

討 4 タール-石炭混合燃料 (TCM) の高炉吹込技術

日本鋼管(株)京浜製鉄所 渋谷 悌二・斉藤 汎 丹羽 康夫 古川 武
 本 社 中野 皓一郎 設備部 柴田 道康
 技術研究所 船曳 佳弘 大友 茂

1. 緒 言

最近の石油をめぐる情勢の激動の中で、製鉄各社は高炉のエネルギー源の多様化を計るために、石油代替エネルギーの技術開発を精力的に進めており、特にCOM(Coal-Oil Mixture)および微粉炭の高炉吹込技術の開発研究が盛んである。¹⁾²⁾当社でも当面の適用可能技術として石炭スラリー吹込および微粉炭吹込に注目したが、石炭スラリー吹込が従来の液燃吹込技術の延長上で考えられ、微粉炭吹込に比べて技術的に容易とみられ、設備費も安価なことから、微粉炭吹込の中継ぎとして石炭スラリー吹込技術の開発を先行させた。石炭スラリー燃料としてCOM、TCM(Tar-Coal Mixture)、石炭-水スラリー³⁾などが考えられるが、当社では高炉での完全オイルレス化を計り、さらに所内でのコークス製造時の副生タールの需給バランスに一層の柔軟性をもたせるために、TCMの吹込技術の開発を選択した。この開発は製造法、流体特性、燃焼特性などに関する実験室規模の基礎研究の実施に続いて、実用規模の前段階として製造能力1.2 T/Hの試験設備を通産省の石油代替エネルギー関係実用化開発費補助を受けて、京浜製鉄所扇島第2高炉に設置し、昭和56年1月より9月まで吹込試験を実施した。本報告はこの高炉吹込試験を中心に報告する。

2. TCMに関する主な基礎研究結果

TCMに関する基礎研究はCOMとの比較で実施した。主な基礎性状をCOMとの比較で以下に述べる。

2・1 TCMの固化現象

各種燃料を一定昇温速度で昇温した時の流動性の変化を図1に示した。TCMは170℃付近以上に達した時から流動性の低下すなわち固化現象を呈するが、粗タール、COMではこのような現象は生じない。図2にTCMを一定温度に保持した時の流動度の経時変化を示した。TCMは90~100℃での定温保持の時には3日間程度ならば顕著な流動度の低下は生じない。これらのことは製造時および流送時にTCMを100℃以上に昇温しないことが、ポンプ動力増、配管閉塞の防止上から必要であることを示している。この高温において固化する現象はCOMと比較してTCMの本質的で最も重要な性状である。

