

汚水・廃水用水中ポンプ インターナル・クーリング・システム (ICS) の開発

牧野 力* 川畑 潤也* 相吉澤 俊一*

Development of Internal Cooling System for Sewage/Wastewater Pump

by Chikara MAKINO, Junya KAWABATA, & Shunichi AIYOSHIKAWA

An internal cooling system for sewage/wastewater pumps has been developed. The system assures safe operation of the motor even when the pump is not submerged. The system also makes it possible to prevent overheating without using pumped liquid which may contain various foreign matters. In the developed system, a newly designed impeller is located between two mechanical seals, and circulates the coolant through a newly designed passage to the cooling jacket around the motor. Thus, heat generated by the motor is transferred to the coolant and effectively dissipated to the pumped liquid via a heat exchanger.

Keywords: Internal cooling system, Sewage/wastewater pumps, Duplex mechanical seals, Coolant, Heat exchanger, Heat transfer coefficient, Thermal conductivity, Winding temperature rise

1. はじめに

下水処理場などで使用される比較的大口径・大出力の汚水・廃水用ポンプとして、封入冷却液でモータを冷却し、封入冷却液の熱は熱交換部分を介してポンプ取扱液に放出するインターナル・クーリング・システム (ICS) 仕様のシリーズ化を行った。

従来から当社が採用してきた、ポンプ取扱液を直接モータ外周に導きモータを冷却するセルフ・クーリング・システム方式と比較して、ポンプ取扱液に混入している種々の異物の影響を受けずにモータ冷却できるなどの特長があり、北米市場、中でも東海岸や最近ではフロリダ地区、西海岸でICS仕様の要求が多くなっている。更に、近い将来東南アジアでも同様の要求が多くなると見込まれている。

この度、セルフ・クーリング・システム仕様である現行DSC4型 (DSC4型は当社の機種記号である、以下同様) 汚水・廃水用ポンプを、新規部品を導入しICS仕様とする開発を行った (写真)。以下にその概要について紹介する。

* 風水力機械カンパニー 汎用ポンプ事業統括 技術生産開発統括部 汎用水力技術開発室



10-00 01/228

写真 DSC4型汚水・廃水用ポンプ
(インターナル・クーリング・システム)

Photo Sewage/wastewater pump: Model DSC4
(Internal cooling system)

2. 構造

本開発品の構造を図1に示す。シリーズの範囲は口径150～300 mm, 出力37～110 kW (50～145 HP) で、計15機種となっている。表に仕様を示す。

