

討 3

石炭の圧密処理による高炉用コークス製造技術

日本鋼管(株)京浜製鉄所 佐藤武夫 森下良彦 ○根本謙一
 中央研究所 鈴木喜夫 板垣省三

1. 緒言

当社のコークス部門では、高炉用コークス製造における素材費の合理化と競争力強化を目的として、新しい石炭の事前処理方法の検討を進めている。現在、我国で実用化されている事前処理方法として、成型炭一部装入法、分級粉碎法、調湿炭装入法、予熱炭装入法等がある。昨今の原料石炭の総需要量の低迷やコークス炉の延命が重要なテーマとなっている事情を考えれば、合理化技術としての今後の原料炭の事前処理の方向は、既設炉への適用が容易で、設備投資が安く、省エネルギー型の方式に向うものとする。かかる見地から、当社では石川播磨重工(株)と共同で、欧州のスタンパーによるスタンピング法とは異なる石炭の圧密処理を軸とした油圧プレス圧密炭法の試験を1/4 t試験炉において進めてきた。本稿では、油圧プレス圧密炭法の試験・解析結果を報告するとともに、石炭圧密処理技術の発展の一例についても簡単に述べる。

2. 油圧プレス圧密炭法

2.1 石炭圧密と圧密炭ケーキ性状

圧密した石炭ケーキの圧壊強度は、石炭ケーキを崩壊させずにコークス炉に装入するための重要な因子である。加重と圧密炭ケーキ嵩密度の関係¹⁾をFig.1に、油圧プレス方式とスタンピング方式によるケーキ嵩密度と圧壊強度の関係をFig.2に示した。本研究では、石炭の圧密を油圧プレス方式で行ったが、嵩密度1.00t/m³を越えると所要圧力が急激に増加し、嵩密度は1.10t/m³近くで飽和した。ケーキ圧壊強度は、嵩密度の増加とともに増大する。油圧プレス方式では、スタンピング方式よりも高い嵩密度達成が可能だが、圧壊強度は嵩密度が1.05t/m³を越える付近から横這いになってくる。さらに1.00t/m³位の同一嵩密度では、スタンピング方式で製造した圧密炭ケーキの方が、圧壊強度が高い。

これは、ケーキ内部の嵩密度分布が、スタンピング方式の方がより均質になるためと考えられる。また、石炭水分が6~12%の範囲では、水分変化によるケーキ圧壊強度の差はほとんど認められなかった。

2.2 嵩密度とコークス強度

ケーキ嵩密度とコークス強度、DI₃₀の関係をFig.3に示す。通常装入に比べて、嵩密度の上昇に伴

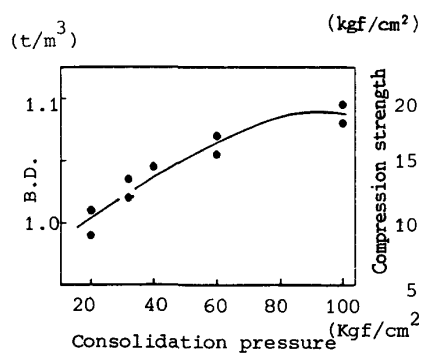


Fig. 1 Relation between consolidation pressure and bulk density

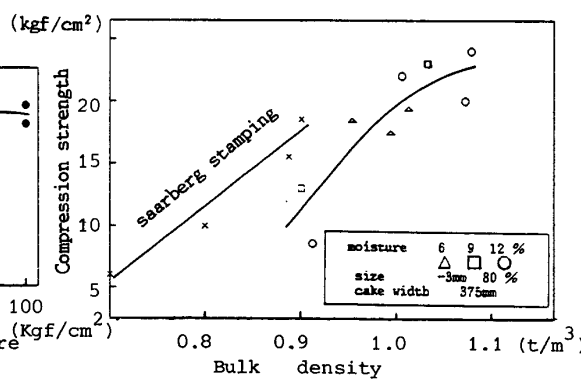


Fig. 2 Comparison of compression strength with stamping method by gravity and hydraulic press stamp one

