

討3

ステンレス鋼製鋼法の歴史的展望

日新製鋼 本社 小野 良吉

1 はじめに： ステンレス鋼が工業用材料として現われて以来、その量、質、種類共に長足の発展を遂げて来たが、その間製鋼法もまた大きく変化して来た。それは一面製鋼技術の発達に支えられると共に、また他の一面ではステンレス鋼に対する種々の needs に支えられて発達して来たものである。

ステンレス鋼に対する needs はほぼ次の様なものである。

- (1) 清浄な鋼を作る。
- (2) 大量の鋼を低廉な価格で作る。
- (3) 低炭素の鋼を作る。

筆者はこれらの needs, 特に(2)(3)に注目して、ステンレス製鋼法の歴史的変遷を辿つてみたい。

一般に特殊鋼、殊にステンレス鋼の製鋼法は各社が秘密にして来たため、これに関する論文は少なく、その詳細については判明しないものが多いので、ここではその骨子のみを年代を追つて述べて見たい。

2. ステンレス鋼の製鋼法：

2.1 開発期の製鋼法(電炉法その1)： ステンレス鋼の製鋼法の歴史は、当然ステンレス鋼発明の時に遡る。最初の間は量も少なく、坩堝製鋼法等で作られたものと考えられるが、生産量が要求されるに従つて、アーク式電炉が使用される様になり、電炉法の第一期が始まる。

この方法は、低燐銑、普通鋼屑を溶解し、ミルスケール、鉄鉱石を用い、高温に上げて酸化脱炭する。C%を0.02~0.03%に下げ、一旦除滓を行い仕上期に入る。石灰と螢石で塩基性スラグを作り、フェロシリコン(Fe-Si)の粉末をスラグ上に散布し、スラグ及び溶鋼中のFeOを充分下げフェロクロム(Fe-Cr)を添加溶解する。Fe-Crは数回に分けて投入し、スラグ上に粉状Fe-Siを散布し、スラグを常に還元性に保つて、Crの酸化を防止し、Crが溶解すれば成分調整を行い精錬は完了する。

この方法では、初装入にCr分は用いない。又Cr添加後は脱炭しないので、Fe-Crから持込まれる炭素は、すべて鋼中に残留するし、Fe-Cr溶解時に電極から溶け込む炭素量も無視出来ない。従つて低炭素のステンレス鋼を作る事は非常に困難であつた。

又この方法では鋼浴は塩基性還元性スラグの下に、長時間曝されるので、水素の吸収は避け難く、造塊時に水素によるトラブルが多くあつた。

この方法は所謂バージンメルト(Virgin melt)法であり、ステンレス鋼スクラップの処理が出来ず、コストも高くなつた。

2.2 電炉法その2： ステンレス鋼の生産が増加するに従い、工場内で発生するスクラップ量も多くなり、この処理方法を考える事が必要となつて来た。この要求から生れたのがこの方法である。

低燐銑又は普通鋼屑を溶解し、脱炭する点は2.1の方法と同じである。脱炭終了後、酸化スラグは除滓せず、ステンレス鋼スクラップを装入溶解する。

この場合当然相当量のCrが酸化されてスラグ中に逃げるので、溶解完了後スラグ上に粉状のFe-Siを散布し酸化クロムを還元し、Cr分を鋼浴中に戻す。その後除滓し、石灰と螢石で新しい塩基性のスラグを作り、不足するCr分を添加し仕上精錬を行う。

この方法は、ステンレス鋼屑の使用を可能にし、又この精錬過程でスラグ中の酸化クロムを還元回収すると云う回収期の考え方が見られるが、低炭素ステンレス鋼製造の問題は解決していない。

2.3 Rustless process： この方法は、A. L. フィールドによつて発明され、1927年2tのエルー式電

気炉で試験操業に成功し、1929年6t炉での営業生産にも成功した。その後 ARMON Steel Corp. の Baltimore 工場となつた Rustless Iron and Steel Corp. に於てフィールドの指導で、本格的なステンレス鋼の生産に用いられ、その後酸素製鉄法とも組合せて、最近迄実施されて来た方法である。

