

Fig. 5. The influences of nitrogen and carbon in cold sheets upon yield-point elongation.

によると、Input では溶銑の持ち込み窒素が大半を占めるが、吹止時の窒素含有量に影響ないようである。

ii) 鋼中窒素の pick-up は注入段階で最大である。

iii) 吹止Cが 0.05% 以下になるとガス発生量の減少による炉内雰囲気中の窒素分圧増加により、鋼中窒素含有量は増大する。また取鋼への加炭剤の投入は窒素含有量を増大せしめる。

iv) 再吹錬による窒素上昇は、加炭剤を炉中に添加してから再吹錬することによりほぼ防止できる。

v) 鋼板中の窒素含有量を減少せしめれば、降伏点、降伏伸を低下せしめることを得、ストレッチャーストレイン発生阻止、時効性改善に有効なことが確められた。

(48) 純酸素転炉による合金鋼の製造

尼崎製鉄, 尼崎製鉄所

青山 芳正・飯浜宇一郎・松永 昭

Alloy Steels Produced by Oxygen Converter.

Yoshimasa AOYAMA, Uichiro IHAMA and Akira MATSUNAGA

I. 緒 言

低炭素鋼を主体に発達した純酸素転炉法は、そのすぐれた生産能率および鋼質の優秀性の点から、生産は急激な上昇を示しているが、それとともに、製造鋼種は低炭素鋼にとどまらず、高炭素鋼あるいは各種合金鋼の分野にまで拡大されつつある。溶銑を主体とする純酸素転炉法では、当然、屑鉄から来る不純元素の混入が少ないこと、さらに精錬機構上、 N_2 、 H_2 、 O_2 などのガス成分が低いことが、鋼質面の大きな利点になっており、これらの利点を生かして、各種高級鋼の製造が試みられている。条鋼材、厚板材を主体とする尼鉄の転炉工場では、操業当初から比較的Cの高い鋼種が生産の大部分を占めているが、その後、高炭素鋼製造の作業化にも成功し、引続き各種合金鋼の製造を手がけている。本報では、転炉における合金添加の方法を論じ、機械構造用合金鋼、

パネ鋼、13Cr ステンレス鋼の製造について、その概略を報告する。

II. 機械構造用合金鋼

高炭素鋼の溶製において、まず問題となるのは脱磷である。その手段としては、ダブルスラッグ法によるか、あるいはシングルスラッグの特殊な吹錬方法によるかのいずれかであるが、溶銑中の磷分があまり高くない場合には、シングルスラッグでも、酸化性に富んだスラッグを作ることによって十分磷の低い高炭素鋼を製造することができ、品質も優秀なことがすでに確められている。

機械構造用合金鋼としては、一般に Cr 鋼、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-

鋼などが使用されており、JIS にもそれらの規格が定められている。焼入性を目的として、これらの鋼にはいづれも Cr 0.90~1.20% 程度の含有が規定されており、さらに焼戻し脆性の改善、焼入性の向上のために、Ni や Mo の添加が行なわれている。

Ni や Mo は酸化損失がほとんどないので、装入原料中に配合してもよく、あるいは、出鋼時に添加してもよい。したがって、純酸素転炉による合金鋼溶製上の問題は Cr 添加に絞られ、Cr をどのような方法で添加するか、いかに歩留よく添加するかが問題となる。合金鋼の製造に当り、転炉における Cr 添加の方法としては、次の3つの方法が考えられる。

(1) まず第一の方法は、転炉の吹錬終了後、合金鉄を炉内へ投入し、合金元素の溶解を待つて出鋼する方法である。合金鉄溶解による温度低下を見こんで、あらかじめ高温に吹止めることにより合金添加ができるが、高温に上げると、当然脱磷が問題となる。特に高炭素領域で高温に上げると、非常に脱磷が困難となるので、ダブルスラッグ法によりあらかじめ磷分を系外に排出するとか、少しでも高温吹止を避けるために合金鉄を予熱するなどの工夫が必要である。炉内へ合金鉄を投入する場合には、鋼滓への酸化損失があり、Cr の歩留低下にも注意する必要がある。

