

液体金属冷却高速増殖炉用機械式 ナトリウムポンプ

Mechanical Sodium Pump for Liquid Metal Cooled
Fast Breeder Reactor

佐川 憲彦* 小林 滋明** 伊藤 喜夫**
Norihiro Sagawa Shigeaki Kobayashi Yoshio Itô

要 旨

液体金属冷却高速増殖炉の冷却系主循環ポンプとしての機械式ナトリウムポンプに関して、日立製作所で行なってきた試作試験の成果と、将来のポンプ大形化の問題についてまとめたものである。

科学技術庁原子力平和利用委託研究費によって試作した試験用ポンプは順調に運転され、種々の実験を行ないながら、今日までに約3,000時間の運転がなされた。続いて昭和44年、ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプが製作され、現在、動力炉核燃料開発事業団（以下動燃事業団と略す）に納入されている。

動燃事業団では、既に高速実験炉の詳細設計をほぼ完了した。また高速原型炉の第一次概念設計を各担当メーカーに発注している。これらを含めて、今後の出力1,000~3,000 MWeといわれる実用炉用の機械式ナトリウムポンプへ向かっての大形化に伴う問題点を抽出し検討した。

表1 おもな機械式ナトリウムポンプの仕様

国	名 称 (1次・2次)	台数	流 量 (m ³ /min)	全 揚 程 (m Na)	回 転 数 (rpm)	電動機出力 (kW)	設計温度 (°C)	運転開始 (年)	備 考
アメリカ	Hallam (1次)	3	27.2	48.8	900	262	538	1962	電磁ポンプ
アメリカ	Hallam (2次)	3	27.2	51.9	900	262	538	1962	
アメリカ	EBR-II (1次)	2	20.8	20.8	1,075	262	426	1963	
アメリカ	EBR-II (2次)	1	24.6	43.3			371	1963	
アメリカ	Fermi (1次)	3	44.6	94.5	900	790	538	1963	
アメリカ	Fermi (2次)	3	49.2	30.5	900	262	538	1963	
アメリカ	SRE-PEP (1次)	1	10.2	54.9	1,200	112	650		
アメリカ	SRE-PEP (2次)	1	9.5	75.5	1,800	149	426		
アメリカ	SCTI (1次)	1	12.1	73.9	1,750	187	482	1965	
アメリカ	SCTI (2次)	1	12.9	85.5	1,200	262	650	1965	
フランス	Rapsodie (1次)	2	6.2	32.0	1,100	54.5	650	1967	NaK
フランス	Rapsodie (2次)	2	6.3	18.0	875	54.5	650	1967	
フランス	5 MW loop (1次)	1	1.7	39.6	1,450	18.7	650		
フランス	5 MW loop (2次)	1	1.7	39.6	1,450	18.7	650		
フランス	10MW loop (1次)	1	6.1	24.4	900	50	551	1962	
フランス	10MW loop (2次)	1	8.1	24.4	900	50	551	1962	
フランス	Phenix (1次)	3	66.6	88.5	1,000			1973	NaK
フランス	Renadière	2	16.7	100	1,500	320	650	1969	
西ドイツ	KNK (1次)	2	11.3	35.1	1,450	100	559	1969	
西ドイツ	KNK (2次)	2	7.2	40.2	1,450	79	548	1969	
西ドイツ	5 MW loop (1次)	1	2.5	50.4	1,400	30	559	1965	
西ドイツ	5 MW loop (2次)	1	2.5	50.3	2,950	30	559	1965	
西ドイツ	SNR (1次・2次)	3	約78				560	1973	
イギリス	Proto type Pump		27.0	49.5	980	354	400	1964	
イギリス	PFR (1次)	3	80	98	960	1,492	500	1970	
イギリス	PFR (2次)	3	77.2	47	960	560	370	1970	
ソ 連	BN-350 (1次)	6	53.6	110	1,000	1,700		1969	
ソ 連	BN-350 (2次)	6	64.1	70	1,000	1,100		1969	

1. 緒 言

ナショナルプロジェクトの一環として、動燃事業団の手により液体金属冷却高速増殖炉の開発が目下強力に推進されつつある。日立製作所でもこれに積極的に協力し、各種の研究開発をすすめている。

目下計画中の高速増殖炉は冷却材にナトリウムが使用される点、従来形の軽水炉と大きく異なり、そのナトリウム用機器コンポーネントには非常にきびしい条件が要求される。冷却系の心臓部ともいべきナトリウム用機械式ポンプについて、日立製作所では早期に手がけ自主開発をすすめてきた。

ここでは、昭和40年および41年度原子力平和利用委託研究費の交付を受けて試作した試験用ポンプ(一号機)と、昭和44年8月動燃事業団に納入したナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプ、また現在計画のすすんでいる高速実験炉用のナトリウムポンプなどにつき明らかにするとともに将来の展望について述べる。

2. ナトリウムポンプの特異性

開発の初期にはナトリウムが導電体であることを利用した電磁ポンプが主循環ポンプとして考えられたこともあるが、これは無漏えいという長所をもつが、効率が低いために、現在では流量制御が容易である利点を生かして主として補助系に用いられている。一方、大流量のナトリウムを駆動する主回路用には効率のよい機械式ポンプが用いられている(表1参照⁽¹⁾)。