2-1 羽根車内蔵形メカニカルシール

メカニカルシールの構造を図2に示す。下部シールと上部シールからなるタンデム形メカニカルシールとしており、その間に冷却液循環用に新規に設計した羽根車を

表仕様
Table Specifications

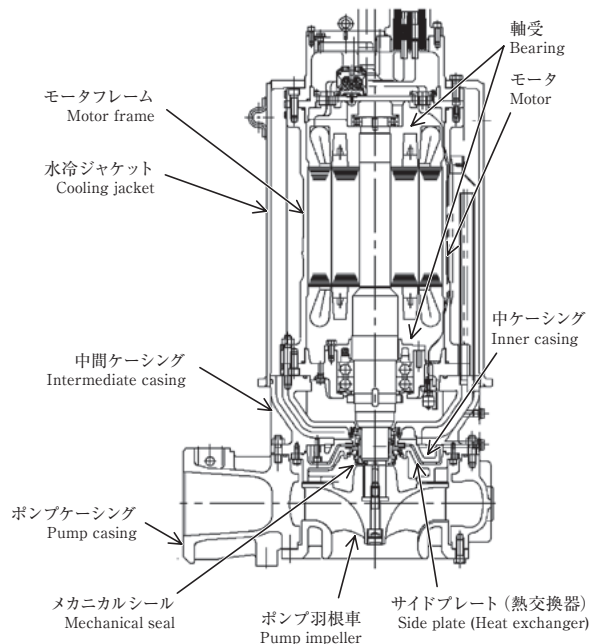


図1 開発品の構造
Fig. 1 Structure of the developed system

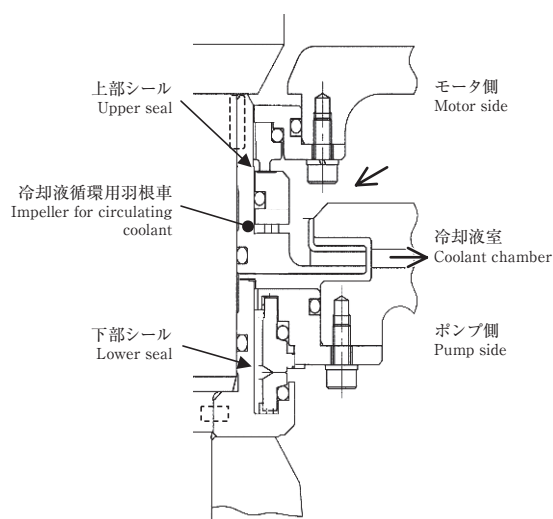


図2 メカニカルシールの構造
Fig. 2 Structure of the mechanical seal

内蔵するように構成している。下部シールはポンプ取扱液が冷却液室側へ漏れるのを防止し、上部シールは冷却液がモータ側へ漏れるのを防止している。

冷却液はプロピレングリコール水溶液で、プロピレングリコールは不凍液としての役割に加えて、メカニカルシール摺動部の潤滑剤としての役割も兼ねている。

設計仕様 Design specifications	吐出し量 Capacity	2 ~ 25 m ³ /min (530-6600 USGPM)
	全揚程 Total head	7 ~ 72 m (23-236 ft)
	液温 Liquid temp.	0 ~ 40 °C
	最大水没深さ Max. submergence	35 m
構造 Structure	ポンプ羽根車 Pump impeller	セミオープン/クローズ Semi-open/Closed
	メカニカルシール Mechanical seal	冷却液循環羽根車内蔵タンデム形メカニカルシール Duplex mechanical seals in tandem arrangement between which an impeller for circulating coolant is located.
	軸受 Bearing	(グリス潤滑) 玉軸受 (Grease lubricated) ball bearing
	モータ Motor	乾式水中 (水冷ジャケット付) Air filled watertight (with cooling jacket) 始動方式: 直入れ Starting method: D.O.L.
	冷却方式 Cooling system	インターナル・クーリング・システム Internal cooling system
	据付方法 Mounting method	ウェットピット: 着脱装置 ドライピット: ベースプレート Wet pit: Quick discharge connector (QDC) Dry pit: Base plate
材料 Materials	ケーシング類, 着脱装置 Casings, QDC	FC250 Cast iron: JIS FC250
	ポンプ羽根車 Pump impeller	FC250 Cast iron: JIS FC250
	主軸 Shaft	SUS420J2 Stainless steel: JIS SUS420J2
	モータフレーム Motor frame	FC250 Cast iron: JIS FC250
	水冷ジャケット Cooling jacket	SS400 Rolled steel: JIS SS400
	メカニカルシール Mechanical seal	上側: カーボン/セラミックス 下側: SiC/SiC Upper: Carbon/Ceramics Lower: SiC/SiC
	冷却液循環用羽根車 Impeller for circulating coolant	SCS13 Corrosion-resistant cast steel: JIS SCS13
	サイドプレート (熱交換器) Side Plate (Heat exchanger)	CAC406 Copper alloy casting: JIS CAC406
附属品 Accessories		10 m 防水ゴム絶縁柔軟ケーブル 10 m watertight rubber insulated flexible cable
		内蔵巻線温度検知器 (各相用) Built-in winding temp. detectors for each phase 内蔵フロート形漏れ検知器 Built-in float type leakage detector

