pH 制御における操作部のアングル弁と サンダース弁の作用実績について

小 川 永*

On the Operation Performances of Saunder Valve and Angle Valve in pH Automatic Control

Hisashi OGAWA

1. 緒 言

細倉選鉱場においては、昭和32年以来 pH の自動制御に着手し、浮選鉛分離系及び亜鉛分離系に対して、電子管空気圧式自動調節計による石灰添加量のコントロールを行ってきたが、操作部としては鉛粗選系にサンダース弁、鉛精選及び亜鉛粗選、精選系にアングル弁を採用している、その両者は得失について検討を加えてみたいと思う。

サンダース弁 (Saunder valve) といわれている弁は、合成ゴムの隔膜を弁座に押しつけて、流量を変える型の弁であつて、ピンチバルブの下半分を固定したような形状を持つので、その流量特性もピンチバルブに似ており、バルブステムの動きに対しある開度で急激に流量が変わるため、流量の比例制御には適さないとされていたものである。それで従来 ON-OFF 弁として使用されるのが普通であつたが、近年ライニングが容易であるので、調節弁としても使われるようになったのである。それに対しアングル弁 (Angle valve) は、流路が直角に曲るのでこの名があるが、インナーバルブの形状が放物線状であつて、流体に対する抵抗が小さいのが特徴で、比例特性を持たせる事ができるものである。これらの弁は、いずれも自己清浄作用があり、粘稠物や粉体の混った流体にも使える利点があるが、どちらかと言えばサンダース弁の方が自己清浄作用が大きく、概してアングル弁の方がつまり易いようである。

元来、自動制御においては、検出、増巾、制御、操作の各機構が相互に影響を及ぼすので、検出端の位置、攪拌条件、自動調節計の制御特性等を考慮しないで、単に制御結果から操作部のみの特性を比較してみても、あまり意義がなく、また弁の流量特性だけで、制御系全体の総合特性が決つてしまうものでもない、サンダース弁のような流量特性の悪い弁でも、使用条件如何では十分

良好な結果をもたらす事ができるものである。とりわけ pH 制御の場合は、被制御液の応答特性が、液面とか流量の制御の場合のように単純でなく複雑な特性をもっている、個々の特性の良否よりも、全体のバランスの方が重要になってくるし、現場操業の場合では、保守管理の難易という事も軽視できない点である、総合的な比較をしたいと考える。

2. 浮選系統および鉱液の pH 特性

現在、pH の自動制御を行つているのは、浮選鉛分離系及び亜鉛分離系の各粗選、精選の 4 系統である。第 1 図に浮選系統と概略の pH 設定範囲を示す。この pH 値

第1図 浮選系統

は、精鉱や尾鉱品位の高低によつて適宜設定されるものであるが、設定値を定めた場合は勿論その値を保ち続ける事が望ましい。しかし手動で pH を調節すると、流量の変動、原鉱 pH の変化等の外乱のために ± 1.0 の変動が起り、それによつて精鉱、尾鉱品位が左右されるので特に重要な鉛分離系と亜鉛分離系に対して、第 2 図のよ

受理 昭和37年 9 月 1 日

* 三菱金属鉱業(株)細倉選鉱所 選鉱課 技師

第2図 浮選 pH 自動制御系統図 (昭和36.8現在)

pH 発信器は、直接コンディショナー及び浮選機セルに浸漬し、発生した起電力は増巾後電子管空気圧式の自動調節計に入り、0.2~1.0kg/cm² の空気圧として取出される。この空気圧によってダイヤフラム弁を操作し、石灰ミルクの流量を調節する方式をとっている。

pH 自動制御においては、弁の型式、仕様の選定に当って被調節液である鉱液の pH 特性が問題になる。pH の検出にはガラス電極が使用されるが、このガラス電極は pH に比例した起電力を発生するものである。しかしこの起電力は、調節液である石灰水の量とは直線関係をもたず、調節液と被調節液の性質によって複雑な関係を生ずる。一般に pH 滴定曲線は中性点附近で急激に pH が変化する S 字状のカーブをもつが、緩衝作用がある場合には、pH の変化が鈍くなる。いずれにしても中性点附近では調節液の変化量に対する pH の変化量は大きく、酸性乃至は塩基性が強くなるに従って小さくなるものである。一方、弁のステムは制御信号に比例した動きしか示さないから、弁の流量特性が、pH 曲線の設定範囲内のカーブに合ったものを選ぶ事が望ましいと言えるのである。つまり pH の高いところでは、ステムの同じ動きに対して、流量が大きく変化するものが良いことになる。