この機械式ポンプは、従来のポンプと次の点で大きく異なっている。

(1) 外部への漏えいの許されないこと

万一、ナトリウムが外部へ漏れると大気中の酸素と反応してた

ちまち酸化し、火災の危険を生ずる。特に、1次冷却系のナトリウムには強い γ 誘導放射能があるため、絶対に漏えいは許されない。そのため機械式ポンプの回転軸貫通部からナトリウムが漏れないようにする軸封機構を完成することが設計製作上の要点の一つとなる。

(2) 高温となること

使用するナトリウム温度が高温であるため、熱膨張および熱変形が大きな問題となる。特に、熱および放射線遮蔽(しゃへい)構造をとるため回転軸が長いので、わずかなひずみでも振動の原因となる。各しゅう動部細隙(げき)のとり方にも問題がある。また γ 線遮蔽部や軸封部や駆動電動機が高温にさらされないよう、冷

* 日立製作所日立研究所

** 日立製作所亀有工場

却あるいは熱遮蔽機構が必要となる。

(3) ナトリウムが活性であること

ナトリウム中では酸素のほか炭素移行も行なわれる。すなわち高炭素鋼は脱炭され、低炭素のステンレスに滲炭を起こす。また内部のしゅう動部に用いられる材料は耐摩耗性が必要であり、同時にナトリウムと共存性のよい材質を選ばなくてはならない。したがってナトリウムの取扱には特殊技術を必要とする。

3. 機械式ナトリウムポンプの特色⁽²⁾

先進諸国においては、すでにナトリウム冷却高速炉が建設され運転にはいっている。表1にみられるように、EBR-IIの2次系ポンプを除いて、すべて立軸の自由液面形で、軸封はメカニカルシールを用いた遠心式ポンプになっている。

これら機械式ナトリウムポンプの構造の特色は次のとおりである。

(1) 長軸をもった立軸ポンプ

1次系ナトリウムは強い γ 誘導放射能をもっているため、その機器、配管系は厚い遮蔽コンクリートを隔てて床下に設置されているのが普通である。一方、駆動装置は保守の点から床上に据え付けるのが好都合であるので立軸のポンプになり、インペラと駆動装置の間は非常に長い回転軸で連絡される。したがって長い回転軸の加工精度、熱膨張の吸収、軸受の支持方法および振動などが問題となる。

(2) ナトリウム潤滑ベアリング

ナトリウムに接する軸受に潤滑剤として油を使用すると、ナトリウムと反応して水素ガスが発生し、ナトリウムが炭素と酸素により汚染され、生成物がナトリウム流路を閉塞(そく)させる可能性があるほか炭素はオーステナイト系ステンレスに滲炭する危険性がある。したがって、軸受の潤滑はナトリウム自身によらざるを得ない。この場合、ナトリウム潤滑液膜を形成するに適切な軸受間隙、軸と軸受(ブッシュ)の材料の組合せが問題となる。すなわち、軸受間隙は狭すぎれば液膜の形成が不完全になり、広すぎれば振動の原因となり、いずれの場合もかじりやばげしい摩耗を引き起こす。

(3) 無漏えい軸封機構

系外へのナトリウムの漏えいは、前述のように絶対に許されない。このため軸貫通部は直接ナトリウムに触れないようにアルゴンカバーガスふん囲気中に置かれ、ナトリウム自由表面をその下に置く。しかしカバーガスにはナトリウム蒸気が混入してくるので、その漏えいとナトリウムの蒸着およびそれによるかじりなどが問題となる。軸封にメカニカルシールを使用する場合には、油がほとんど漏えいせず、ガス圧に対するシール効果があり、かつ下部から伝達される熱に耐える構造とする必要がある。一方、ごく微量ずつ漏れる潤滑油はナトリウムと接することなく排出される必要がある、これは潤滑系統ともからんで重要な問題となる。

(4) 熱膨張、熱変形

前述のように、高温のために生ずる熱膨張と熱変形を逃げる構造、また冷却や熱遮蔽の機構が必要である。

(5) 内部構造だけを抜き出せる機構

保守点検を容易に行なうよう、ナトリウムを完全にドレンして、回転軸もろともインペラなどの要部を含む内部構造を抜き出せる必要がある。このため、ポンプケーシングとのシール部からの漏れが大きくなりがちであるが、変形をじゅうぶん考慮に入れて、構造、材質の組合せ、および工作精度を決定しなければならない。