(2) 鋼浴温度を上げると脱磷に難点があるので、温度はなるべく上げずに、Fe-Si によつて Cr を溶かしこむ方法がある。転炉の鋼浴中に Cr を添加して吹錬を行なえば、酸化性の鋼滓下では多量の Cr が酸化されて鋼滓中へ逃げる。鋼浴—鋼滓間における Cr の分配は、鋼滓中の (FeO) に関係があり、Fig. 1 に示すように、鋼滓中の (FeO) が高くなるほど、Cr は酸化されて鋼滓中へ移行する。したがって Cr を歩留よく添加するには、鋼滓中の (FeO) をなるべく低くすることが必要で、Cr 添加の方法として次の方法が考えられる。目標のC% で出鋼温度まで上げ、完全除滓後、炉内に Fe-Cr と Fe-Si とを同時に投入し、脱炭を抑えながら低圧で吹錬して、Si の発熱によつて鋼浴中に Cr を溶解する方法である。この場合、鋼浴中の Si がなくなるほど吹錬を行なうと Cr の歩留が悪くなるので、鋼浴中に

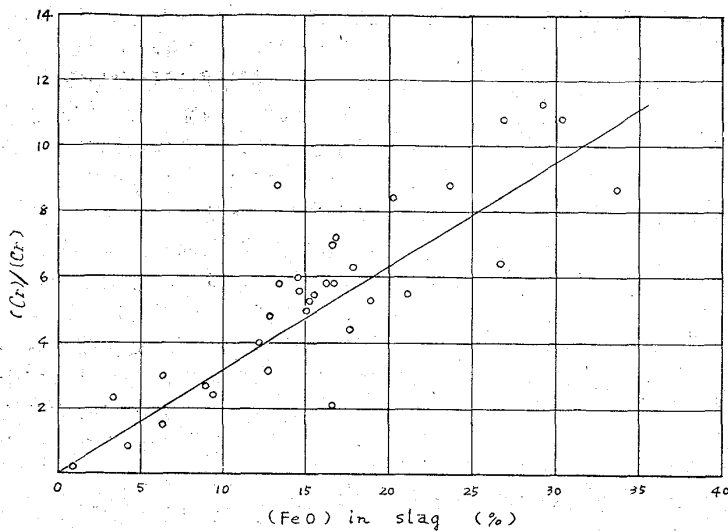


Fig. 1. Relation between $(Cr)/[Cr]$ and (FeO) in slag.

少量の Si を残して吹錬を止めることが必要で、Table 1 にその一例を示す。鋼浴中に Si を残したまま出鋼すれば、良好な Cr 歩留が得られ、この方法は Cr 含有量の高い鋼にも適用することができる。また、還元性の鋼滓下で出鋼するので、鋼中の酸素含有量が低くなるという利点もある。

(3) 第三の方法は、合金鉄を取鍋へ直接投入する方法で、Cr 添加量が 1% 程度までならば、発熱性 Fe-Cr を使用することにより、取鍋へ全量投入することも可能である。210~230kcal/kg の発熱量を持つた合金鉄が市販されており、これを使用すれば、出鋼温度も特に高

くする必要もなく、1% 程度の Cr は添加できる。出鋼前に Si あるいは Mn などにより軽く予備脱酸して出鋼すれば、95% 以上の Cr 歩留が得られる。Table 2 は、この方法で製造した Cr 鋼 (SCr-4)、Cr-Mo 鋼 (SCM-3)、Ni-Cr-Mo 鋼 (SNCM-8) の一例を示したものである。

なお、この機械構造用合金鋼の鋼塊は、表面疵取り後 28mm ϕ および 38mm ϕ の丸棒に圧延し、JIS 規格に準拠して焼入れ、焼戻し後の機械的性質を調べるとともに、清浄度、焼入性なども調査したが、いずれも十分に満足すべき結果が得られた。ただ、転炉は脱硫の点で電気炉に劣るので、試作品には A 系介在物が少量検出されたが、これは転炉によつて高級鋼を製造する場合の一つの主要な課題と考えられる。