第3図に各系統の消石灰による pH 特性を示す。系統別に見ると、石灰が初めて添加される鉛粗選系が石灰の効果が高く、鉛精選系、亜鉛精選系に行くに従って、いわゆる石灰の効きが悪くなってくる。又当所の場合、渇

第3図 鉱液 pH 特性

水期に用水として坑内水を使用すると、雑イオンのため若干緩衝作用が現れ、pH 変化にタイムラグが出てくるので、制御結果に悪影響を及ぼす。

3. ダイヤフラム弁の概要

現在使用中のダイヤフラム弁の仕様を第1表に示す。

第 1 表

浮選系統	鉛粗選	鉛精選	亜鉛粗選	亜鉛精選
型 式	サンダース	アングル	アングル	アングル
呼 径	2	1	1 ½	1 ½
インナーバルブ	—	パラボリック	パラボリック	パラボリック
ストローク	25mm	12.7	19.5	19.5
ダイヤフラム径	400mm	275	300	300
作動方式	逆作動	逆作動	逆作動	逆作動
最大流量	190l/min	30l/min	230l/min	250l/min

弁の所要口径は Cv 法によって算定したものである。一般に非圧縮性流体の場合、 ΔP を弁前後の差圧 (psi)、 G を流体比重、 Q を流量 (GPM=3.79l/min) とした時、 Q は

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G}}$$

で表される。系数 C_v は弁前後の圧力差が 1 psi (0.07 kg/cm²) の時のある開度における水の流量 (GPM) で弁の大きい程、又開度の大きい程大きくなり、メーカーによつて、同口径でも多少の差がある。一般に所要口径を求める時には、全開時の C_v がわかればよい。

弁の寸法は大きい方を取つた方が安全とされているが、弁が大きいと単位開度当りの流量感度が上りハンチングの原因になる。また弁開度の小さいところでの使用が多くなるので、石灰ミルクのように粉体の混つている流体では、粉体の沈積が起りハンチングが余計に大きくなる傾向がある。従つてこのような場合は石灰濃度を下げて所要流量を増してやる必要がある。

弁前後の圧力差はあまり大きいと、ステムの動きが鈍くなる上、全開時に洩れを生じやすい。また小さ過ぎると弁の所要口径が不当に大きくなつて不経済であるから、弁の取付位置を決めるには考慮を要する。それから、弁の位置に関係ある事で、検出部と操作部の間の距離が長過ぎると、タイムラグのためにシャープな制御ができない事が多い。当所の場合、発信器を置く位置とか、弁にかかる圧力の問題、石灰タンク液面の制御等に苦心し、種々実験を重ねて現在に至っている。

4. サンダース弁とアングル弁の比較

1) 形状 第4図、第5図、第6図に当所で使用しているダイヤフラム弁の形状を示す。いずれも逆作動型であつて、空気圧が上昇した時に弁が開くようになっていゝ。これは停電時に空気が抜けた時、液が流出しないように逆作動にしたのである。同一口径で比較するとアングル弁の方が弁体の構造上機械高さが大きくなり、取付はサンダース弁の方が簡単である。

2) 流量特性 第7図、第8図にそれぞれサンダース弁アングル弁の流量特性を示す。サンダース弁は開度が50%に達するとそれ以上あまり流量は増加せず、開度が10~30%程度の開度範囲で制御するのが良いとされている。アングル弁の方はインナーバルブが、パラボリック型で、イコールパーセンテージ特性(対数特性とも言う)

第4図 ダイアフラム弁
(サンダース型)

第5図 ダイアフラム弁
(アングル型)

第6図 ダイアフラム弁
(1½ アングル型)

第7図 サンダース弁流量特性

第8図 アングル弁流量特性

である。通過流体に対する抵抗が小さく、中間値から最大値の間での特性が優れているといわれる。当所では、サンダース型が15~25%、アングル型が40~60%の開度になるよう、石灰ミルクの濃度を調節している。石灰使

用量は毎分200~300 gで、水質が悪くなると使用量が増える。

3) その他の特性 両者とも所謂セルフクリーニング特性があるので、粘稠物や粉体の混った流体に使用できるが、どちらかと言えばサンダース弁の方が粗野な使い方に耐えるようである。例えば、石灰スケール等の挟雑物が入った場合、サンダース弁であるとシステムを2~3度上下させれば、簡単に出てしまうが、アングル弁であると、弁を解体して取る必要がある。又消石灰が粗い場合、アングル弁の中に溜つてくる傾向があり、ストレーナを設けて、粗いものが入らないようにする必要がある。その他サンダース型は、テフロンやガラスでライニングする事ができるので、硫酸のような腐蝕性流体にも使用できる利点がある。