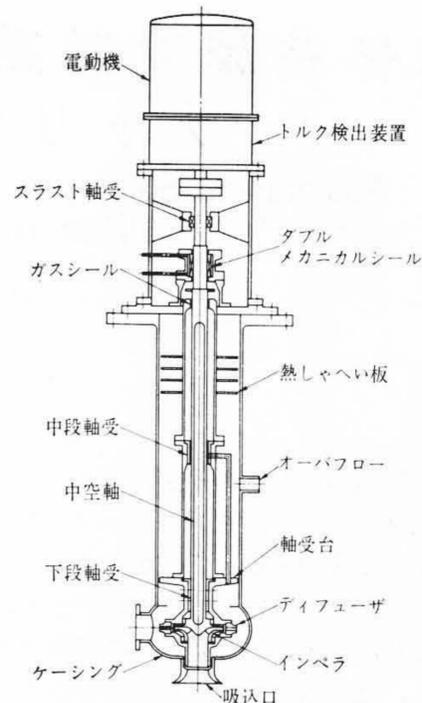


図1 機械式ナトリウムポンプ
試作一号機構造図

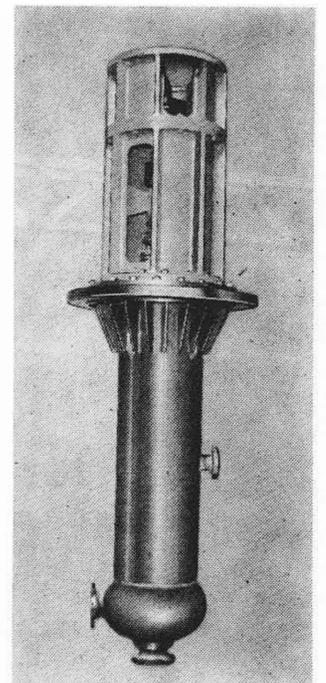


図2 試作一号機

(6) 回転数制御運転

炉冷却系ナトリウム回路では大形ナトリウム弁に種々の問題があるため、極力弁を使用しないことが原則とされ、流量制御はポンプの速度制御によるのが望ましい。

(7) 予熱

ナトリウム機器の特質として、起動に際しナトリウムが熔融状態にあり、とくに軸受のナトリウム潤滑作用がじゅうぶん行なわれるよう予熱が必要となる。ただし、タンクタイプと称せられる方式では、ポンプ自身に予熱器を設ける必要はない。

4. 試験用ポンプ(試作一号機)

前述の諸問題点を解明し、機械式ナトリウムポンプ設計・製作上の資料を得るために、試験用ポンプを試作した。図1は構造図、図2は外観写真である。ポンプの仕様は次のとおりである。

流量	1 m ³ /min
全揚程	40 mNa
定格回転数	2,600 rpm
電動機出力	30 kW
設計温度	450°C
回転数制御	電磁カップリング

4.1 構造

立形の単段遠心ポンプで、回転する部分は長い回転軸、インペラおよびフレキシブルカップリングからなっており、トルク検出器を介して誘導電動機と電磁継手とを組合せた回転数連続可変(260~2,600 rpm)の駆動装置に連結している。一方、回転軸を支持する部分は、下段軸受、中段軸受および玉軸受からなっており(前二者がナトリウム潤滑)、下段軸受ブッシュは軸受台に、中段軸受ブッシュは内ケーシングに、玉軸受はモータベースにそれぞれ取り付けられ、すべて内ケーシングのフランジに固定されている。軸受台には下段軸受およびティフューザが取り付けられ、さらにサクションがついている。軸受台のフランジ部とサクション先端は、それぞれ外ケーシングと嵌合(かんごう)し、高圧プレナムを形成しており、高圧側から低圧側へのナトリウムの漏えいを防ぐ静的なシール部になっている。軸受台と中段軸受との間はパイプで連結されており、高圧プレナムより中段軸受に潤滑用のナトリウムが供給される。玉軸受はタービン油で潤滑されるアンギュラコンタクトの市販製品である。玉軸受には、インペラなどの回転体部の重量およびインペラ

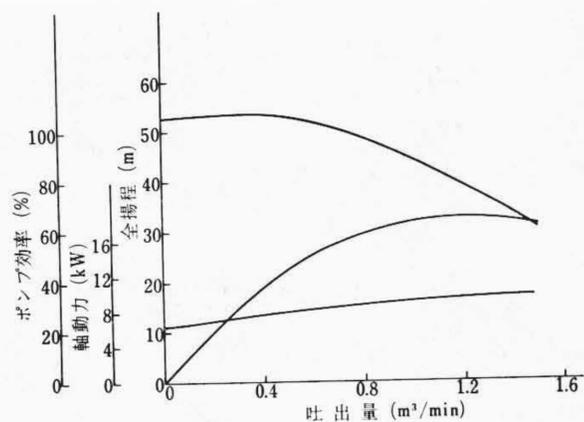


図3 試作一号機ポンプ特性曲線

に発生する流体力学的推力が作用するが、それにじゅうぶん耐えるよう設計されている。

ナトリウムは下方のベルマウスより流入し、インペラにより加圧され、ディフューザを通過して高圧プレナムにはいり、吐出ノズルから流出する。ナトリウムの一部は軸受台とバーレルケーシングとのシール部から、またほかの一部は軸受を潤滑してバーレルケーシング内へ漏えいするが、バーレルケーシングにはオーバフローノズルがついており、ここから試験タンクに流出し結局吸込側へ戻る。