III. バネ鋼

バネ鋼としては、一般に Si 系バネ鋼および Cr 系バネ鋼が用いられているが、これらも転炉で製造することができる。Si 系バネ鋼 (SUP-6) では、Si 1.50~1.80% が規定されているが、Si の添加にはあまり問題はない。Cr 系バネ鋼 (SUP-9) は 0.65~0.95% の Cr が必要だが、これも前述の機械構造用合金鋼と同じ方法で簡単に製造できる。Table 4 に Si 系および Cr 系バネ鋼の製造例を示す。

これらの鋼塊は板バネに圧延したが、Table 5 に示すように、JIS に規定されている諸規格を十分に満足しており、バネ鋼として支障なく実用に供されている。

Table 1. Cr Addition by the Fe-Si method.

Stage	Analysis of bath (%)						Temperature (°C)	Recovery of Cr (%)
	C	Si	Mn	P	S	Cr		
Before addition	0.52	tr	0.32	0.022	0.019	0.04	1660	—
After addition	0.49	0.27	0.28	0.024	0.020	0.94	1663	93.5

Table 2. Examples of machine structural alloy steels.

Class	Heat No.	Chemical analysis (%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SCr-4	A	0.40	0.28	0.65	0.024	0.024	—	1.08	—
SCM-3	B	0.35	0.31	0.75	0.024	0.022	—	1.07	0.27
SNCM-8	C	0.42	0.27	0.83	0.021	0.021	1.71	0.90	0.22

Table 3. Non-metallic inclusion and austenitic grain size.

Class	Heat No.	Non-metallic inclusion				Austenitic grain size
		d_A	d_B	d_C	d	
SCr-4	A	0.11	0	0	0.11	7.3
SCM-3	B	0.06	0	0.01	0.07	7.5
SNCM-8	C	0.07	0	0.01	0.08	7.8

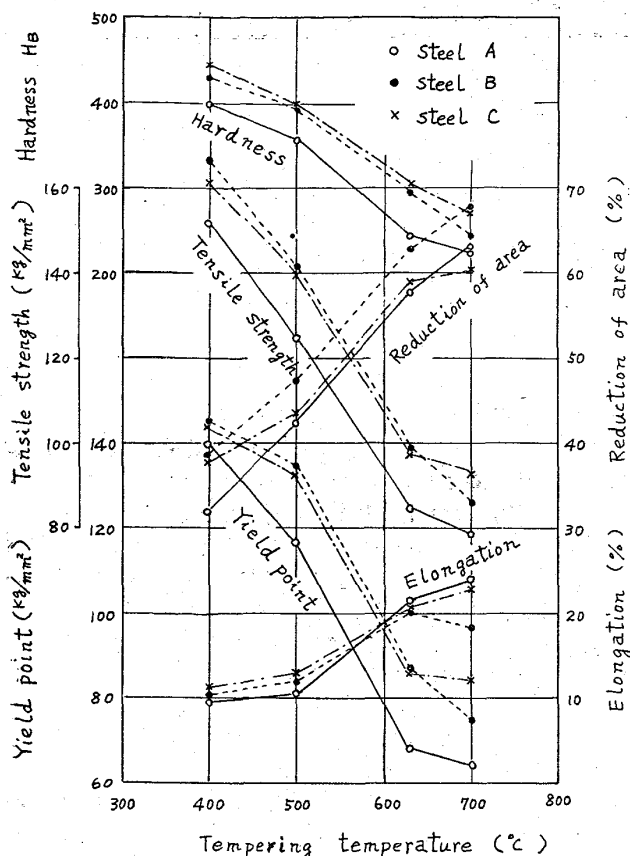


Fig. 2. Results of tension and hardness test.