保守管理の間では、アングル弁はインナーバルブや、バルブシートに石灰が沈着して容量が減少するので、数ヶ月毎に洗浄して取除く必要がある。サンダース型は、片側がゴムであるので、スケールが自然に剝離する傾向があり、容量の減少はあまりめだたず、保守に手がかからないようである。

5. 制御結果について

記録計チャートに現れた結果は、操作部の流量特性だけではなく、原鉱 pH 特性の変化、鉱液流量の変動、石灰水の濃度、用水の水質、フロスの状態、pH 設定値の高低、発信器や増巾器の感度、自動調節計の制御特性等非常に多くの因子に左右されるが、人為的に調節の容易な調節計の制御特性と石灰水の濃度、操作部の状態の3要因について考えてみたい。

調節計は4台とも同形式の空気圧式であつて、比例帯(P)は0~200%、積分時間(I)は3秒~10分、微分時間(D)は4秒~5分41秒の範囲で任意に調節できるPID自動調節計である。

制御結果が悪くなつた場合、記録チャートを見て、調節計のPIDの操作で回復できる場合、石灰濃度を変えた方が良いと判定される場合、操作部ストレーナ乃至は弁の洗浄を要する場合とか、あるいは発信器や増巾器、調節計に故障がある場合とか、いろいろな判断を下すわけであるが、表示記録計関係の故障は問題が別であるのでここでは触れない事にして、調節計の制御特性と操作部の状態に関係がある場合だけに限定して考える事にしたい。

まず制御結果が良好な場合を比較してみると、第9図、第10図のように、設定値を変更した場合、サンダース弁の方がシャープな結果が得られているが、これは操作部の良否によるものでなく、鉱液の pH 特性に關係が

第9図
鉛粗選系
サンダース弁

第10図
亜鉛粗選系
アングル弁

あると思われる。しかしこの事は、同一個所にアングル系とサンダース弁を取付けて比較した訳ではないので、明確に断定を下す事は出来ないのであるが、鉱液の pH 特性が、サンダース弁の設置されている鉛系の方が良いという事を抜きにしても、サンダース系でもシャープな追従が可能である事の証左になると考えられる。使う場所によつては、流量勾配の大きいサンダース型の方が良いとも言えるのである。

次にバルブ内に消石灰の沈積が起つてしていると判定される場合の記録状態を第11図、第12図に示す。第11図の例は非常に稀な例であるが、サンダース系に異物が入つた

第11図
サンダース弁
石灰沈積時の状態

第12図
アングル弁

場合で、弁自体の自己洗浄作用で自然に回復した例である。アングル弁では、この状態が長時間続く事があるので、このような時はストレーナに溜つた石灰を抜いてやる必要がある。

第13図、第14図はそれぞれ、サンダース型、アングル型に起つたハンチングの例であるが、この程度のハンチングは、自動調節計の比例帯の変更操作で調節できるものである。

第15図は石灰濃度が高過ぎる時に起るハンチングで、このような場合は、比例帯を大きくしてもあまり良い結果が得られず、無理に比例帯を大きくすると、制御系の感度が下つて、第16図のような大きなハンチングを始め

第13図

第14図

第17図

第17図のように pH 設定値を下げた時は、所要流量が減るので、弁が見掛上大きくなって、ハンチングを始める事がある。設計当初に大き過ぎる弁を選んでしまうとこの状態が長く続く事になるが、比例帯感度を下げるか、石灰濃度を低くしてやるかすれば、ハンチングを防止する事ができる。

6. 結 語

以上、いろいろ検討してみ、厳密に同じ条件での比較試験の結果ではないに

しても、総合的に見ると、流量特性が悪くて比例制御には向かないとされているサンダース弁で、十分使えるものと考えてよいと思う。石灰ミルクのような懸濁液の場合は保守管理の容易なサンダース弁の方が、価格が安い事と併せてより有利ではないかと考えられるのである。

非常に漠然とした検討の仕方、結論を急ぐ事は、はなはだ危険であるが、当所の経験の一端を披瀝した次第で、識者の御批判を頂ければ幸いである。

参 考 文 献

岸本長彦、松下寛 pH 測定と自動制御

岩淵雄次 計測と自動制御

北辰電機製作所カタログ 取扱説明書 I-023D、T-9

第15図

第16図

るので、この場合は石灰濃度を下げるのが得策である。