2・2 TCMの粘性⁴⁾

TCMおよびCOMの粘性測定結果の一例を図3に示した。石炭濃度が高い方でTCMの方がCOMに比べ粘性が高い。

2・3 TCMの燃焼性⁵⁾

羽口先模擬燃焼装置を用いたタールおよびTCMの燃焼時の火炎温度分布の測定結果の一例を図4に示した。TCMはタールに比べやや燃焼性が劣るようにみられる。

以上のようにTCMの基礎性状の把握を行ったのち、高炉吹込試験設備の設計、建設および吹込試験

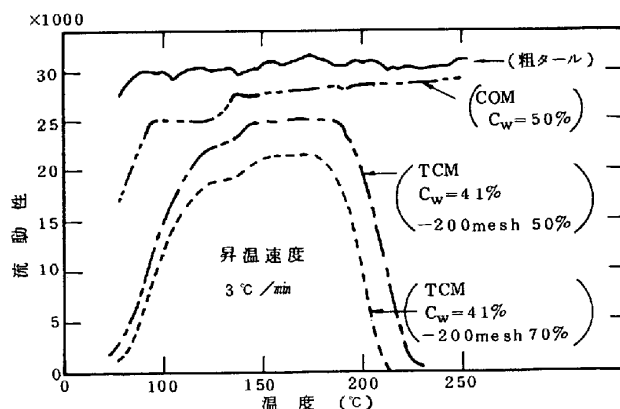


図1. 昇温時の流動性の変化特性の一例

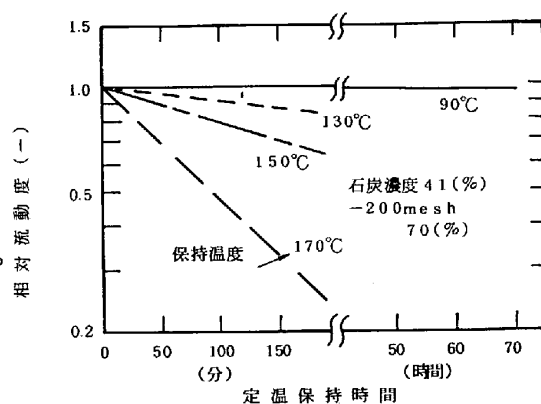


図2. TCM定温保持時の流動性の経時変化

を実施した。

3. 実高炉への吹込試験

吹込試験は安定して長期間吹込可能な技術の確立を目的とした。

3.1 試験設備

設備設計は次の3条件を基本とした。①羽口3本より1.2 T/Hの吹込み。②製造能力は石炭濃度50%石炭粒度-200mesh 70%で1.2 T/H。③流送温度80~90℃。主要設備仕様を表1に、設備フローを図5に示した。

設備の主な特徴は以下のごとくである。

- (1) 湿式ボールミル-振動篩方式 ; 安全性、操作性、設備費などから湿式ボールミル方式を採用。ボールミル構造は粗粒石炭の流出防止および粉碎効率向上のためリフター付2室構造⁶⁾とした。製品中の1mm以上の粗粒除去のため、ミル出口に振動篩を設けた。
- (2) 2軸スクリーポンプの採用と流送方式 ; 各種ポンプの特性検討の結果から、基礎研究の段階で使用した2軸スクリーポンプの改良型を採用。流送ラインは吹込停止時の石炭粒子の沈降防止のためリターン方式とし、ポンプ能力を考慮して2段送りとした。
- (3) 各種流量計の設置 ; 流量計の評価のため図5に示すように各種流量計を流送本管および流送支管に設置した。
- (4) 温調トラップの採用 ; TCMが100℃以上に加熱されないように流送ライン、各タンクの保温には通常の蒸気トラップに代り、温度調節可能なトラップを採用した。
- (5) 吹込量制御シーケンス ; 吹込量の制御は本管行き流量と戻り流量との差すなわち吹込量が一定となるように本管流量調節弁を自動制御する方法とした。また各支管には流量調節弁を単独で設置した。なお3本の吹込支管長さを変化させ、その場合の圧損差の各羽口への均等分配におよぼす影響を調査できるようにした。
- (6) 添加剤の不採用 ; 石炭沈降防止、粘性低下などを目的とする添加剤は用いていない。

3.2 吹込試験結果および検討

3.2.1 湿式ボールミル方式における石炭の被粉碎性におよぼす各種要因の影響

- (1) 製造温度の影響 ; TCM中石炭粒度は製造温度が6.0~9.0℃の範囲で製造温度の影響を受けない。
- (2) 石炭濃度の影響 ; TCM中石炭粒度におよぼす石炭濃度についての試験結果をボール量をパラメータにして図6に示した。濃度上昇に伴い-200mesh割合は減少している。同一粒度を目標とした時、濃度に応じてボー

