

○横永剛啓 新田 稔

川崎製鉄(株)技術研究所

小倉邦明 遠藤一哉

桜田一男 伊藤俊治

## 1. 緒言

Mn, Crなど難還元性酸化物形成元素を合金した鋼粉を水アトマイズ-仕上還元工程で製造する場合、仕上還元を従来のガス還元法で行なうと、鋼粉酸素量の十分な低減は望み得ないことになる。いっぽう、近年粉末冶金界においては、部品の高強度、高靱性化の要望が高まり、これに呼応して焼結鍛造技術が登場したが、それにともなう原料鋼粉もまた低廉で焼入性および機械的性質に優れたものが要求され、必然的にMn, Crを主体に合金せざるを得ない状況となった。この事情から低酸素鋼粉製造技術の確立を指向して、新たな脱酸技術の開発に着手し、ほぼ満足のいく成果を得たのでこのプロセスと装置の概略を報告する。操業技術、反応工学的解析結果、鋼粉と焼結鍛造鋼の特性などは別の機会に譲る。

## 2. 方法

本法は、溶鋼に予め炭素を合金して水アトマイズし、この粉末中の炭素を還元剤として真空中で鋼粉自体と直接誘導加熱して脱酸することを内容としにものであり、VIDOP (Vacuum Induction heating De-oxidation Process) と略称する。さらにこのプロセスの工業化を目指してパイロットプラントの建設を行なった。このプラントでは全体を堅型とし、予熱炉で焼成しに筒殻状焼結ケーキと順次下方へ降下させながら、引続いて高温に誘導加熱して脱酸させる連続還元焼鈍方式を採用した。

## 3. 成果

図1は、VIDOPによる低酸素鋼粉の製造プロセスであるが、このプロセスではC/Oモル比の調節が重要課題となる。VIDOPによる脱炭量と脱酸量のモル比は1.1~1.3程度であり、鋼種によって異なっている。図2は、表1に示す1.5Mn-0.5Ni-0.5Cr-0.5Mo鋼粉を用いてバッチ方式により本法を適用した場合の加熱温度による $O_{tot}$ , FeO, MnO,  $Cr_2O_3$ の低減率の変化を示しにものである。1100℃以上の加熱により鋼粉酸素量と1000PPm以下に成し得ることがわかる。図3は、VIDOP堅型還元焼鈍炉の概略図であり、上部から順次粉末供給ゾーン、予熱筒殻状焼結ケーキ形成ゾーン、誘導加熱脱酸ゾーン、ケーキ冷却切断ゾーンと配列してある。図

表1 供試鋼粉の化学組成(%)

| 成分系          | C    | Si    | Mn   | P     | S     | Ni   | Cr   | Mo   | O    | FeO  | MnO   | $Cr_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ |
|--------------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-----------|---------|-----------|
| Mn-Ni-Cr-Mo鋼 | 1.14 | 0.030 | 1.47 | 0.008 | 0.006 | 0.53 | 0.54 | 0.54 | 1.12 | 2.49 | 0.337 | 0.013     | 0.047   | tr.       |

中がミニーバーは本炉スタート時にのみ使用し、定常運転時は下部へ格納されている。本装置によりMn, Crなどと合金した鋼粉の酸素量を、従来のガス還元法に較べて1/5~1/10に低減でき、酸素量200~900PPmの鋼粉を連続的に安定して生産することが可能となった。工業的実用化が期待される。



図1 プロセス

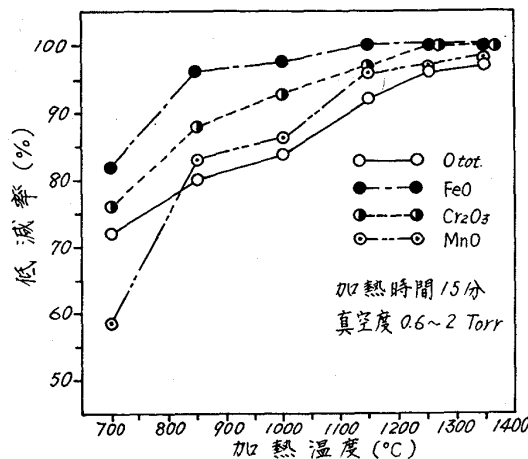
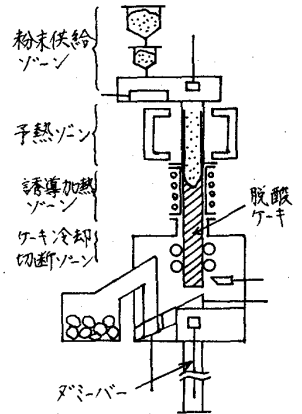
図2 加熱温度による $O_{tot}$ , MOの変化

図3 VIDOP装置概略図