高圧ロールプレスと石炭成形

High Pressure Roll Press and Coal Briguetting

溝 口 忠 一*, 小 泉 茂*, 山 本 裕*
 Chuichi MIZOGUCHI, Shigeru KOIZUMI, Yutaka YAMAMOTO

Key Words : Roll Press, Coal, Briquet, Wood, Activated Carbon.

1. はじめに

ロールプレスは、互いに喰い込み勝手に回転する2個のロール間で、粉末原料を圧縮し成形する。ロール表面に型を彫って、成形物(ブリケット)を連続的に成形するものをブリケットングマシン、ロール表面が平滑、あるいは波型でフレック状の成形物をつくるものをコンパクトングマシンと呼ぶ。

ブリケットングは、古くから粉状石炭の成形用に使われており、ブリケット(豆炭)は工業用・家庭用燃料として広く利用されていた。1960年代までは豆炭製造機と呼ばれるぐらい、主に粉炭成形に使われていた。当時の粉炭成形では、ピッチ、アスファルト、澱粉などのバインダを5~10%程度混合し、200~300 Kg_r/cm²程度の低圧縮力で行っている。現在は、ピッチなどを加えた石炭の低圧ブリケットは、工業用コークス製造プロセスを除き、一般燃料としては、わずかである。

一方、1950年代頃から、ロール間への原料粉末の強制供給装置の開発、ロール間での成形機能およびロール形状の解明、ロールの高級材料の応用などによって成形圧力が大幅に増大し、精錬・化学・薬品などの幅広い産業分野の原料、中間製品などの成形に、ブリケットングが広く使われるようになった。

最近、石炭利用開発が燃料の多様化のなかで進められているが、環境汚染対策も一層厳しく求められてい

るため、石炭に木粉、あるいはバガスなどの植物質を15~30%混合し、2~3 t_r/cm²の高圧縮力をかけて成形化した無煙化ブリケット(バイオコール)が高圧ブリケットング技術により開発されている。また、石炭を原料とする活性炭製造プロセスでは、乾燥微粉炭をフレック状に成形し、解砕して顆粒化した後、焼成、賦活などを行っており、かさ密度の低い乾燥微粉末原料から、直接高密度の石炭フレックをつくっている。本稿では、最近の高圧ロールプレスの機構と石炭の高圧成形特性についての、二、三の実験結果について述べる。

2. 高圧ロールプレス

高圧ロールプレスでは、互いに反対方向に、喰い込み勝手に回転する2個のロール間に、上方向から原料粉末をスクリューで強制供給し、ロールの回転にともない圧縮成形する。ロール間の成形圧力は1~5 t_r/cm²になっている。特徴を以下に述べる。図1は高圧ロールプレスの概略構造を示す。

図1 高圧ロールプレス概略構造

平成2年9月7日受付

粉体工学会第26回夏期シンポジウム(1990年7月, 神戸)にて講演

*大塚鉄工(株)

(〒108 港区三田5-1-12) TEL 03-452-6531

2.1 強制供給装置

ロールプレスでは、ロール表面と原料粉末との間の摩擦力によって、ロール間に原料粉末が喰い込まれて圧縮成形される。低压ロールプレスでは、ロール上方のホッパー内の原料の重力のみで、ロール間に原料を供給する方法がとられているが、高压方式では、スクリーフィーダーでロール間に強制供給する方法が行われている。これは、スクリー内で原料粉体の密度を高め、さらにロール間に強く圧入することから、小ロール径でも、原料の喰い込み量を多くすることができ、高压縮力をかけることが可能になる。

ロール間での圧縮力は、スクリーの原料の押し込み量によって決まってくる。すなわち、スクリー形状が一定の場合は、スクリー回転数で成形圧が決定されることになる。スクリーの形状は、原料のかさ密度、壁面摩擦係数などから、最適な形に設計されているが、原料の粒度、水分などの僅かな違いによって押し込み量が変わってくる場合があり、一般にはスクリー、あるいはロールの負荷、さらに後述するロール支持装置によるロール後退量などを検知して、スクリー回転数を自動的に調整している。