2-2 冷却液の循環流路

水冷ジャケットに囲まれたモータフレーム外周流路と冷却液循環用羽根車の吸込・吐出し側を連絡する流路を形成するため、中間ケーシングを新規設計した。内部の流路は周方向に4分割しており、冷却液循環用羽根車の吸込・吐出し側に各二つずつ連絡するよう交互に配置している (図3)。これに合わせてモータフレーム外周にガイドプレートを設置して、モータフレーム外周流路も同様に、冷却液循環用羽根車に対する入りと出の流路に区切ることによって、一定の流速を得て熱伝達率を確保している (図3)。

モータから冷却液へ移動した熱をポンプ取扱液へ放出させる熱交換器部の流路構造を図4に示す。

中間ケーシングの下側に中ケーシング、更にはその下側にサイドプレートを設け、両者の間に冷却液循環用羽根車の吐出し側流路を形成した。サイドプレートの下側はポンプ取扱液となっており、上側を流れる冷却液の熱をサイドプレートを介して下側のポンプ取扱液へ放出させる構造としている。

冷却液循環用羽根車の吐出し側流路は、十分な流速によって熱伝達率を確保するとともに、限られたスペースで効率良く伝熱面積を確保するように工夫しており、更

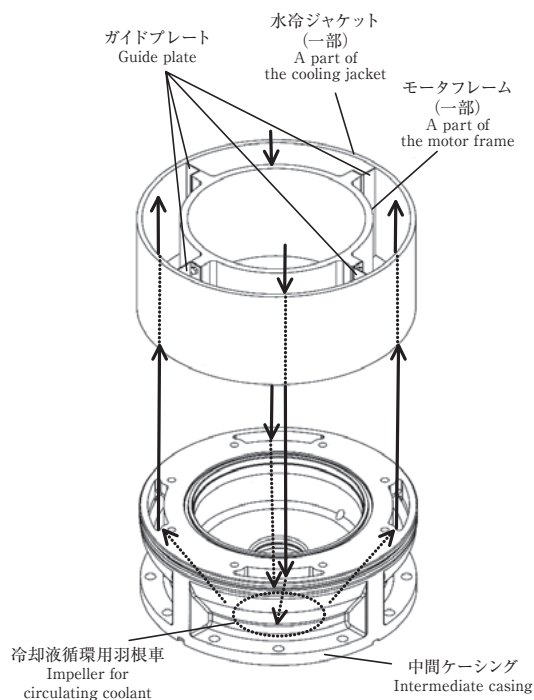


図3 中間ケーシング・モータフレーム内部の流れ方向
Fig. 3 Flow direction inside the intermediate casing and the motor frame

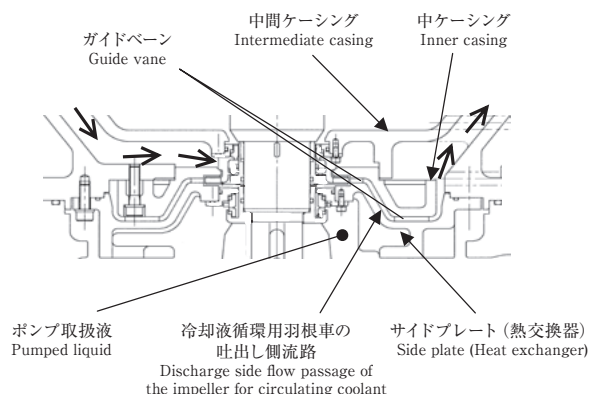


図4 熱交換器部の流路構造
Fig. 4 Structure of the flow passage of the heat exchanger

に、ガイドベーンを設けてポンプの高効率化を実施している。

3. 冷却能力向上の施策

ICSでは、冷却液がモータから熱を受け取りポンプ取扱液へ放出するため、ポンプ取扱液が直接、モータから熱を受け取るセルフ・クーリング・システムと比べて、モータの冷却が困難となる。ポンプ取扱液に対して、モータの巻線温度上昇を基準値以内に抑えるために、既に述べた流速による熱伝達率の確保に加え、以下の施策を行った。

