

最近のデスケーリングポンプについて

On the Recent Descaling Pumps

田原晴男*
Haruo Tahara

内 容 梗 概

製鋼工場において鋼材が熱間圧延される工程で、高圧の水を鋼材に噴射し表面のスケールを除去するのがデスケーリングポンプである。デスケーリングポンプは、その効果をあげるために、圧力が高く、大容量のものが使用されることと、鋼材の進行に伴って、閉切と全開を繰り返すという使い方を連続で実施することのために、ポンプとしての設計製作の技術は、最高の級に属する。

ポンプの性能は、完全な安定性能と、高い効率が必要である。

日立製作所において製作し、富士製鉄株式会社室蘭製鉄所に納入したバーレル形 1,400 kW デスケーリングポンプは、この目的のために最も適した構造と性能を有するもので、すでに好調な連続運転を続けている。

デスケーリングポンプが、その機能を発揮するためには、アキュムレータ、アキュムレータ遮断弁、ノズル切替弁、過熱防止装置、サクシヨンストレーナなどの付属機器の完備が必要である。

1. 緒 言

デスケーリングポンプは、製鋼工場において鋼材が圧延されるときに、鋼材の表面に生成されるスケールを高圧水を噴射することによって、はじきとばすポンプであって、各製鋼工場において、すでにその威力を発揮してきている。スケールの除去は、製品の品質をたかめるだけでなく、ロールの寿命を長くすることができる。

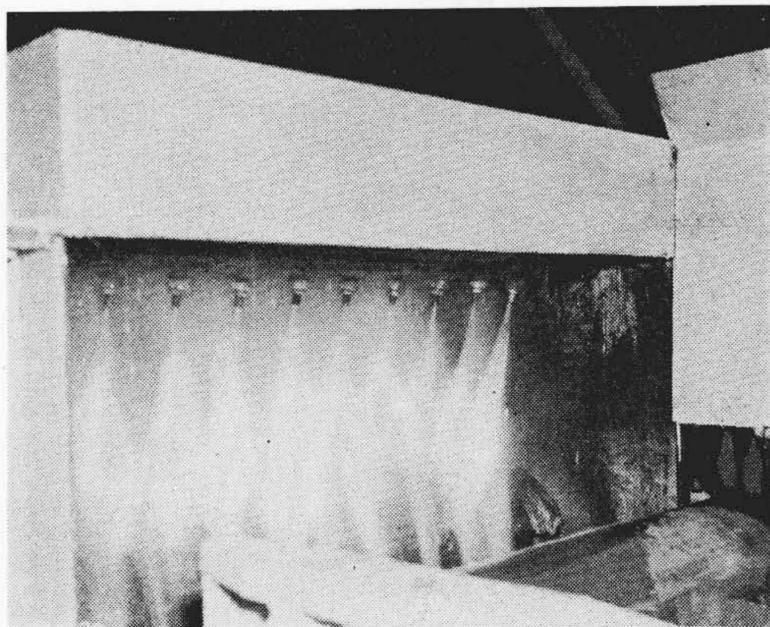
ポンプの吐出圧力は、数年前までは 70 kg/cm^2 級が使われてきたが、現在では 100 kg/cm^2 以上のものが普通になってきたし、設備の大形化に伴ってポンプの軸動力は、 $1,000 \text{ kW}$ 以上に大容量化するに至っている。一方、製鋼工場の一要素としての重要性から、このポンプの停止は、ただちに製鋼工場の停止を意味するので、ポンプの連続運転に対する信頼性は強く要求されるし、鋼材の進行に伴って1分間に1回の頻度で噴射と閉切を行うという苛酷な使用条件に耐えねばならないので、ポンプの製作の困難さは火力発電所の高圧ボイラ給水ポンプと比肩するものである。

日立製作所では、これらの最近のすう勢に応じて、富士製鉄株式会社室蘭製鉄所に $1,400 \text{ kW}$ のデスケーリングポンプを納入したが、本文ではその概要を述べて、デスケーリングポンプのあり方を説明したいと思う。

2. デスケーリングポンプの特質

デスケーリングポンプは、鋼材がロールで圧延される過程において、鋼材に高圧水を噴射する装置で、鋼材の進行によって弁を開閉し、運転状態をはげしく変化させる。このポンプの使用条件は、次に列記するように、非常に苛酷であるので、構造、材質の選び方には慎重な考