スクリー出口形状、さらにロール両側を規制しているライナーの摩擦などの影響で、ロール両側は成形物が弱くなる傾向があることから、スクリー先端はロールの全幅に均一に原料を供給する形状にしている。特に処理能力が大きく、ロール幅の広いものでは、2～3個のスクリーをロール軸方向に並べた構造にし、ロール全幅にわたって、原料が均一に供給できるようになっている。また各々のスクリーは、別々の駆動装置によって回転している。

2.2 ロール支持装置

粉体の高压縮成形領域では、わずかな体積の変化でも成形圧が大幅に変化することから、粉体物性の変動などによって、ロール間への喰い込み量がわずかに増加した場合でも、ロール間での圧縮力は過大になって、ブリケット強度を低下させることになる場合がある。

図2は瀝青炭ブリケットの強度とロール間成形圧力との関係(点線)と、同一原料をシリンダ内で圧縮するタブレットテストでの成形圧力とタブレット密度の関係(実線)を示す。同一原料をシリンダ内で圧縮するタブレットテストでは、成形圧力を増加すると成形物の密度も増加して行くが、高压域では、成形圧力の増加に対し、体積変化は僅かになって、密度の増加はほとんどなくなってくる。すなわち、一定の体積であるロールのポケット(母型)の中に原料が多く喰い込み過

図2 シリンダテストによるタブレット密度とロールプレスによるブリケット強度

ぎると、ロール間での成形圧力は大幅に大きくなっていく。図2に示すように、石炭ブリケットは、成形圧力が過大になると、ブリケット内部にクラックが発生したり、一部が破砕されてしまうことから、ブリケット強度が低下してしまう。

このような現象を防ぐために、高压ロールプレスでは、ロール軸受は油圧圧縮力調整装置によって支持されていて、ロール間の圧縮力が最適値以上になった際には、ロールが後退してロール間隙を広くし、常に最適の圧縮力が保持されるようになっている。

2.3 ロールポケットの形状

ブリケットマシンでは、ロール外周面には、ブリケットの母型であるポケットが刻まれている。

ロール間での圧縮機構は、シリンダ内で原料をピストンで圧縮するタブレットテストとは異なっている。図3に示すように、ポケットの外縁がすべて同時に閉じることはなく、円周方向について考えると、ポケットの先端が閉じているときには後端は開いており、後端が閉じているときは先端は開いている。またポケット表面と原料との間では、滑りが生じ、剪断作用を受けながら圧縮される。このことは、圧縮力のブリケット内部への伝達を効果的に行うことになる。

しかし、最も圧縮力が高くなる2個のロール中心点を結ぶ位置では、ブリケットは、ほとんど変形しない

図3 ロール間での圧縮機構

固い成形状態になっていることから、ポケット表面とブリケット表面との過大な摩擦抵抗をできるだけ少なくし、剪断力によるブリケットの破壊を防ぐことが必要となる。円周方向のポケットの曲面形状は、高圧ブリケットングでは特に重要な設計ポイントになっている。燃料用石炭ブリケットの大きさは、一般に6～50 cm³程度の大きさである。

3. 石炭の高圧成形

石炭は、燃料あるいはコークスなどの炭素材原料として広く使われている。活性炭原料としての微粉炭のコンパクティング、また無煙化燃料として開発されたバイオコールのブリケットングでは、従来の粘結材を多く添加した低圧成形とは異なり、圧縮力2～4 t_f/cm²の高圧成形が行われている。

バイオコールブリケットは、図4および5に示すように、約3 mm以下の石炭に、木材、バガスあるいは藁などの植物質を約15～30%と、脱硫剤を混合して成形した固形燃料である。高圧縮力をかけて粒子相互を強く密着させてあり、燃焼時にも粒子は密着したまま燃焼することから、ばい煙発生は大幅に少なく、煙突からの排ガスは目視できない程度になる。また脱硫剤も石炭粒子に密着しているため反応効率が大きく、燃焼性硫黄を固定させることができる。