ナトリウムの自由液面はアルゴンガスでおおわれ、軸貫通部はメカニカルシールでシールされる。メカニカルシールはタービン油で冷却されるが、油が下方に漏れてナトリウムと接するのを防ぐためスリングではじき飛ばし、オイルドレンノズルによりドレンする構造になっている。ナトリウムの自由液面の上に出る部分には熱遮蔽板を設けてふく射を防ぐとともに、回転軸の一部を中空にして伝熱量を少なくし、上部の駆動装置および玉軸受への熱の移動を押えている。

4.2 運転および試験結果

高温のナトリウムの流体力学的性質は水にかなり近いものがあるので、まず水によるモックアップ試験を行ない、次いでナトリウムによる運転試験を行なった。

(1) ポンプの特性試験

ポンプの性能カーブを図3に示す。これは400°Cのナトリウム中、2,600 rpmでの特性である。最高効率は64%で、回転数を減少させるとそれに伴い少しずつ効率が下がった。水による特性との間に多少の差異はあったが、満足すべき結果であった。

(2) 温度分布

ポンプ運転中および停止中、また軸封部に油を循環させた場合とさせない場合について各部の温度分布を測定した。ナトリウム温度450°Cのとき、メカニカルシール部温度は油を循環させている場合約30°Cで、熱遮蔽および冷却の効果がじゅうぶん発揮されていることが確認された。

(3) 回転軸の振動

中段軸受のある場合とない場合、すなわち3軸受系の場合と2軸受系の場合について実験した。

後者の場合には、あらかじめ理論的に算出した危険回転数の近辺で予想どおり振動が増加したが、中段軸受をつけるとすべての回転数範囲(260~2,600 rpm)できわめてスムーズに運転できることが確認された。図4は試験結果である。

(4) シール部分からの漏えい量

シール部からの漏えい量および中段軸受よりの漏えい量をそれぞれ測定した。その結果、漏えい量は加工精度に大きく左右され、また偏心によっても変わってくるものであるが、比較的良好に計算値と合うことが確認された。各シール部の間げきは、ナトリウムの

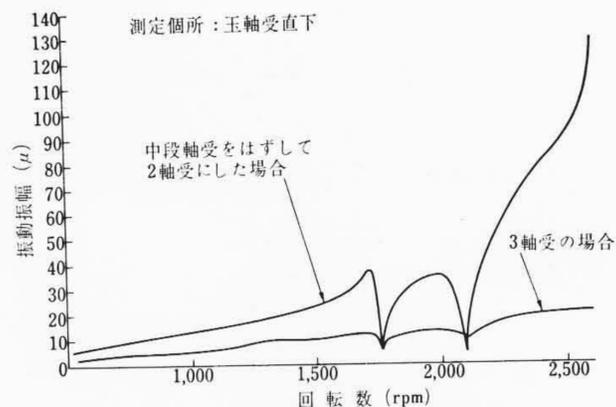


図4 水による試験で測定された回転軸の振動

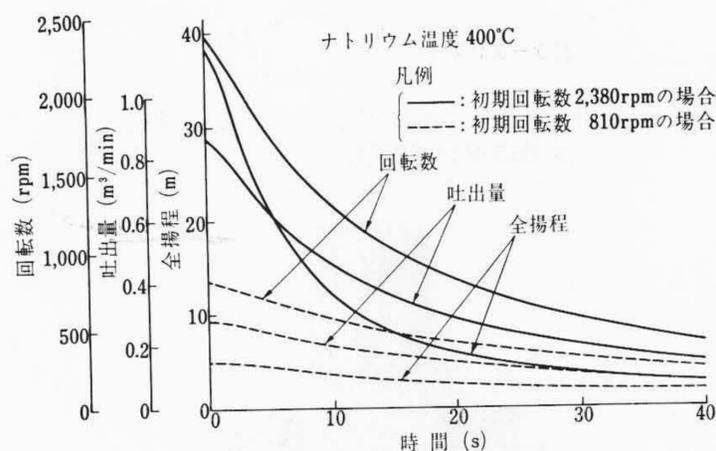


図5 電源喪失時の過渡特性

場合には特に保守点検の操作のやりやすさ、かじり付きなどを考慮すると、できるだけ大きいほうがよいわけで、これをどのくらいにするかは、漏えい量をどの程度に押えるかで決まってくる。

(5) 耐久試験

400°Cのナトリウム中で、2,400 rpmの回転数で約1,000時間の耐久試験を行なったのち分解点検した。その結果、軸受スリーブと軸受ブッシュの表面にごくわずかな摩耗が見られたが、ほかの部品には異常は認められず、各部品ともこの試験中満足に作動していたことが確認された。

(6) 特定数

電源喪失事故時のポンプ流量の過渡特性は原子炉の安全解析上はなほ重要である。この特性はポンプの慣性モーメント、内部抵抗、流体の慣性、流体の粘性による抵抗、あるいはインペラ内の流れなどに影響されて変わってくる。したがってこれは一例にすぎないが、このポンプについて実測してみた結果は図5に示すとおりである。時定数は初期回転数の高いときほど小さくなった。