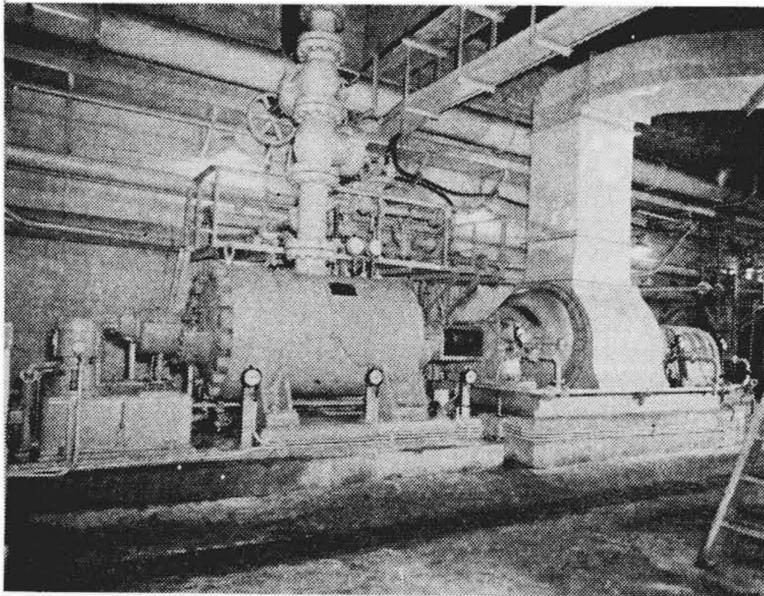
* 日立製作所亀有工場



第1図 デスケーリングノズルの噴射状況

慮が必要であるし、高度の性能が要求される。第1図は圧延ロール機における噴射の状況を示したものである。

- (1) 一般にデスケーリングポンプの吐出圧力は 105 kg/cm^2 ($1,500 \text{ psig}$) 程度の高い圧力が普通である。
- (2) 大製鉄所用のものにおいては、軸動力は、 $1,000 \text{ kW}$ ないし $1,500 \text{ kW}$ の大容量にも達する。
- (3) 圧力が高いため、通常2極の電動機で直結運転され、ポンプの回転数は $3,000$ ないし $3,600 \text{ rpm}$ の高速である。
- (4) 吐出量が、ほとんど閉切状態から最大水量に至る全範囲にわたって変化するので、吐出量の全範囲にわたって安定した性能を必要とする。
- (5) 1分間に1回という頻度で、噴射と閉切を繰り返すというはげしい負荷の変動に耐えねばならない。デスケーリングポンプは以前は二つ割れケーシングを



第2図 1,400 kW デスケーリングポンプ

もつセルフバランス形の多段ポリュートポンプが多く使われていたが、圧力が高くなってきたためにこの形式をそのまま使うことができなくなってきた。日立製作所では、以前から高圧の大形ポンプとして、セルフバランス形の多段ポリュートポンプを丈夫なパーレル形ケーシングで包んで、高圧に耐えるように改めた構造について研究を進めてきたが、その結果を吐出圧力100kg/cm²級のデスケーリングポンプに応用して、すでに各所に実績を重ねている。富士製鉄株式会社室蘭製鉄所に納入したデスケーリングポンプは、その中でも、圧力、軸動力について、最高の記録を誇るものである。