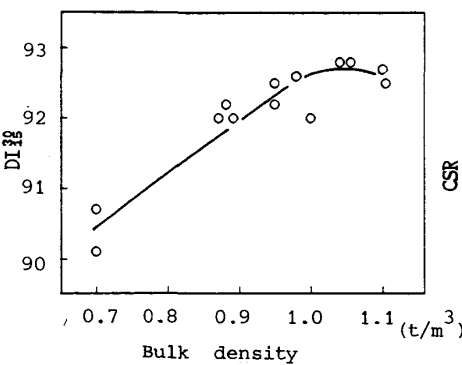


Fig. 3 Relation between coke strength and bulk density

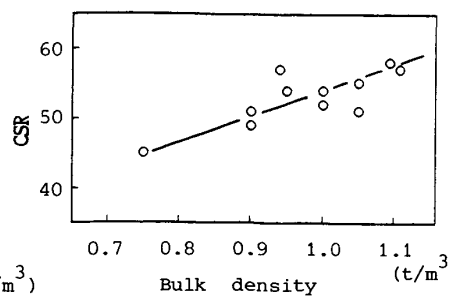


Fig. 4 Relation between CSR and bulk density

ない著しくコークス強度が上昇し、嵩密度 1.05t/m^3 付近で最大値を示す。熱間反応後強度CSRの向上も、Fig.4に示すごとく認められた。通常装入コークスと油圧プレス圧密炭コークスのコークス組織の顕微鏡写真をFig.5,6に示した。両者の相違は、光学的異方性の発達程度と気孔壁に見られる。後者の組織では、異方性が全面に展開してイナータを取り囲んでいる。モザイク状組織が、亀裂を生じにくくさせていると考えられる。密圧による石炭粒子間距離の近接効果が融着結合を増長し、さらに気孔壁が厚く、気孔形状を丸くさせ亀裂を少なくさせる原因となっている。しかし一方では、脱ガス時のストレスが、嵩密度上昇とともに亀裂の発生を促すことと、軟化溶解層で発生したタール分の粉炭層への移行を阻害することから、溶媒和効果が小さくなって 1.05t/m^3 近傍にコークス強度の最大値を出現させたものと思われる。

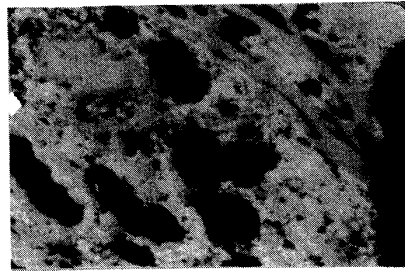


Fig.5 Conventional coke texture

B.D.=(0.75t/m^3)

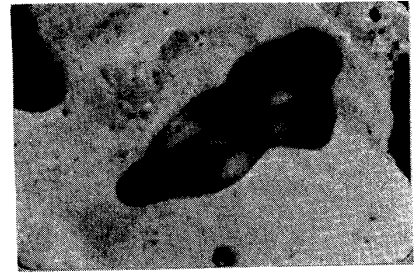


Fig.6 Stamping coke texture

B.D.=(1.00t/m^3)

2) スタンプチャージ法では、低揮発分原料の配合が有効であるとされており、CDQ発生微粉コークスを使って添加効果を調べた。Fig.7に添加量とコークス強度の関係を示す。添加量3%では強度の変化が見られず、9%の添加が可能であることが判った。さらに、添加量の増加はコークスの大粒化を招いた。

2.3 粉コークスの添加

2.4 原料石炭粒度、水分の影響

2.5 乾留時における膨張収縮

2.5.1. 炉壁とのクリアランスの影響

圧密炭ケーキとコークス炉々壁とのクリアランスは、特にテーバーのある既設炉への適用を考える場合に、生産性、コークス品質及び装入作業性等に影響を及ぼす重要な因子である。ケーキ巾375mm(クリアランス片側25mm)と335mm(クリアランス片側45mm)の2種類の圧密炭を製造し、コークス強度に及ぼす影響を調べた。(Fig.9)