(7) その他

ポンプの起動停止を含む運転法や保守にあたっての内部構造の引抜きおよび洗浄処理法などの操作技術を固めた。

このポンプは中間熱交換器管板部熱衝撃実験装置のナトリウム循環ポンプとして使用され、積算約3,000時間運転されたが、現在なおかつ好調に作動している。

5. ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプ

昭和44年日立製作所では、動燃事業団にナトリウム流動伝熱試験装置一式を納入した。この装置の主循環ポンプとしての、機械式ナトリウムポンプについて紹介する。

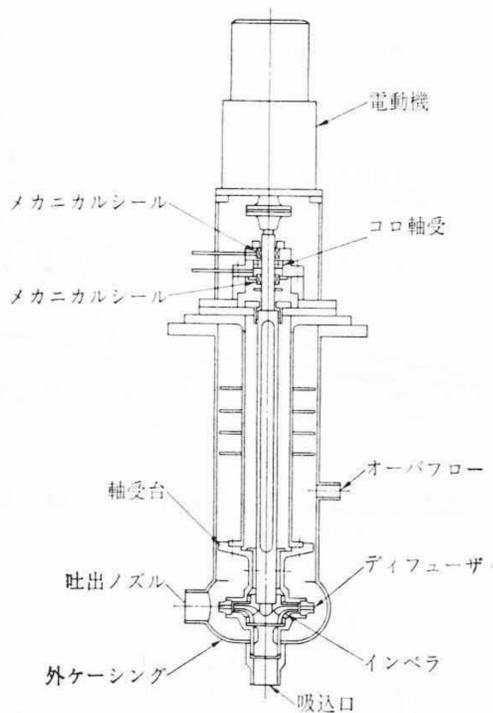


図6 ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプ構造図

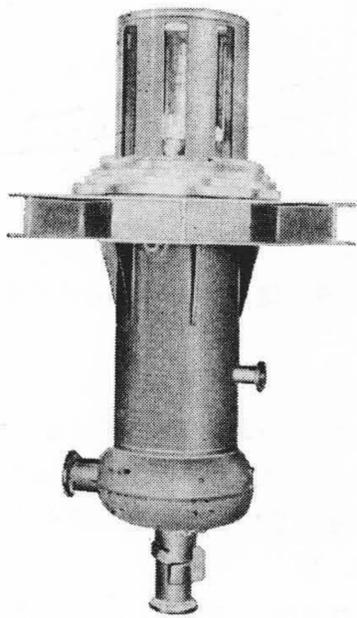


図7 ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプ

5.1 仕様

ポンプの仕様は次のとおりである。

流量	5 m ³ /min
全揚程	84 mNa
定格回転数	1,395 rpm
使用温度	200~450°C
電動機出力	105 kW
回転数制御範囲	10~100%
回転数制御方式	静止セルビウス方式

5.2 構造

図6は構造図を、図7は外観写真を示したものである。

本ポンプは前述の試験用ポンプと大差ない立軸単段自由液面式遠心ポンプである。外サクションから整流板のついた内サクションにはいり、インペラで加圧されてディフューザにはいるナトリウムの流路は、前述の試作機と変わらない。回転軸は中空で、上下2個所の軸受でささえられ、上部が油潤滑のコロ軸受、下部がナトリウム潤滑の軸受である。後者のナトリウム潤滑軸受に、従来のような hydrodynamic operation をさせようとするれば、ナトリウムの粘性が0.2~0.7 CP と小さいため、軸受すき間を非常に小さくしてはならない。軸受自体の変形を考え、またナトリウムが非常にぬれにくい液体であることを考慮に入れると、これははなはだむずかし

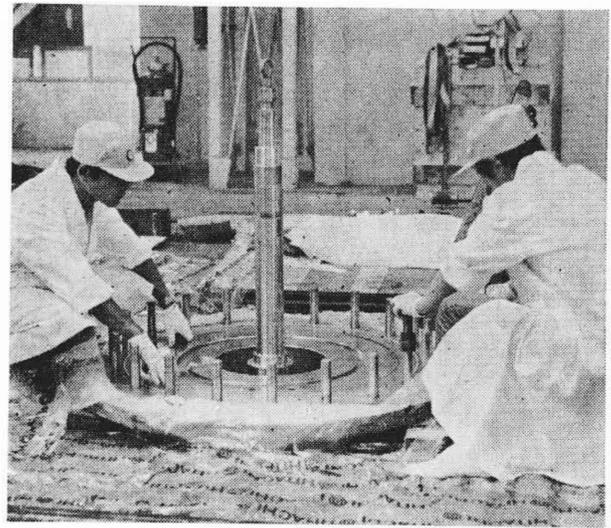


図8 ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプの組立て

いことである。そのため軸を液圧により中心に浮かせる hydrostatic bearing を採用して、軸受すき間を増し、軸が偏心したときには自動的に中心に戻る力を持たせた（ポンプの起動時にはじゅうぶんな液圧が期待できないため、メタルコンタクトは避けられない）。