3-1 モータフレームの熱伝導向上

モータの巻線温度上昇を抑えるために、その発熱分の熱はモータフレームを介して冷却液へ移動させている。したがって、モータフレームの熱伝導を向上させることで、効率良く発熱分の熱が冷却液へ伝わり、冷却能力が向上する。モータフレームを新規設計とすることは、コスト及び管理上得策でないため、今回はモータフレーム外面の塗装仕様変更を行った。具体的には、汚水・廃水からプロピレングリコール水溶液へ液質が変わることを考慮し、膜厚を含む塗装仕様を見直すことで、熱伝導向上を図った。

3-2 サイドプレート (熱交換器) の熱伝導向上

新規部品であるサイドプレート (熱交換器) は、冷却能力向上のため、冷却液の熱を効率良くポンプ取扱液へ伝えるよう熱伝導の向上を図った設計とした。

前述のとおり、限られたスペースで効率良く伝熱面積を確保していることに加えて、補強リブを追加し、薄肉構造とすることで更なる熱伝導の向上を図っている。

また、材料は、機械部品に用いられる材料の中で最も熱伝導率の高い部類に入る青銅鑄物とした。FC250の場合と比べて、55 kWクラスのDSC4型ポンプで7°C以上の巻線温度上昇低減の効果が得られている。

4. 信頼性の向上

本開発品のようなポンプにおいて構造的に懸念される点として、滞留空気によるモータ冷却不良、メカニカルシール摺動部の潤滑不良が挙げられる。

サイドプレートの下側はポンプ羽根車の裏側になっており、ポンプ取扱液の流れが停滞しがちで、空気溜まりができやすくなっている。そこで、**図5**に示すように、ポンプ羽根車裏側の裏羽根に対向するよう配置した壁面に穴、くぼみを周方向2箇所ずつ設け、裏羽根により生じたポンプ取扱液の流れの一部を導き入れて循環流を形成することにより、空気の滞留を防止している。

穴から導き入れた流れは、最も空気が集まり、滞留しやすくなっている内側の主軸付近のポンプ取扱液を押し流し、空気は径方向外側に向かう流れに沿って、徐々にポンプケーシングの吐出し側へ導かれる。また、旋回流が生じると、主軸付近に空気が滞留しやすくなるため、リブを設けて旋回流の発生を防止している。

くぼみから導き入れた流れは、主として初期段階からの空気が封じ込められやすくなっているサイドプレート外周側のポンプ取扱液を押し流し、先と同様、空気は径方向外側に向かう流れに沿い、徐々にポンプケーシングの吐出し側へ導かれる。

更に、空気の滞留防止とは別に、ポンプ取扱液の停滞を防ぎ、入れ替えを促進すること自体が、確実なモータ冷却効果を得ることにつながる。

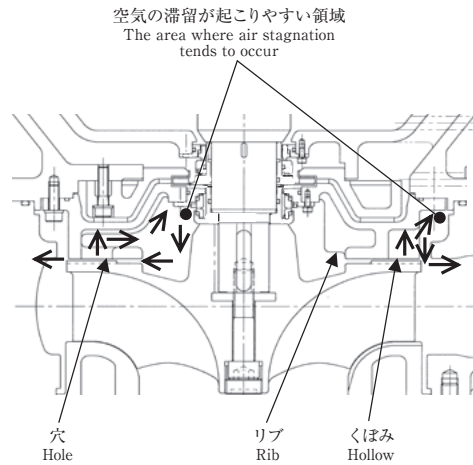


図5 熱交換器下部の滞留空気防止構造
Fig. 5 Structure for preventing air stagnation at the lower side of the heat exchanger

5. おわりに

ICSは、汚水・廃水用ポンプにおいて、水冷ジャケット内にポンプ取扱液を取り込むことなく、浸水位レベルが低い状態での運転やドライピットでの運転を可能とする。

現状ではまだ、一部の地域において要求される仕様であるが、水冷ジャケット内への異物付着によるモータの冷却不良発生の危険性やメンテナンスの煩わしさを回避するため、ますます要求は高まるものと思われる。

今後も市場要求の高い製品群にICS仕様を拡大させていく所存である。