めたのでこの点の追究を行ない、あわせて耳の発生と他の異方度との関係を求めた。

II. 実験試料

実験試料は前報²⁾と同様、アームコ製および市販の Al キルド並びにリムドの深絞用高級仕上鋼板で分析結果は Table 1 の如くである。

III. 実験方法

焼鈍に伴う異方性の変化を観察するため、熱処理せず(市販のまま)、 $650^\circ\text{C} \times 20\text{mn}$ および 300mn 、 $820^\circ\text{C} \times 20\text{mn}$ および 300mn 、 $950^\circ\text{C} \times 20\text{mn}$ および 300mn の7種の熱処理を行なつた。異方性を現わす尺度は前報²⁾に準じ磁化トルク計によるトルク曲線の観察および磁化異方度 (D_m) の計算、福井式コンカル・ダイ³⁾によるカップング試験の耳の発生状況と深絞異方度 (D_d) の計算、また JIS 5 号試験片の引張試験による引張異方度 (D_t)、強さ比 (D_s)、伸び比 (D_ϕ) の測定によつた。

IV. 実験結果

(1) 異方性の変化

820°C 、 650°C 焼鈍の場合は 20mn あるいは 300mn 焼鈍しても熱処理を施ささない場合と大差なくカップング試験の結果は圧延方向 (0° 方向) およびそれと直角方向 (90° 方向) に合計4個の耳を生じ ($D_d > 0$) 引張試験の結果は圧延方向と 45° をなす方向は圧延方向に比較し伸びにくい ($D_t < 1$, $D_\phi < 1$) ことを示した。またトルク曲線は Fig. 1 に1例を示す如く余り大した変化を示さない。しかるに A_3 点を超えて 950°C に焼鈍した場合には 20mn 焼鈍では異方性はほとんど消滅し、耳は発生せず ($D_d = 0$) 圧延方向および 45° 方向の伸び易さも大体等しくなる ($D_t = 1$, $D_\phi = 1$) が 300mn 焼鈍をすればかえつて異方性が回復し、アームコ鋼板は再び 0° , 90° に耳を生じ ($D_d > 0$) リムド鋼板は 45° 方向に耳を発生 ($D_d < 0$) した。(キルド鋼は耳を生じなかつた。) いずれの鋼板も 45° 方向に伸び易くなつた ($D_t >$

Table 1. Chemical composition of the specimens tested.

Sample No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	N	N as AlN
A (Armco)	0.05	0.01	0.33	0.005	0.018	0.04	0.0059	0.0026
B (Killed)	0.05	0.01	0.34	0.010	0.020	0.07	0.0051	0.0013
C (Rimmed)	0.05	0.01	0.26	0.017	0.026	0.17	0.0035	tr.