回転体部に働く残存スラスト荷重は、電動機の玉軸受で支持され、回転体部の軸方向位置は、カップリングを直結することにより決まる構造になっている。下部軸受の上にある自由液面の高さは、上から接触式液面計を入れてその上限と下限で検知される。液面は通常オーバフローノズルの位置に一定するはずであるが、ポンプ起動時およびなんらかの原因によりオーバフロー管が詰った場合には、液面が異常に低下していたりあるいは上昇したりする。液面の異常低下は下部軸受の無潤滑運転に連なり、また上昇は軸封部の異常高温に連なる。したがって液面は常にこの上限と下限の間になくならない。接触式液面計の誤動作を防ぐため、熱電対による温度測定で液面検知をバックアップしている。

軸封部はコロ軸受の上下をメカニカルシールではさんだダブルメカニカルシール方式で、外部に別置の油循環装置により潤滑油を強制循環している。上下のメカニカルシールから漏れた油はドレン配管により自重でドレンされるが、特に下部メカニカルシールからのドレン管には検流器をつけて漏えい油の異常増加を検知し、ポンプをトリップさせるようにしてある。また漏えい油がナトリウム蒸気と接するのを防ぐため、アルゴンガスによるガスシールが下部に設けられている。

本ポンプは保守が容易なように、内部構造だけ独立に上に引き出せる構造になっている。そして、インペラ、下部軸受などは、軸封部を分解することなく下方から取りはずし可能である。また軸封部だけ分解する場合には、内部構造を上に取り出すことなしに架台に据え付けたままで分解できる。

使用した材料はナトリウムと接する個所にはすべて18-8系ステンレスを用いて脱脂洗浄と酸洗浄を行ない、不動態化処理を施している。ポンプの予熱は、ケーシング外面にボルトで取り付けられた電熱ヒータにより行なわれる。

5.3 製作

回転軸には高温運転中わずかのひずみも許されないため、製作にあたっては細心の注意を払った。特に素材を溶接してあとの溶体化処理とシーズニングは慎重に行なわれた。

一般的に、この種のポンプの製作にあたっては始めから終わりまで特別な管理が必要であるが、前記ポンプの洗浄が済んであとの最終組立てにあたっては、内部に塵埃(じんあい)のはいらぬように特に注意しなくてはならない。図8は、このポンプの最終組立てをしている様子である。無塵の環境のもと、作業者は特別に用意された作

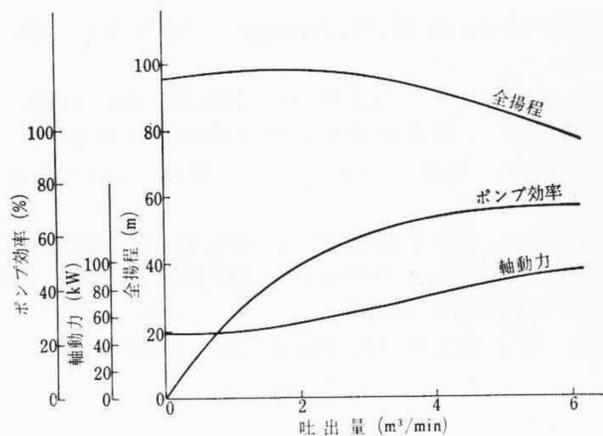


図9 ナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプ特性曲線

業服で、完全に脱脂洗浄を施した工具を用いて作業している。作業には、材質(18-8ステンレス)の関係上非常にかじり付きを起こしやすい部品の嵌合、ボルト締めなど、高度な技術が要求される。

5.4 工場試験

5.4.1 耐真空試験

実際のプラントでは、ナトリウムを充てんする前に全配管を含めてポンプ内部の空気を排出する必要がある。内部に空気が残っている場合は、ナトリウムが酸化してしまうためであるが、各部のパッキンにとってはポンプ運転中の正圧シールとは逆の負圧シールとなり、そのシール性が問題となる。

真空放置試験の結果、真空減衰率 1×10^{-3} mmHg以下、ヘリウムリーク試験による漏れ量ゼロで満足すべき結果を得た。

5.4.2 性能試験

水によるポンプの性能試験結果は図9に示すとおりである。

仕様点でオーバーフロー管よりの漏れ量と、上下のメカニカルシールからの漏れ量はゼロであった。

運転中は全回転数範囲にわたって振動がほとんどなくきわめて静かで、また連続運転試験後分解点検した結果、内部にはなんの変化もなく非常に良好な状態にあった。

6. 今後の課題

6.1 高速増殖実験炉用主循環ポンプ

動燃事業団によって、昭和48年度臨界を目標に高速実験炉の計画が強力に進められてきた。日立製作所でもこの計画に積極的に協力して、ナトリウム主循環ポンプについては、1次冷却系の機械式ポンプの設計を行ない、昭和42年の第一次概念設計に続いて、昭和44年3月の第三次概念設計(詳細設計)まで、順次設計を重ねてきた。

この実験炉は、熱出力100 MWで1次冷却系は2ループからなり、主循環ポンプは各ループに1台、計2台設置される。

概念設計の段階におけるポンプの大略仕様は次のとおりである。

流量	約 21 m ³ /min
全揚程	70 mNa
定格回転数	930 rpm
電動機出力	330 kW
設計温度	450°C

1次冷却系のナトリウムには、強い γ 誘導放射能があるため、軸封部下部に遮蔽構造を入れる必要が生じ、その分だけ回転軸が長くなった。またナトリウムに接する個所のケーシングや配管が万一のナトリウム漏えいに備えてすべて二重構造になっている点、前記図6のナトリウム流動伝熱試験装置用のポンプと異なるが、そのほ