この方法では電炉の炉床はクロマイト煉瓦で内張りし、クロム鉄鉱を炉床全体に敷きつめ、その上に普通鋼屑、ステンレス鋼屑、高炭素 Fe-Cr を装入溶解する。溶解後出来るだけ温度を上げ、石灰、螢石等でスラグを作ると共に、鉄鉱石、ミルスケールを投入し、脱炭を行う。この間相当量のクロムも酸化されて、スラグ中に入るのので、所定の値まで炭素量が下つた後、Fe-Siで還元し回収する。回収後除滓し、石灰、螢石で新しいスラグを作り、成分調整と仕上精錬を行う。

この方法では、Crを含有する溶鋼を酸化脱炭するが、これは今迄の方法にはなかつた新しい点である。従つて配合材料の炭素量は原則として制限なく、又低炭素ステンレス鋼の製造が可能であり、ステンレス鋼スクラップの使用も、安価な高炭素 Fe-Cr の使用も可能である。

更にCr分は、クロム鉄鉱の形でスラグ中に投じ、Fe-Siで還元し、回収する事も可能である。事実炉床に敷いたクロム鉄鉱の一部は溶解期、酸化期に溶解しスラグの中に入ると考えられ、その期待をもつて炉床に敷かれている。

この方法では装入Crの相当量は酸化するが、これは後でFe-Siで還元回収すると云う考えが明確に打出されている。

この方法は今迄の方法に比べ塩基性還元スラグに曝される時間が短く、水素吸収の問題の解決もかなり前進した。

2.4. 酸素製鋼法： この方法は D. C. Hilty を中心とする Electrometallurgical Co. の一群の技術者によつて開発されたもので、しかも今迄の秘密主義を打破つて、広く論文で紹介されたため、この方面の研究が相次いで行われ、急速に普及をした。

この方法は普通鋼屑、ステンレス鋼屑、高炭素 Fe-Cr 等を電炉に装入溶解し、次いで、ランスを用いて酸素を溶鋼中に吹込み、脱炭を行う。同時に酸化される一部金属(Si, Mn, Cr, Fe)の酸化熱で溶鋼温度は急激に上昇しこの高温を利用して、Cr分の酸化を最小にして、脱炭を有効に行わせる。しかし相当量のCrは酸化するので、脱炭終了後Fe-Siで還元回収する。回収に先立つて鋼片屑等を投入し、溶鋼温度を急速に下げる事が操業上の重要なポイントとなる。

回収期が終れば除滓し、石灰と螢石で新しいスラグを作り、スラグ上に粉状Fe-Siを散布し、還元性に保ちつつ、成分調整と仕上精錬を行う。

この方法の特徴は

- (1) 原則的に初装入材料に何等の制約がなく高炭素 Fe-Cr を多く使用出来る。
- (2) 低炭素、特に $C \leq 0.03\%$ 以下と云う極低炭素級の鋼も容易に作る事が出来る。
- (3) 酸化期に激しいボイリングを行い、仕上期が比較的短かい為、水素吸収によるトラブルが少い以上、ステンレス鋼開発以来問題となつていた懸案を、殆どすべて解決した画期的な方法であると云える。

3. 新しい精錬法： 酸素製鉄が始められて約30年、今や次の新しいプロセスの開発が試みられている。

- (1) 酸素製鉄法以上に自由に高炭素 Fe-Cr, ステンレス鋼屑を使用出来る。
- (2) 転炉を使用する。
- (3) 真空処理等の新しい発達した技術を利用する。

以上が開発の目標となつている。

3.1 転炉法： 転炉を用いてステンレス鋼を製鉄しようと云う試みはかなり早くから行われてい

る。

この方法はまず銑鉄を吹錬し、脱燐し、昇温した後、高炭素 Fe-Cr を添加し、再び吹精脱炭する。脱炭後一部酸化した Cr を Fe-Si で回収する。

この方法は、電炉法に於ける仕上期を欠いているため、鋼の清浄度の問題があり、また Fe-Cr の溶解に必要な熱源を、転炉での酸化による発熱に頼っているため、18Cr 程度のものは可能であっても、それ以上の合金成分の多い例えば 18Cr-8Ni (SUS27) のような鋼種は困難であり、特に日本のように Ni 源を Fe-Ni に依っている場合は一層困難である。