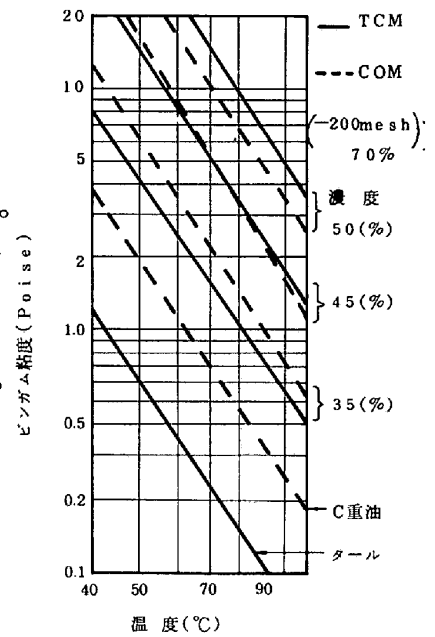


図3. TCMとCOMの粘性比較

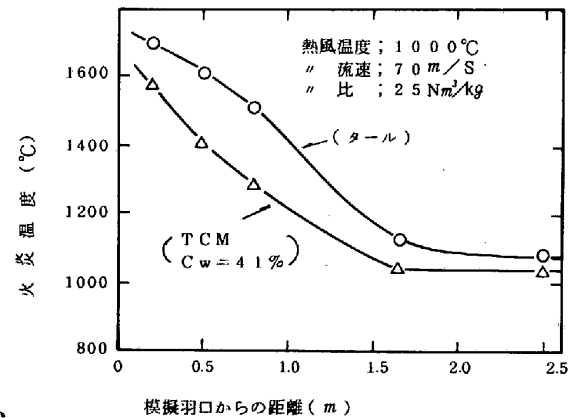


図4. タールとTCMの燃焼性の比較

表1 主要設備仕様

設備	仕様
(1) ボールミル	型式;湿式オーバーフロー型 2室構造 ドラムサイズ;1200φ×3600 製造能力;1.2T/H 電動機出力;37KW
(2) ポンプ (一、二次圧送ポンプ)	型式;2軸スクリーポンプ 外部軸受式 吐出货量;3.8m³/H 吐出圧;20kg/cm² 電動機;出力15KW 回転数 1350~337rpm
(3) TCM吹込量	Max 2.0 T/H、羽口3本
(4) 本管流送ライン長	(一次圧送ポンプ-二次ミキサー間) 194m

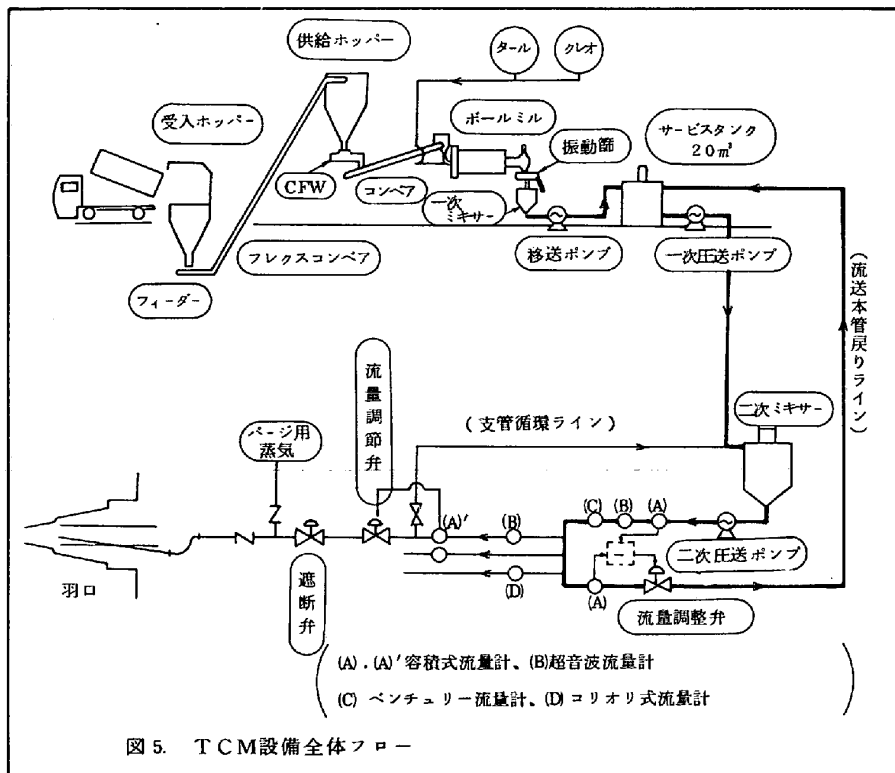


図5. TCM設備全体フロー

ル量変更の必要があるが、本試験結果を用いてミル形状、所要動力石炭初期粒度などからボール量-濃度-粒度の定量的な関係が把握でき、目標濃度で目標粒度となる製造条件の設定が可能となった。