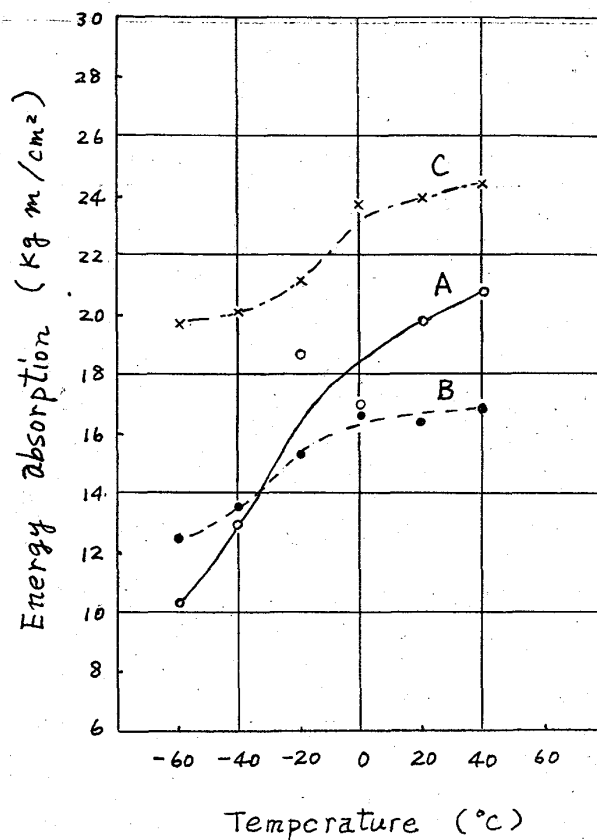


Fig. 3. Results of U-notch charpy impact test.

Table 4. Examples of spring steels.

Class	Heat No.	Chemical analysis (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
SUP-6	D	0.64	1.77	0.99	0.024	0.017	—
SUP-9	E	0.56	0.29	0.92	0.092	0.026	0.93

Table 5. Mechanical properties of spring steels.

Class	Heat No.	Heat treatment		Tension test			Hardness H _B
		Hardening (°C)	Tempering (°C)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	
SUP-6	D (JIS)	845 (830~860)	500 (480~530)	152.5 (≥125)	11.0 (≥9)	18.9 (≥15)	405 (363~429)
SUP-9	E (JIS)	845 (830~860)	500 (460~510)	149.7 (≥125)	10.0 (≥9)	23.0 (≥20)	428 (363~429)

IV. 13 Cr ステンレス鋼

転炉でどこまで Cr 添加量を上げうるかが、一つの大きな問題となるが、多量の Cr を含有する鋼種としては、13 Cr や 18-8 ステンレスが考えられる。これほど多量の Cr を添加するには、あらかじめ他の電気炉などで溶解した Fe-Cr を添加するか、あるいは、前に述べ

た Fe-Si 法によらねばならない。Table 6 は Fe-Si 法で製造した 13 Cr ステンレス鋼 (SUS-21) の製造例である。

上表に示すように、まず極低炭素域まで吹下げ、完全除滓後、炉内に Fe-Cr および Fe-Si を投入して、吹錬を行ない Cr 分の溶解をはかつたが、Fe-Cr の量が

Table 6. Example of 13 Cr stainless steel.

Stage	Chemical analysis (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
After blowing off	0.03	tr	0.20	0.011	0.017	0.06
Addition of Fe-Cr and Fe-Si						
Before tapping	0.07	0.20	0.21	0.030	0.013	12.41
Ladle	0.10	0.43	0.73	0.034	0.014	12.10

多いので、その投入の回数や方法については、まだ多くの問題点を残しているし、また、この方法自体の適否や鋼質の面にもなお多くの検討すべき点がある。

V. 結 言

純酸素転炉による合金鋼の製造について論じ、特に溶製上の問題点となる Cr 添加について、次の三つの方法を述べた。

- (1) 吹錬によりあらかじめ吹止温度を高温に保ち、炉内に合金鉄を投入する方法。
- (2) Fe-Si と Fe-Cr とを炉内に投入し、追加吹きによつて温度上昇と Cr 添加をはかる方法。
- (3) 発熱性合金鉄を使用して、取鍋中へ Cr を投入する方法。