富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納

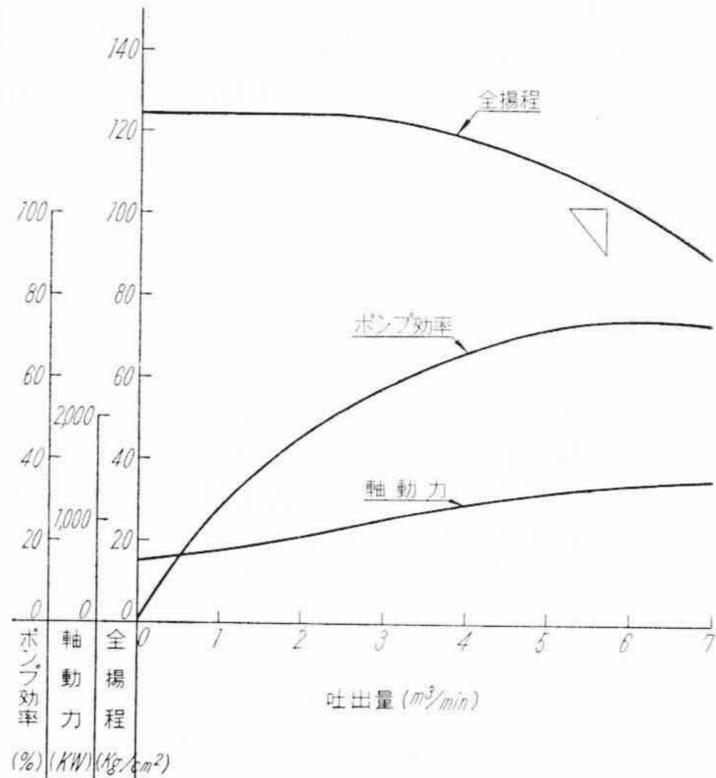
デスケーリングポンプ仕様

台数	2台
形式	パーレル形多段ポリュートポンプ BDVM-CH
口径	300mm(吸込)×200mm(吐出)
段数	7
吐出量	5.7m ³ /min
吐出圧力	105.5 kg/cm ² g
押込圧力	4 kg/cm ² g
全揚程	101.5 kg/cm ²
回転数	2,970 rpm
電動機	1,400 kW

本機の現地運転中の状況を第2図に示す。

3. デスケーリングポンプの性能と構造

デスケーリングポンプは、鋼材の進行状況によって、最大吐出量から無送水状態まで、吐出量が大幅に変化し、またこの衝撃を緩和するために吐出管路に大き

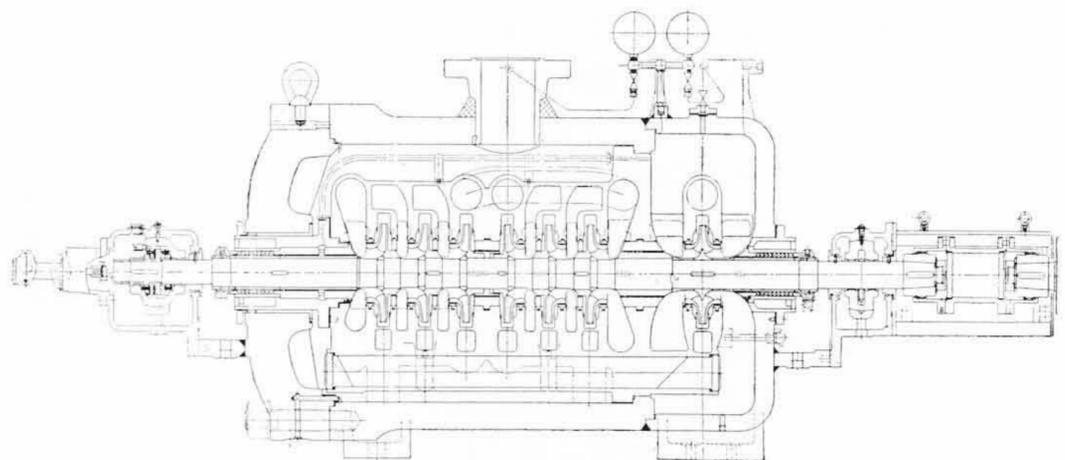


第3図 特性曲線

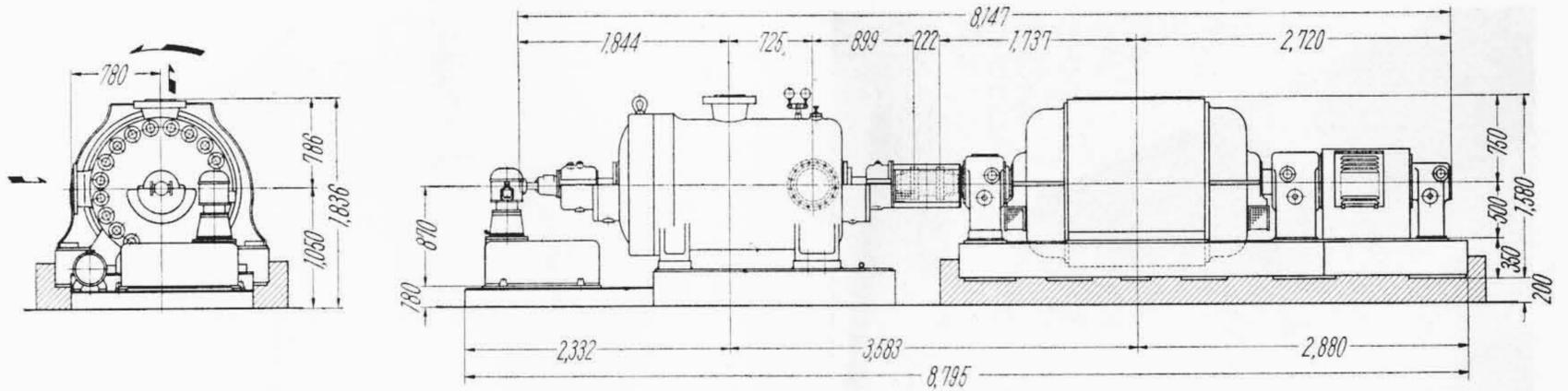
なアキュムレータをもっているので、吐出量の全領域にわたって右下りの安定性能が必要であり、連続運転であるためにポンプ効率の高いことが望ましい。第3図は既述の1,400 kW デスケーリングポンプの試験結果であって、完全な安定性能と高い効率を示している。