(3) 製造量の影響 ; TCM中石炭粒度におよぼす製造量の影響の試験結果をボール量をパラメータにして図7に示した。製造量増加に伴い-200 mesh 割合は減少している。本試験結果から(2)と同様に目標とする製造量、濃度、粒度での製造条件の設定が可能となった。

以上のように湿式ボールミル方式における石炭の被粉碎性におよぼす各種要因の影響について調査したが、この他の結果も含めて、

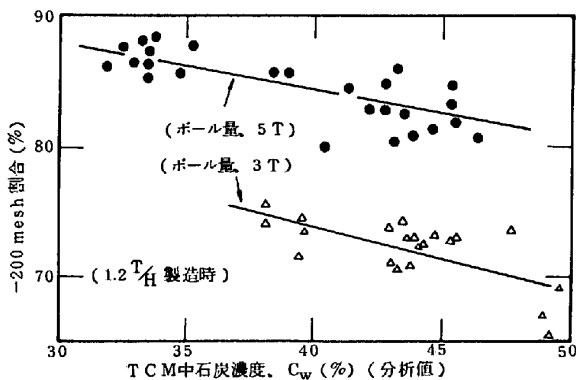


図6. TCM中石炭粒度におよぼす製造濃度の影響

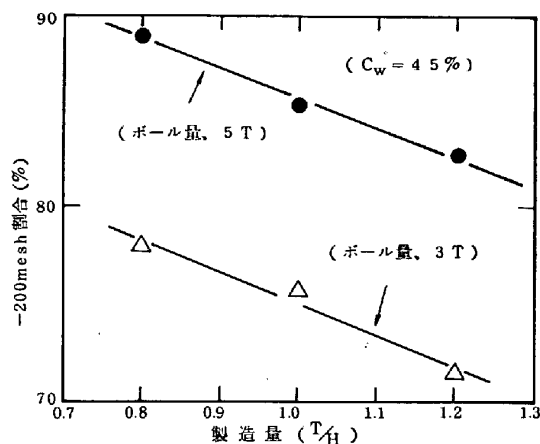


図7. TCM中石炭粒度におよぼす製造量の影響

石炭条件、製造条件の定量的関係が把握できた。

3.2.2 TCMの流送特性と機器特性

(1) ポンプ吐出圧におよぼす濃度、温度、粒度の影響 ; 一次圧送ポンプ吐出圧とTCMの濃度、温度との関係を流量 2500 t/h (吹込量 1000 t/h 戻り流量 1500 t/h を想定) の場合についてボール量をパラメータとして図8に示した。ボール量5Tで製造したTCMの場合、温度 90°C 、濃度 4.4% で吐出圧が 20 kg/cm^2 に達し、本設備のポンプ能力限界に達する。しかしボール量3Tではほぼ同一濃度でも吐出圧は 16 kg/cm^2 と低くなっている。これはTCM中石炭粒度の粘性におよぼす影響の結果である。ボール量5Tと3Tでの製造時の石炭粒度は図5に示されているが、流送過程においてポンプ内で石炭の粉碎が生じている傾向がみられ、したがってこれらも考慮して製造時の最適粒度を求める必要のあることが判明した。

(2) ポンプ能力の経時変化 ; ポンプ能力の経時変化については、ポンプローター材質が窒化処理鋼の場合は実稼動日数50日前後で能力は半減した。ローター表面材質が硬質クロムメッキのものは窒化処理鋼に比べて能力低下は少い。実設備では少なくとも半年以上の寿命が要求されるので、ポンプ能力の余裕も含めて材質についてさらに検討が必要である。

(3) 流量計 ; 3・1で述べたように各種流量計を設置し、計測精度、安定性、寿命などの調査を実施した。設置した流量計の中ではコリオリ式マイクロモーション流量計が優れていた。TCMの場合、潤滑性に乏しいので流体中に回転物のあるような容積式流量計はやや劣るとみられる。