また、活性炭原料の場合には、水分、粘結剤を添加することは、活性炭の品質を低下させることから、乾燥状態で微粉炭のみを高圧で成形することが要求され、

スクリーフィーダーで脱気、予備圧縮を行い、ロール間で2～3 t_f/cm²の高圧縮力をかけて成形している。

4. 石炭物性と成形性

バイオコール製造のための基礎実験として行った石炭高圧成形性テスト結果の一部についてのべる。

石炭は、原木の違い、地中での生成過程の相違などによって多くの種類があるとされている。表1に示すように炭化度によって、褐炭、亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭などに大別しているが、一般には石炭の物性表示として、物理的性質と化学的性質に分けている。

表2に実験に使用した石炭の物性値を示す。実験機は、ロール径250 mm、回転数4 rpm、支持圧17 t_f、ブリケット大きさ約4 cm³、図6に実験機外観を示す。

4.1 粉砕性と成形性

石炭の粉砕性を示す物性値としてハードグロブ粉砕能(HGI)がよく用いられるが、このHGIとブリケット強度の関係を図7に示す。粒度は、ケージミル粉砕物-2 mmである。バインダは添加されていない。

HGIの大きいもの、すなわち粉砕し易いものが成形性もよくなっている。高圧成形では、圧縮過程で碎けた粒子が粒子間を埋め、粒子相互の密着度を上げ、さらに粉砕による新生面が密着強度を上げる結果である。

4.2 燃料比と成形性

実験結果を図8に示す。

燃料比は、固定炭素と揮発分の比で表した値であり、燃焼特性を示すものとしてよく使われている。粒度は、

図4 バイオコール製造概略フロー

図5 バイオコール

表1 石炭分類と性状(例)

分類 炭質	発熱量 [kcal/kg] (無水無鉱物基)	燃料比	粘結性
無煙炭		> 9	非粘結
半無煙炭		> 4	
瀝青炭	> 8,400	> 1.5 < 1.5	強粘結
	> 8,100	> 1 < 1	粘結 弱粘結
亜瀝青炭	> 7,800	> 1 < 1	弱粘結 非粘結
	> 7,300		非粘結
褐炭	> 6,800		非粘結
	> 5,800		

表2 石炭物性

	国内炭 A	国内炭 B	国内炭 C	海外炭 A	海外炭 B	海外炭 C	海外炭 D
固有水分[%]	1.6	2.2	6.0	1.0	2.3	14.1	0.8
揮発分[%]	40.8	40.6	41.9	46.3	26.0	33.0	19.5
固定炭素[%]	46.3	49.7	37.1	31.9	56.7	48.4	71.2
灰分[%]	11.3	7.5	15.0	11.8	14.5	4.5	9.3
全イオウ[%]	1.14	0.71	0.25	0.64	0.50	>1	0.20
発熱量[kcal/kg]	7330	7720	6200	7440	6710	6530	7000
H. G. I [-]	71.0	57.0	38.1	98.1	59.0	46.0	107.0
燃料比[-]	1.135	1.224	0.885	4.411	2.181	1.467	3.651

図6 ブリケットングマシン実験機外観図

図7 H. G. Iとブリケット圧壊強度の関係

図8 燃料比とブリケット圧壊強度の関係

ケージミル粉砕物-2mmで、バインダは添加されていない。燃料比の大きいものが成形性がよくなってい

図9 石炭平均粒子径とブリケット圧壊強度

る。すなわち、固定炭素が多くなると成形性がよい。

HGIの影響と合わせて考察すると、揮発分が多いものは、成形圧力下では粒子は碎け難く、粒子間の密着度が少ないことになる。

4.3 石炭粒度と成形性

石炭にバガスを約20%混合したバイオコールと石炭のみの高圧ブリケットングについて、石炭粒度を変えた場合の成形性についての実験結果を図9に示す。

石炭単味の場合は、平均粒子径(X_{50})が細かくなるにしたがって、ブリケット強度も上がるが、 $X_{50} = 0.2\text{mm}$ で最高になって、さらに細かくなると強度は下がる。バイオコールでは、 $X_{50} = 0.3\text{mm}$ 程度から強度は大幅に増加している。これは、石炭粒子のみのブリケットングでは、微粒子が多くなると圧縮時の脱気作用が悪くなるため、ロール速度を下げるとブリケット強度は上ってくる。

