

ブリッジブレーカ物語

ホッパ内で粉粒体の閉塞（ブリッジ）が発生すると、まず外壁を叩いたり、上部から棒で突いたりします。それでも解決出来ないか、または疲労で嫌になってきて人力によらない解決策を調べます。粉粒体トラブルの教科書には回転翼式の記載は無く、ノッカ（振動式）やホッパ揺動式等が記載されており、これらを導入してもブリッジが解決されないか、解決されても騒音や振動の問題が発生するケースが多いのです。当社に電話を頂くのは、このタイミングが多いです。回転翼式はブリッジを直截的に解決する有効な手段です。当社において、ノッカで未解決を解決した事例は多く、揺動式を解決した事例も2件あります。

回転翼式の歴史について筆者が知っている限りでは、オランダのDML社が最初に開発したと思われませんが、現在は販売を止めているようです。その理由は回転部分と固定部分の隙間から粉粒体がギアケース内に侵入し堆積して運転停止となるトラブルが多発した事でした。これはDHLのエンジニアから直接聞きました。日本でも回転翼式に挑戦した会社がありましたが、やはりトラブル頻発で断念しました。

“ホッパ内が大気圧ならシールは問題ないのでは”と御考えの方もおられるでしょう。粉粒体がホッパの上部から間歇的に投入されると、ホッパ底部では衝撃圧が発生します。圧力上昇が瞬間的でも何遍も繰返されると少しずつ粉粒体がギアケースに侵入するのです。トラブル発生まで数カ月かかる場合もあります。

筆者は前述の日本の会社が廃業した後この方式に挑戦しました。当初弾性体パッキンを使用して試作を繰返しましたが、パッキンがすぐ摩耗して解決出来ませんでした。そこで回転部分と固定部分の隙間に外部からエアを吹込んで通過させ、ホッパ内に噴出させることで粉粒体の侵入を止めることが出来ました。この時のエア量は500L/minでした。

回転翼式のもう一つのメリットは粉体爆発を抑止出来ることです。粉体爆発は静電気の火花によって発生しますが、ノッカのように粉体が内壁面から一斉に離れる瞬間に火花が発生し易く欧米ではATEX等の規制があります。このリスクがある粉体用としてアイルランドに納入した実績があります。

しかしブリッジを完全に解消出来るとは言え、エアパージにはデメリットもあります。

第一は、食品や薬品ではクリーンエアが、酸化を嫌う環境では窒素ガスが必要で、このコストが馬鹿にならないのです。このガスパージ量を低減するため試作改良を重ねました。PTFE製のシール材（固定部分）とSUS材（回転部分）を軽く接触させ、その隙間にパージガスを通すことでパージ量を30L/min位まで低減させ、シール材の摩耗も抑えることが出来ました。

第二には重く高価であるということです。製造を開始した当初はステンレス鋳造法でしたので、重量が250Aで60kgw位あり、鋳造限界からそれ以上のサイズは製造出来ませんでした。そこで板材からの切削加工も併用し3D CADで応力解析を行いながら無駄肉を下回り重量低減を図りました。これで約50%も重量を低減することが出来ました。

これでいけると安心していただけ、ボイラプラントの灰処理設備に本品を納入したところ、灰の中の未燃焼物が着火してしまい、結局使用出来なくなっていました。一方大口径の引合も増え、1200A の引合例も出るに及んで、フランジの厚みを低減する為の大幅な設計変更の必要性が生じました。これらの事例からエアパージによらない中心駆動型の開発動機となりました。

従来のブリッジブレーカは上下 2 分割構造で上ケースと下ケースの間に、ベアリングのボールやギア等を配置するため面間距離が大きくなっていました。中心駆動型は機構が中心部に配置されフランジはただの板になるので薄く出来ます。

出力軸は小口径のオイルシールで完全に気密化され、ガスパージが不要となります。更にエアを外部から導入し機構を通過させフランジ外壁から排出することにより、空冷が可能で高温仕様に適用出来ます。オイルシールを多段化し機構内部をホップ内圧と均圧化することで高圧仕様においても問題はありません。実機として 500A 内圧 500KPa の製品を納入し問題なく操業が続けられています。

中心駆動型は機構が中心部に設置されるため開口面積が少なくなります。このため排出速度の低下が心配されましたので実験を繰返した結果、全く杞憂に終わりました。どういふことかと言えば、羽根は粉粒体を水平方向に押しブリッジを構成するアーチを崩すきっかけを与え、粉粒体は下向に自重で落下する訳です。崖の上に立っている人の背中を軽く押しても強く押しても落下速度は変わらないのと同じです。実際、羽根の回転速度を変えても粉粒体の排出速度は殆ど変わりません。このことを実感して頂くため貸出テスト機(50A、100A)やデモ機(150A)を揃えています。

回転翼が粉粒体から受ける抵抗力に対する知見も変わりました。当社での実験においても客先での実験でも粉粒体がない空ホップ時と、粉粒体が充満しているホップ時の比較において、モータの電流値は殆ど差が無く、思ったより抵抗力は低いことが判明しました。ただ粉粒体に粘着性がありホップや羽根に絡み付く場合には羽根の負荷が大きくなる事があります。例えば湿気のある茶葉や繊維の混じったカーボン等です。これらは通常の粉粒体とは異なった対処が必要となります。

粉粒体が粒子の大きさや比重が異なる粒子で構成される場合、ホップに投入される際にホップ底部と上部でサイズや比重の相違が発生する事があります。特に比重の重たい粒子は底部に溜り易く、そのまま排出させると比重の重たいものと軽いものが交互に排出される、いわゆる偏析と呼ばれる現象が起こります。回転翼式においては羽根と接する縦長方向の面に沿って雪崩のような下降流が発生するので、ホップ底部と上部の粉粒体が混在された状態で排出されます。このため偏析が改善されることがあります。実績としては比重の異なる原料から製造される耐火材(セラミック)がありました。

上記に述べたように本製品の歴史は浅く改良すべき点はまだまだあり、日々開発を行っています。御読み頂き有難うございました。