かの構造はだいたいにおいて変わらず、この経験がそのまま生かされるよう設計された。この種のポンプのこうしたスケールアップにあたっては、各コンポーネントが正常に作動すること以外に、全体としての熱変形や熱膨張の問題が大きなウェイトを占めてくる。今回のポンプでもその点に留意して設計されている。

6.2 大形化への問題点

動燃事業団では、高速増殖実験炉のあとに高速増殖原型炉の計画がすすめられている。この目的は、昭和60年ごろ臨界に達すると予想される1,000 MWe級実用炉を目標にした原型炉を開発することにより大形実用炉のための設計経験や運転経験を得て、炉および機器の性能と経済性を実証しようとするもので⁽³⁾出力は300 MWeと決められている。昭和44年1月予備設計を終了して、現在各部の設計担当メーカーを決めて第一次概念設計の段階にはいったところであるが、日立製作所では、ナトリウム主循環ポンプに関しては、1次冷却系と2次冷却系の両主循環ポンプの設計を行なってきた。ここでは、この原型炉用も含めて、将来の実用炉に対する機械式ナトリウムポンプの大形化の問題について検討してみたい。

6.2.1 大形化の規模

原型炉用主循環ポンプの場合、ループ数を3とする今回の計画によると、1台あたりのポンプの容量は1次冷却系で流量約85 m³/min、全揚程約70 mNa程度になる。炉の規模が大きくなった場合、増加するのは流量で、全揚程はあまり変化しないと考えてよい。流量は冷却系のポンプの設置台数によって変わってくるので、実用炉用級のポンプの仕様がどうなるかは、一概に決められない。

高速増殖炉が軽水炉に比べて経済的に優位にたてるのは、電気出力1,000 MWe以上に達したときといわれているが⁽⁴⁾、実用炉の規模としては現在1,000~3,000 MWe程度が考えられている。

この場合の主循環ポンプの大きさは、冷却系のループ数により大略決められるはずであるが、最適ループ数については、主循環ポンプを含めてループにつく機器の信頼性や、また系全体としての安全性の問題、そのほかが関連してきて、現在のところまだはっきりした方向は出ていない。事実、アメリカにおける各社の1,000 MWe高速増殖炉設計諸元をみても、ループ数は2~6とまちまちである⁽⁵⁾。たとえば、ループ数を6とすると、ポンプ流量は原型炉用の場合の約2倍になり、ポンプの大きさはあまり変わらずに済む。しかし、ループ数が2になると、1台の容量は約400 m³/minとなり、ポンプは非常に大きなものとなる。

しかし、欧米では300 m³/minくらいの容量を一応の目標としてナトリウムポンプの開発をすすめており⁽⁶⁾⁽⁷⁾、逆にこの容量が冷却系のループ数を決めるファクタの一つになるものと思われる。

6.2.2 技術的問題点

ポンプの大形化に伴う技術的問題点は数多い。軸受、軸封、振動、熱変形、熱衝撃、ポンプ構造、配管荷重、形式、生産技術などの問題に関し、現在各国とも進展状況にやや差はあるが、積極的に開発研究を進めつつある。

またプラント全体からみた場合、冷却系がタンクタイプかループタイプか、ポンプの設定位置はホットレグかコールドレグかなどについて各国とも、明確な方向が打ち出されているわけではなく、これらについては、ポンプを含めた冷却系全体として、今後なお検討を重ねていかななくてはならない問題である。

日立製作所では早くから上記問題点の自主開発研究を手がけてきたが、今後いっそうこの面での進歩に寄与したいと念願する次第である。

7. 結 言

試験用ポンプでの研究およびそれに続くナトリウム流動伝熱試験装置用主循環ポンプの製作と工場試験を通じて、大形ポンプの自主開発に対する基礎を固めた。

液体金属冷却高速増殖炉は、ナショナルプロジェクトとして開発されるものであり、したがってその付属機器であるポンプだけが単独に先走ること、また遅れることも許されない。今日までの経験と実績に加えて、外部機関との関連をよくとりながら、これからも積極的に開発を進めていくつもりである。

参 考 文 献

- (1) J. J. Morabito & H. W. Savage: ANS-100, 324 (USAEC) (1965)
- (2) 河原, 佐川: 原子力工業 11, No.10, 39 (1965)
- (3) 動燃事業団: 高速増殖原型炉予備設計仕様書, 1 (1968)
- (4) 金井, 山田, 和嶋, 山本, 井上, 厚母: 日立評論 50, 663 (1968)
- (5) 中川, 早瀬: 原子力工業 15, No.8, 12 (1969)
- (6) LMFBR Program Office: LMFBR PROGRAM PLAN-COMPONENTS 3-367
- (7) 中野: 原子力工業 15, No.8, 27 (1969)



特 許 の 紹 介



特許 第558801号 (特公昭44-12961)