このポンプの構造を第4図の構造断面図に示した。この構造は、いわゆるパーレル形といわれるもので、外部は簡単な円筒形外ケーシングにつつまれていて、高い吐出圧力に耐えるとともに、この堅ろうな外ケーシングによって複雑な内ケーシングを支持し、高圧ポンプとして最適の構造である。内ケーシングは、水平二つ割れであって、回転部とともに外部で一体に組み立てられてから組み込まれ、外ケーシングに2箇所支持されている。このため、内ケーシングは、外ケーシングとの間の高圧水によって強く締めつけられていて、内部漏洩の心配がなく、高圧における運転にも安全であるという特長をもっている。

羽根車の配列は、1段目羽根車のみは両吸込みであって、2段目より7段目までは、3枚ずつ背中合わせになっ



第4図 構造断面図



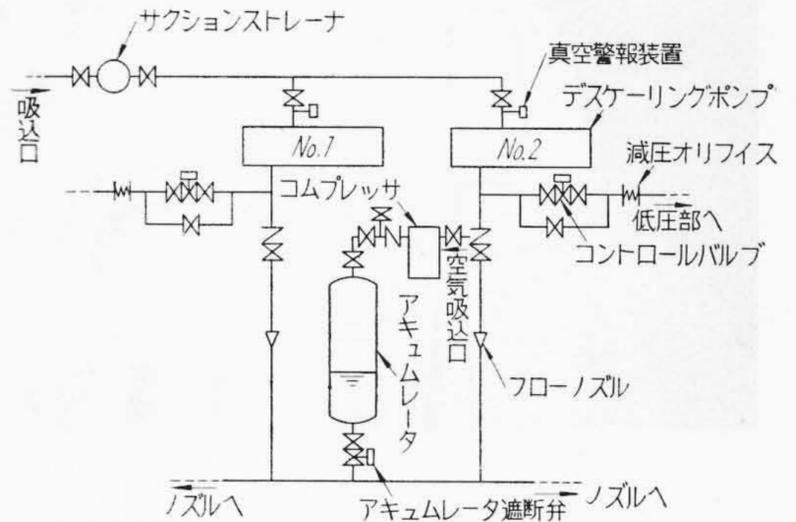
第5図 外形寸法図

ている。したがって、羽根車にかかる軸方向推力は、吐出量のいかにかわらず平衡させることができるし、微細な残留推力は軸端の推力軸受によって完全に吸収される。一方二つ割れ内ケーシングは、上下まったく対称のダブルボリュート形であるので、半径方向の推力は、吐出量が増減しても常に平衡している。これらの特長は、吐出量が増減して変化する使用条件において特にすぐれた要素をなしている。

回転部は、13クローム鋼の軸に、13クローム鋳鋼の羽根車が焼嵌めされたもので、回転部全体として、完全なダイナミックバランス試験の後、内ケーシング内に組み込まれ、高速回転に対する慎重な準備が行われている。回転部分が固定部分にせまい間隙で接して、高い圧力差をへだてている部分、すなわち、1段目と5段目、4段目と7段目の間のスリーブと隔壁、各段羽根車とマウスリングなどは、高速の圧力水が流れても摩滅しないこと、高い円周速度でもかじりつき事故をおこすことのないように、固定部には5クロームモリブデン鋼、回転部には13クローム鋼を用い、熱処理によっておのおの硬度を高めている。