Cr の添加量や出鋼温度など、その製造条件に応じて適当な手段を選び得るが、転炉による合金鋼の製造が十分可能で、製造例として、機械構造用合金鋼、バネ鋼、および、13 Cr ステンレス鋼について述べた。これらは機械的諸性質、焼入性、清浄度など満足すべき結果を示したが、転炉による高級鋼の製造に関して、なお検討すべき多くの問題を残している。

(49) 純酸素転炉による 60kg/mm² 級高張力鋼 (Wel-ten) の溶製について

八幡製鉄所、製鋼部

佐々木清和・武田 雅男
○黒岩 康・椿原 治
〃 特殊鋼管理部 森 良彦

On the Manufacture of Weldable High-Tensile Steel of 60kg/mm² Class (Wel-ten) by LD Converter Process.

Kiyokazu SASAKI, Masao TAKEDA
Yasushi KUROIWA, Osamu TSUBAKIHARA
and Yoshihiko MORI

I. 結 言

近年わが国の工業技術の発展は著しいものがあり、溶接構造物においても引張強さ、および降伏点高くしかも溶接性の良い鋼材を使用し構造物の重量を軽減し高性能化と材料の節減を図る方向に進んでいる。当所でもこの気運に対処して昭和 35 年 4 月厚板工場に熱処理設備を

新設後 60kg/mm², 80kg/mm², 100kg/mm² 級の 高張力鋼板の製造が行なわれている。従来、八幡製鉄所においては、50, 55kg/mm² 級の 高張力鋼は転炉および平炉で溶製されてきたが 60kg/mm² 級高張力鋼 (Welten 60) の溶製は電気炉で溶製されていた。

しかし、転炉キルド鋼の溶製技術の進歩および品質水準の向上に伴ない転炉で溶製する方がコスト、生産性の点で有利であるとの考えにより、転炉による Welten 60 の溶製を行ない、現在では電気炉鋼に匹敵する優良品質のものが得られている。以下その溶製法と鋼板の材質について報告する。

II. 成分および材質規格

WEL-TEN 60 の成分および材質規格を Table 1 に示す。60kg/mm² 以上の引張強さと高い降伏強度を有し、特に降伏比は 80% 以上を示している。さらに低炭素で微量の合金元素を添加した独自の成分系と熱処理により切欠靱性、溶接性および加工性においても非常に秀れた特性を有している。

III. 溶製方法

溶製法としては次のような条件を満足させるため脱燐の点から two-slag 法を採用している。

1. 造塊注入方式が下注であり、そのために高温で出鋼しなければならない。
2. 成品成分適中のため迅速分析待をしており、したがつて終点温度はさらに高温となり 1690°C 位に達する。
3. 成品 P は一応の目標として 0.025% 以下としている。

吹錬方法は従来採られていた two-slag 法¹⁾とほぼ同様であり目標を達成している。脱酸剤の投入については炉内に Fe-Cr 全量、Fe-Mn の半量を投入し鎮静した後出鋼し、Fe-Mn, Fe-Si, Fe-V, Al を鍋内に投入する。

Table 2 にその溶製の一例を示す。

Mn, V, Cr の各合金歩留は溶製例からもわかるごとく 90~100% と高く電気炉鋼並の値であり、非金属介在物については成品試料でない正確な比較にならないと思うが取鍋下の試料では Table 3 に示すごとく良好な成績であり、また転炉鋼の特徴として鋼中 [H] は低い値を示している。

また WEL-TEN 60 は従来の高張力鋼に比して目標成分範囲が狭く、平炉、転炉における溶製上の一問題点となつていたが今回、転炉溶製において終点管理、終点スラグの排滓、合金鉄投入図表の利用などを行なつた結果 Fig. 1 のごとく成分適中状況は非常に良好で Mn に