クリアランスが25mmの場合は、 DI_{15}^{30} が2.0強

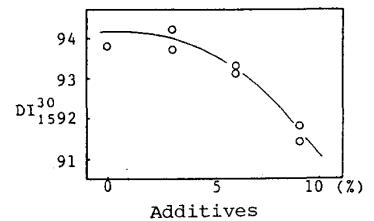


Fig.7 Relation between coke strength and additive content

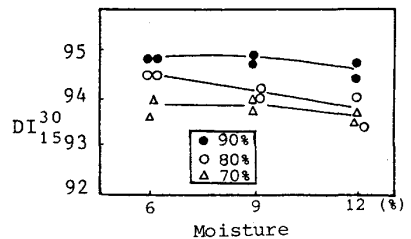


Fig.8 Relation among coke strength and blended coal moisture and size (-3mm)

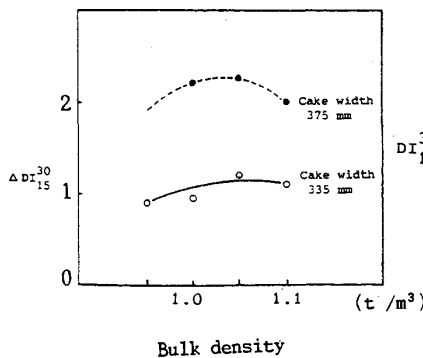


Fig.9 Effects on coke strength with bulk density and cake width

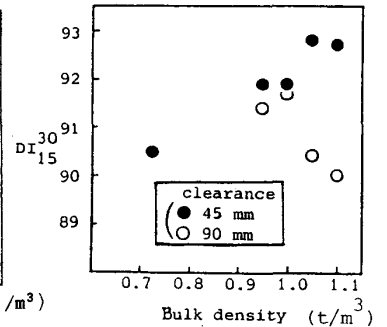


Fig.10 Effects on coke strength with bulk density and different clearances

向上したのに対して、同45mmの場合では、約1.0の強度向上しか得られなかった。乾留終期にはいずれの場合ともクリアランスが消失し、コークスが炉壁に達していた。これらから、装入時のクリアランスが大きいほど自由膨張の影響によって、脆弱なコークスがより多量に生成し、平均コークス強度の低下を招いたものと思われる。

次に、同一巾(355mm)の圧密炭ケーキを、炉壁に対して両側45mmのクリアランスを取った場合と、ケーキを炉壁の片側に片寄せして、一方の側のみ90mmのクリアランスを取った場合の結果をFig.10に示す。片寄せ装入の場合、自由膨張がより助長されてコークス強度の低下が見られた。

2.5.2. 高さ方向の膨張収縮挙動

試験炉における油圧プレス圧密炭試験の結果、乾留後のコークスレベルがいずれの場合もコークスレベルよりも高く、実機を想定した場合に、圧密炭ケーキの膨張が懸念された。そこで、装入前の圧密炭ケーキに耐火物製の目印を入れ、乾留中の膨張収縮状態を測定した。

Fig.11 見られるごとく、コークスレベルが約9%高くなったものの、コークスケーキの高さ方向の部位別の膨張量は、上部300mmで15%前後の膨張に対して、下部300mmでは膨張は認められなかった。したがって、Fig.12に示したごとく、上部の膨張を抑えるだけの荷重をケーキ上面にかけたところ、コークスケーキの膨張がなくなった。この結果から、実機で圧密炭ケーキを乾留すれば、上部数100mmが膨張するものの、中下部がケーキ自重で収縮するため、コークスレベル自体は下がって、既設コークス炉のフリューターニングポイントに問題ないものと考えられる。