このポンプは、高圧大容量の特殊構造であるにもかかわらず、分解組立ては非常に容易で、このポンプの一つのすぐれた特長をなしている。吸込口、吐出口が外ケーシングに取り付けてあるので、配管を取りはずしたり、電動機を移動させたりすることなく、内ケーシングと回転部を外部へ引き出すことができる。内ケーシングを外ケーシングから引き出すには、付属品の案内籠を用い、さらに細部の分解は、広い任意の場所で行うことができる。外部へ引き出した内ケーシングは、二つ割れ構造であって、合せ目のボルトをはずすと、内部から回転部を組立状態で取り出すことができる。各段の羽根車と軸との嵌合部は、1段ごとに若干の寸法差をつけてあり、焼嵌めではあるが、羽根車の取付け、取りはずしは容易である。

ポンプおよび電動機の軸受は、ポンプの軸端に取り付けた主油ポンプと、油タンクに直接取り付けた電動補助油ポンプとによって給油される。主ポンプ運転中は、主油ポンプによって給油し、起動停止時に、主油ポンプの油圧が規定の値以下であるときには補助油ポンプを動作さ



第6図 デスケーリング装置系統図

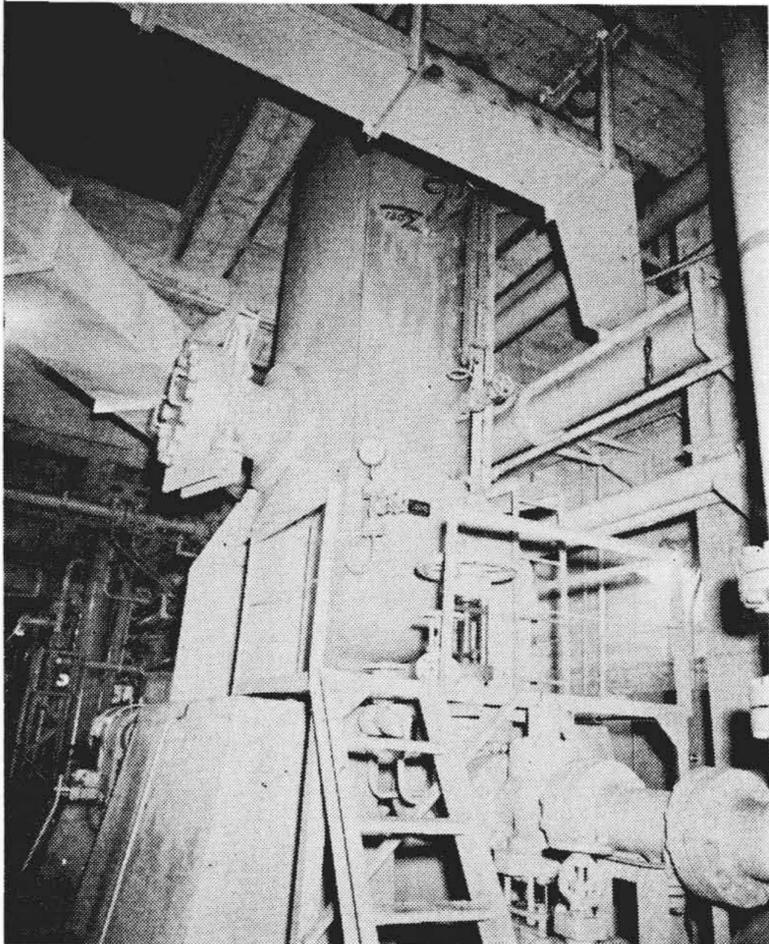
せる。また、主ポンプ運転中に事故があつて油圧が低下するときには、警報を発するとともに、補助油ポンプが起動し、さらに低下するときには、主ポンプは非常停止を行う。また、油温が異常上昇するときには、警報を発する。このように、運転は自動的に行われて、事故発生ときは、自動的に処理されるとともに、警報を発するよう準備されている。第5図は、このポンプの外形寸法図を示したものである。

4. デスケーリング装置について

第6図は、富士製鉄株式会社室蘭製鉄所の1,400 kW デスケーリングポンプを含むデスケーリング装置の概略系統図であつて、このようにデスケーリングポンプは、これらの付属機器の協力によってその威力を発揮することができる。次にこの装置の概略を説明する。

4.1 アキュムレータ

アキュムレータは、ノズル切替弁の操作によって急激に増減する要求水量を、補給または吸収するためのもので、短時間の要求水量がポンプの吐出量をこえてもこのアキュムレータによって補うことができる。また、ノズル切替弁の開閉によっておこるウォーターハンマ現象に対する制動用としても効果が著しい。大容量のデスケーリングポンプとして使用されるものの構造は立て形円筒で、第7図に示すものは、容量9.5m³である。正常の使用条件では、その容積の1/3が水で、2/3が空気になっている。