(4) 配管内の石炭粒子の沈降 ; 設計時は管内最低流速を石炭沈降防止を考慮して $0.4 \text{ m/s}^{(7)}$ としたが、 0.1 m/s までの試験で配管内への石炭粒子の沈降は生じないことが確かめられた。またアジテータを設置したタンク内でも石炭粒子の沈降は生じなかった。このことより本試験設備の場合、特別な場合を除けば沈降防止剤の添加は必要ないことが確かめられた。

3・2・3 TCMの吹込

(1) 支管流量分配制御 ; 支管配管は各支管毎に長さを変化させているが(57m、74m、109m)、吹込量の制御は支管流量計一支管流量調節弁の自動制御で十分安定して均等分配ができた。

(2) 燃焼状況 ; 羽口先でのTCMの燃焼状況は目視観察にとどめたが、特に異常は認められなかった。

(3) 支管内のTCMのページ ; 2・1で述べたようにTCMは高温になると固化現象を示す。このためTCMの吹込停止時に従来のタール、重油吹込時と同様に支管内を蒸気ページするとTCMが高温となりタール分の

選択気化と合わせて高濃度のTCMが固化し、配管閉塞が生じる。このため窒素によるページを実施し、そのページ技術を確立した。

(4) 吹込ランスおよび羽口の磨耗 ; 試験期間内でほとんど生じていない。

以上のようにTCMの製造、流送、吹込および機器特性について調査し、その特性が把握でき、実用化の際の対応についても把握できた。また流送ラインの温度変動、濃度変動、流量変動などの各種変動要因の変動許容範囲の把握とそれに伴う運転管理範囲についての検討も行った。

4. TCMの吹込技術の評価と今後の方向

今回のTCMの実高炉への吹込試験により、TCMの物性上、設備上の特質が把握でき、技術的に実用化の目的を得た。TCM吹込は設備面では固化現象を回避する保温方法およびページ方法、潤滑性に乏しい事を考慮した流量計の機種選定、ポンプ能力とローター材質に十分な配慮が要求される。実用化に際してのスケールアップについては振動篩方式またはストレーナ方式を含めた湿式ボールミルの適正規模と運転方法の検討が重要である。高炉操業の面からはオールコークス操業に比較して従来の液燃吹込とはほぼ同様に操業度の上昇が計れ、操業の柔軟性が増すという利点がある。⁸⁾しかし実用化にあたっては、オールコークス、微粉炭、COMなどの他の代替燃料との経済性の比較がより重要となろう。

5. 結 言

高炉における石油代替燃料の利用技術の開発の一環として、京浜製鉄所扇島第2高炉においてTCMの吹込試験を昭和56年1月より9月まで実施した。この試験によりTCMの製造、流送、吹込に関する物性上および設備上の特質を把握した。その結果TCMの実高炉への吹込技術は従来の液燃吹込に比較してやや難かしいが可能である。実用化に際しては他の代替燃料との経済性の比較が重要となる。

文献 1) 例えば、矢部ら：鉄と鋼、67(1981)、S732 2) 望月ら：鉄と鋼、67(1981)、S723 3) 宮下ら：鉄と鋼、67(1981)、S733 4) 大沢ら：私信 5) 佐田ら：私信 6) 特許申請中 7) 城本：燃料協会誌、56(1977)607、P909 8) 大槻ら：鉄と鋼 67(1981)、S730

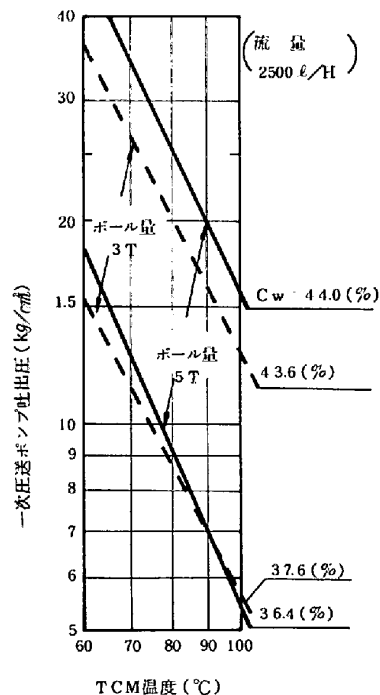


図8. ポンプ吐出圧力とTCM温度、濃度の関係