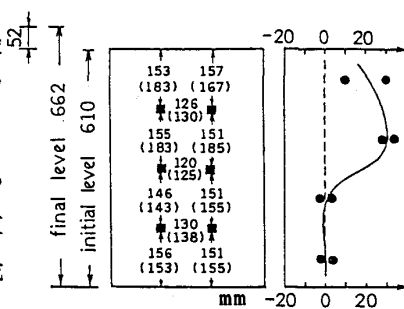


Fig.11 The results of expansion and contraction after carbonization

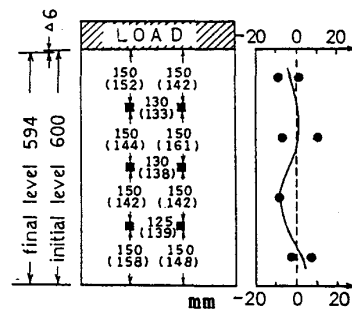


Fig.12 The results of expansion and contraction with load after carbonization (load) 0.0135 kgf/cm²

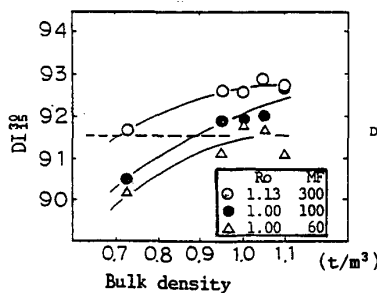


Fig.13 Changes in coke strength with R_o and M.F. of coal

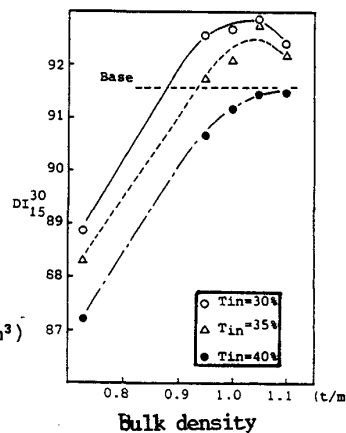


Fig.14 Relation between coke strength and total inerts

2.6 配合炭品位の適用限界

現状の通常湿炭法コークスの強度レベルを規定し油圧プレス圧密炭法を適用した場合、この強度レベルを維持するための配合炭の限界品位の推定を行った。コークス強度決定因子として、石炭の平均反射率 R_o , ギーセラープラストメーターによる最高流動 M_F , 不活性成分 $T-In$ を選んだ。配合炭の R_o と M_F によるコークス強度変化を Fig.13 に、また $R_o = 1.00\%$, $M_F = 100ddpm$ に固定した配合炭で、 $T-In$ を変化させた場合のコークス強度の変化を Fig.14 に示した。両図から見られるごとく、油圧プレス圧密炭法を適用した場合の配合炭の限界品位は、 $T-In < 40\%$ の領域では、 $R_o \geq 1.00\%$, $M_F \geq 60ddpm$, $T-In \geq 40\%$ の領域では $R_o \geq 1.00\%$, $M_F \geq 100ddpm$ となる。つまり、油圧プレス圧密炭法は配合炭の所要 R_o のみならず、 M_F の所要値を大幅に引き下げる効果が見込める事前処理技術であるといえる。⁵⁾

2.7 他の事前処理技術との比較

成型炭一部装入法，分級粉碎法，調湿炭法，予熱炭法は、現在我国で実用化されている事前処理技術である。1/4 t 試験炉でこれから方式の比較試験を行った結果を Fig.15 に示した。コークス強度向上効果は、通常湿炭法に対してDIが0.5~2.5向上する。破線は京浜No.2 コークス炉に換算した値を表わす。生産性は〔装炭量÷乾留時間〕と仮定して、一次元伝熱シミュレーションモデル⁶⁾を使って算出した。(Fig.16) 予熱炭法は品質，生産性ともに向上幅が一番大きい。設備費が高く、既設炉への適用上困難な点もある。コークス炉廃熱を活用する調湿炭法(石炭水分5%)は、品質，生産性向上と効果に留まらず、省エネルギー，コークス炉操業の安定化効果が期待できる。成型炭一部装入法は、