一方、バイオコールでは、バガスは3~5mm長さの繊維状であることから圧縮時の脱気作用が良く、また石炭微粒子が繊維状のバガスと絡み合い、ブリケット強度を上げている。

5. おわりに

高圧ロールプレスは、広い産業分野の中で、原料、中間原料の成形に用途を広げているが、高圧縮領域で

の粉体の挙動に合った機能、構造を持っていることが重要で、特に、フィーダー、ロール形状、ロール支持機構に特徴がある。

このような高圧ロールプレスによって石炭ブリケットを製造するにあたって、石炭物性と成形性について

行った実験のうち、HGIの大きいもの、すなわち砕け易い石炭は成形性がよく、石炭の化学的性質からみるならば、揮発分に比し固定炭素が多い石炭、すなわち、燃料比が大きい石炭は成形性がよいことがわかる。

参 考 文 献

1) Maruyama, T., C. Mizoguchi: "Briquetting and Combustion Characteristic of Coal-Wood Composite

Fuel" 4th Symposium on Agglomeration AIME p.551 (1985)

新しい言葉

古い言葉

メカノケミストリー (Mechanochemistry)

生体系の骨、軟骨、靱帯などに含まれる硬蛋白質のコラーゲン繊維の収縮や緩和現象がその科学的な変性にもとづくことを見出した A. Katckalsky と W. Kuhn が、これをメカノケミストリーと名づけたのは1948年のことである。この研究は1952年にオランダで発行された "Deformation and Flow in Biological Systems" Frey-Wyssling 編に掲載されている。毛細血管中の血液の流動性の研究から生れた Poiseuille (ポアズイユ) の法則や、血球沈降速度の計測から見出された容器中の懸濁粒子群の沈降時における Boycott 効果など、粉体の分野で使われる言葉には医学・生物学者の発見によるものが幾つもある。

メカノケミストリーという言葉は物資に機械的な力を加えることによってその構造や特性が変化する現象に対して一般的に用いられるようになり、まず金属材料の疲労や腐食の研究で使われた。固体材料が機械加工によっ

てその表面構造を変えることがあることはもっと以前から知られており、G. T. Beilby による結晶表面の加工にもとづくアモルファス層の生成、いわゆる Beilby 層の研究 (1921) はよく知られている。この Beilby 層は物質によっては数十 nm の厚さになり、これが過冷却液体層か微結晶層かなどいろいろの説があらわれた。このことは現在の Tribochemistry とよばれる分野、すなわち固体表面の変化にもとずき、そこに接する気、液相における化学現象を研究する分野に発展している。

粉体では破碎、粉碎による粒子表面の構造変化とそれが粉体の物理化学的特性に与える効果を論じた研究が1960年頃から数多く行われ、メカノケミストリーという言葉は粉碎による粉体粒子の構造と物性変化の関連を意味すると錯覚される観さえある。これは粉体が大きな表面積を持ち、個々の体積が小さい粒子群であるために構造や物性の変化が観察しやすいことによるので、粉碎に限ることではないことは言うまでもない。粉体粒子群を圧縮することにより、化学構造の変化、とくにあまり安定でない水和物結晶の化学結合構造が変化して触媒活性が増大したり、混合粉体が反応するなど多くの例が報告されている。近年、粉体粒子の特性を向上させる技術、いわゆる粒子改質についての要望が多くなるにつれて機械的なエネルギーを加えて特性を変えることが工業的な粉体処理技術として積極的に取上げられている。メカノケミストリーに関する国際会議も何度か開催されていることはご承知の通りである。(荒川 正文)