三 卷 達 夫・諏 訪 重 敏
永 田 武 三 郎・湯 沢 靖 臣

放 送 番 組 自 動 化 方 式

従来の放送番組自動化方式においては放送の運行内容またはプログラムの詳細をすべて装置に与えなければならず、非常にはん雑で非能率的であった。

この発明は、このような従来の難点を改良するために、放送プログラムを従来のようにイベント単位に細分せず簡単な記号の形で表わし、装置に自動的に読ませるようにした放送番組自動化方式に関するものである。

図はこの発明による放送番組自動化方式の一例を示している。テープレADER TRは記録紙テープから各番組の本来の長さで時間を指定してある放送プログラムおよびこれに付随する動作を指定する記号などの情報を読み出して入力レジスタ IR に読み込ませるもので、入力レジスタ IR の内容はメモリレジスタ M に与えられると

もこのメモリレジスタ M からの情報を持続時間、映像信号および音声信号の三つに区分して記憶装置 4 に記憶させる。また入力レジスタ IR 内の記号は比較回路 7 に送られてその種類が判定される。

このようにして放送プログラムを記憶装置 4 に読み込むに際し、それまでにメモリレジスタ M に読み込まれている時間の記憶値から入力レジスタ IR 内の記号の時間を減算レジスタ 5 により減算することにより、この情報に応じて放送を自動的に行なうようにする。

この発明によれば非常に複雑な内容のテレビ放送プログラムでも簡単な記号化したプログラムの形で与えて自動的に処理することができ、プログラムの作成能率を格段に向上させることができる。

(永田)

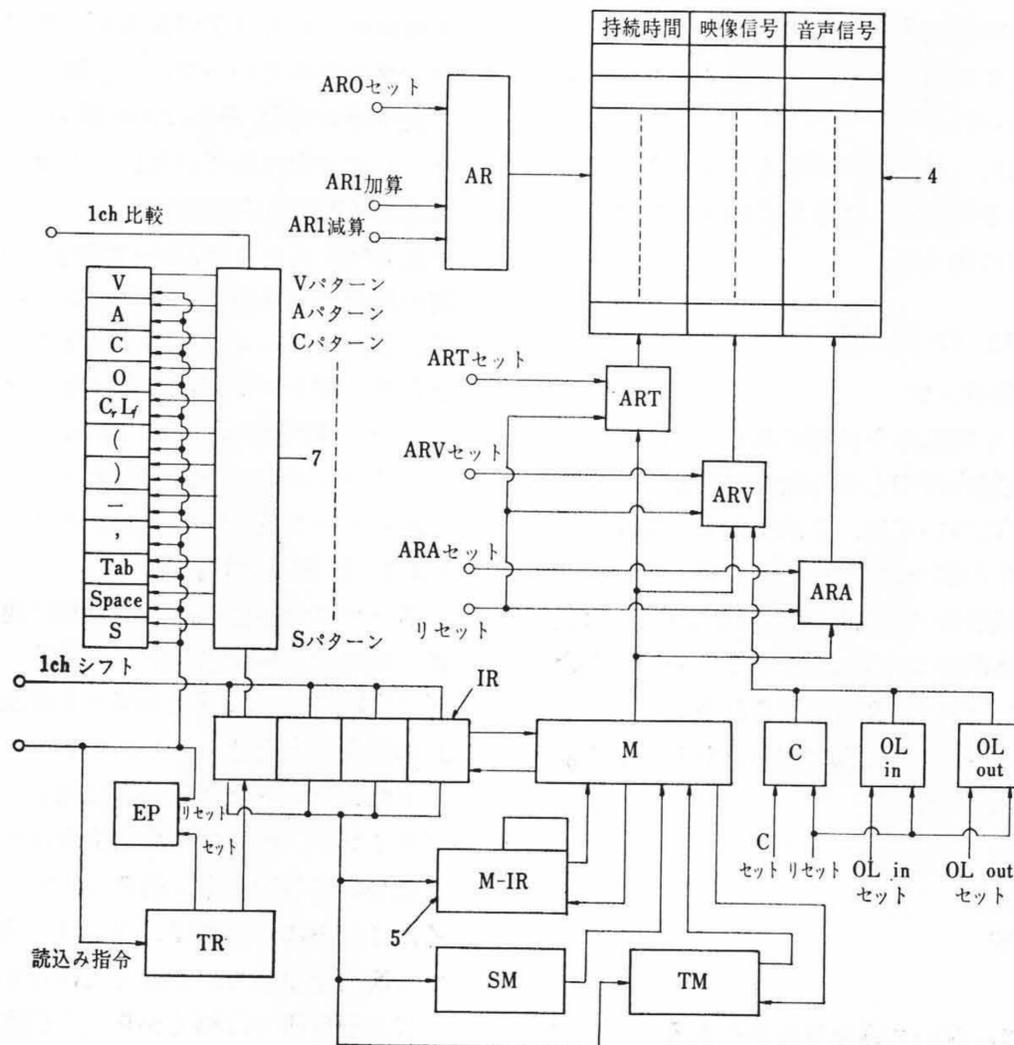


図 1