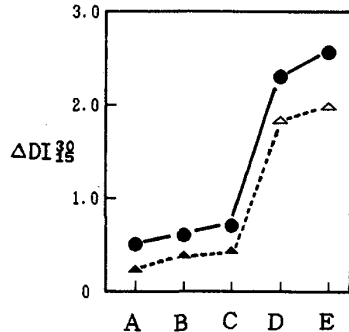


Fig.15 Improvement of coke strength

- A. selective crushing
- B. moisture control
- C. partial briquette

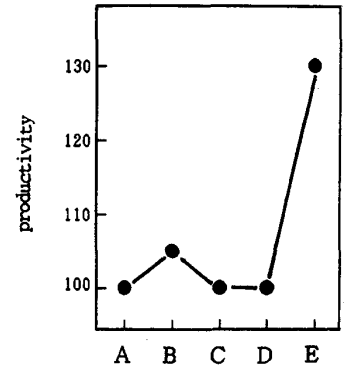


Fig.16 Increase of productivity

- D. press stamp
- E. preheated coal

バインダーやスチームに要する運転費の低減が今後の課題である。分級粉碎法は設備費や設置スペース上簡便な方法であるが、原料石炭のT-I n量が低ければ品質向上効果が小さい。一方、油圧プレス圧密炭法は生産性向上が小さいものの、品質効果以外に既設炉への適用性や設備費，運転費の低廉性の点などから秀れた事前処理技術の一つと考えられる。

3. 石炭圧密技術の展開の一例

石炭嵩密度を上げればコークス品質の大幅な改善につながることに着目して、厚み 100mmのスラブ状圧密炭を製造し、炉壁温度 830°C，炭中温度 600°Cを乾留終点として焼成した。軟化熔融時の自由膨張を抑えるために、圧密炭上面に荷重をかけた。乾留時間は約 4時間で、コークスは厚み方向で亀裂が入り、通常コークスと同じく頭部，足部を形成した。コークス強度は Fig.17 に示すように嵩密度に比例し、通常のコークス製造と同じ傾向が認められた。コークス強度レベルは、1.0t/m³の嵩密度を与えればほぼ通常コークスの域に達しており、反応後強度，ミクロ性状，コークス組織等を調べなければ明言できないものの、石炭を嵩密度1.0~1.1t/m³に圧密処理をすれば、低温乾留であっても高炉用コークス製造の可能性が示されたものとする。

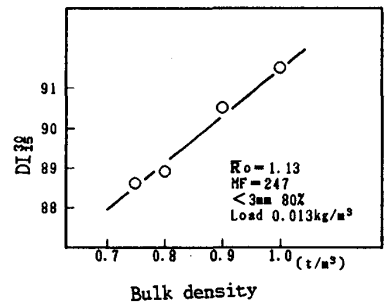


Fig.17 The results of carbonization with thin and compressed coal cake

4. 結言

原料石炭を圧密処理して圧密炭ケーキを製造し、これをコークス炉に装入して乾留する油圧プレス圧密炭法が、我国で使用する石炭を対象としても、コークス品質改善に大きな効果が期待できる一非微粘結炭の活用，コークス品質の確保が可能という面で、秀れた事前処理技術の一つであることを明らかにした。さらに、圧密技術の今後の展開例として、低温乾留によっても現状の室炉式高温乾留コークスに相当するコークス製造の可能性について言及した。

参考文献

1)Nasu et al IHI Engineering Review 1985-Vol 18 3
 2)Petak et al:Metallurgical Plant and Technology 1980
 3)Leibrook et al: AIME 4th 1982 341
 4)加藤ら 第75回コークス特別会 1983 51
 5)加藤ら 第78回コークス特別会 1985 44
 6)松原ら 鉄と鋼 68 1982 2148