3.2 アルゴン・オキソゲン法 (A-O process) : この方法は予め所定の Cr 量 を含有する含クロム銑を溶解し、これを一種の底吹き転炉に受け、Ar と O₂ の混合ガスを用いて脱炭する。最初の C % の高い時期は Ar/O₂ 比を低く、C % の低下に従って Ar/O₂ 比を上げ、発生する CO ガスの分圧を下げ、Cr の酸化を防止しつつ脱炭を行う。実際にはある程度の Cr の酸化は避け難いが、これは出鋼に先立って回収する。

この方法は高炭素 Fe-Cr を多量に使用することが出来、Cr 歩留も高く、比較的低い温度で作業が可能であると云われている。しかし反面高価な Ar ガスを多量に使用し、又電炉の仕上期に相当するものがなく、鋼の清浄度の問題があると考えられる。

3.3 真空脱炭法 : この方法は予め所定の量の Cr を含有するクロム銑を溶解し、C-Cr-O の平衡に従い、まず大気下で一次の脱炭を行い、次で真空 (減圧) 下で最終 C %迄の脱炭を行うことによつて、Cr の酸化ロスを最少限に止めると共に、真空処理により、仕上精錬を行う。

この原理を用いて種々のプロセスが考えられる。

3.3.1 転炉法-真空脱炭の組合せ : この方法は前述 3.1 の転炉法の脱炭途中で一旦作業を中止して出鋼し、これを真空下で再脱炭することにより Cr の酸化を防止する。真空処理の方法としては RH 法、DH 法、取鍋脱ガス法いずれと組合せることも原理的に可能である。

3.3.2 Witten 法 : この方法は予め所定の量の Cr を含有するクロム銑を溶解し、次いで電炉または転炉で一次脱炭を行い、その後取鍋脱ガス装置の中で最終 C %迄脱炭し、脱炭終了後真空処理して仕上精錬を行う。

この方法には

- | | | | | |
|------------|------|---------|----------|------------|
| (イ) 熱風キユボラ | → 転炉 | → 取鍋脱ガス | (Witten) | } LD Vac 法 |
| (ロ) 電炉 | → 転炉 | → 取鍋脱ガス | (日新製鉄) | |
| (ハ) 電炉 | | → 取鍋脱ガス | (川崎製鉄) | ELO vac 法 |

等の組合せがある。

Witten 法では使用原料に何等の制約はなく、Cr 分は製品の Cr 量に応じて、すべて初装入されるし、高炭素材料の使用も自由である。最終工程に真空処理が入っているため、鋼の清浄度もよく、又水素に起因するトラブルは完全に除かれる。

これ等の新しい製鋼法は、現在すでに実用化され、相当量の生産を挙げており、又その設備は相次いで各国で設置されており、将来の製鋼法の主流がこれ等の中から現われるものと考えられる。

4. ま と め : 以上ステンレス鋼の各時代に於ける製鋼法について、その概要を述べ、製鋼法の変遷の跡を辿つて来た。

清浄な鋼を作るための努力は、いずれの時代にも、どの製鋼法に於ても真剣に試みられて来た。その詳細について述べる事は本小論のよく成し得る処ではないので割愛した。

この点を除くなら、ステンレス鋼製鋼法の歴史は、如何にして安価に大量の鋼を作るかと云う事と、低炭素のステンレス鋼を作ると云う事を追求して来た歴史であるとも云える。

'72-A12

そうして安価にステンレス鋼を作ると云うことは、如何にしてステンレス鋼屑を使いこなすか、高炭素 Fe-Cr をどれだけ多く使用出来るかと云うことでもある。

これ等は

- (1) Cr の存在下で脱炭を行うことは、Cr を酸化するので、低炭素ベースメタルを作り、これへ酸化を防止しつつCr を溶解して行く。
- (2) ある程度のCr の酸化は覚悟の上で溶解し、酸化したCr は後に Fe-Si で還元、回収する。
- (3) Cr の存在下で積極的に酸化脱炭し、これに伴うCr の酸化は Fe-Si で還元回収する。
- (4) 高温である程、C がCr より優先酸化する原理を利用して O_2 を用いて積極的に酸化脱炭する。
- (5) 低圧下でC がCr より優先酸化される原理を利用して真空脱炭を行う。

以上段階をたどつて、ステンレス鋼屑および高炭素 Fe-Cr を自由に使用し、且低炭素ステンレス鋼を容易に製造出来る製鋼法を確立するに到つた。

同時に大容量の電気炉、転炉の使用を可能にし、大量生産化を可能としたのである。