第7図 アキュムレータ

4.2 アキュムレータ遮断弁

この弁は、ポンプの吐出管とアキュムレータを連結する管の途中にあって、アキュムレータ内の空気がポンプの吐出管内に流出することを防止する目的をもっている。主配管の圧力が異常に低下すると、圧力開閉器の動作によってアキュムレータ遮断弁を自動的に閉鎖させ、アキュムレータ内の空気が吐出管内に流出するのを防止する。

4.3 空気圧縮機

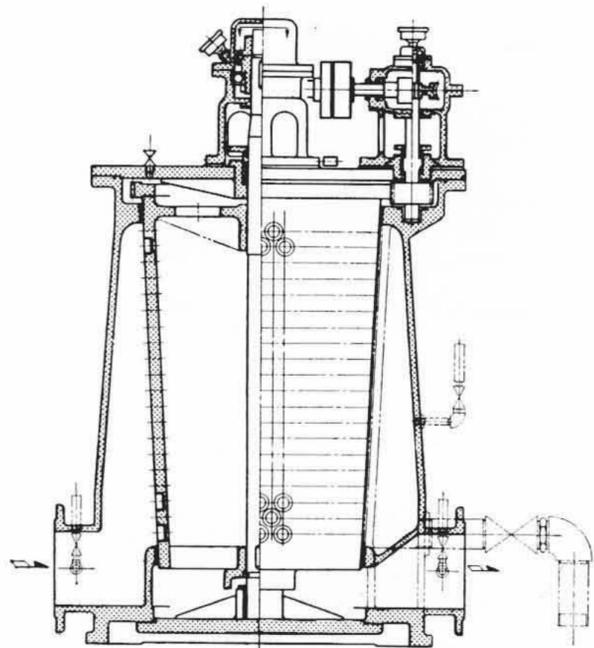
デスケーリングポンプが運転を始める前に、アキュムレータの中に空気を圧入する圧縮機である。通常は漏洩量を補給できればよいが、当初の充填時の所要時間からその容量をきめるべきである。

4.4 サクションストレーナ

デスケーリングポンプに使用する水は、普通は工業用水が使用されるが、もどり水を還流させてふたたび使用することもある。一方、ポンプは高圧高速回転であって、回転体の間隙はかなりせまい。このため、入口側にサクションストレーナを置いて常にポンプに清浄な水を送るようにせねばならない。ストレーナは回転式が使われていて、運転中に自動的に網目のごみを排除する方式が採られている。第8図は、このサクションストレーナの構造を示す。

4.5 真空警報装置

アキュムレータを使用して負荷の変動を極力防止しているが、吐出量の急激な変化によってポンプの吸込側に一時的な低圧をおこしたときに、主ポンプを保護するた



第8図 サクションストレーナ構造断面図

めに真空警報装置が設置されている。一定の圧力以下で動作する圧力開閉器で、動作すると主ポンプの電動機の電源を遮断するようになっている。

4.6 過熱防止装置

主ポンプの容量が大きいため、この装置はぜひ必要である。第6図に示すように、フローノズルとコントロールバルブと減圧オリフィスとからなっている。ポンプの吐出量が減少すると、ポンプが過熱するので、低圧部へ連絡するコントロールバルブを開いてポンプを通る水の量を一定値以下にさせない装置である。フローノズルはポンプの吐出量を測定し、この測定値によってコントロールバルブを開閉する。減圧オリフィスはこの逃出量を制限するものである。

4.7 ノズルおよびノズル切替弁

ノズルは、デスケーリングポンプから吐出された高圧水を鋼板に吹きつける役目をする。圧力が高くなると高速で噴出する水による摩耗に耐えるように材質の選び方に留意せねばならない。ノズル切替弁は、ノズルから噴出する水を切り替える弁である。鋼板が近づくと弁を開いてノズルから噴射させ、鋼板が通過すると弁を遮断する。

5. 結 言

日立製作所では、以前より高圧大容量のデスケーリングポンプについて豊富な体験を積んできたが、この結果をもとにして富士製鉄株式会社室蘭製鉄所におそらく世界最大の記録を誇るデスケーリングポンプを完成し、好調な運転を続けている。このポンプは、構造上からも性能上からも、高圧大容量のデスケーリングポンプとして、最適のものである。

デスケーリングポンプが、その性能を発揮するためには、ポンプだけでなく、各種の付属機器との協同が必要であって、それらの選び方もポンプの製作とともに欠くことのできない重要な問題である。