

巻頭言

搬送物流設備特集の発行に当たって

清家康彦

搬送物流設備特集

論文・報告	トランスファークレーン用ハイブリッド電源装置の開発	甲斐 健, 西山範之	1
	世界最大級グライアスクレーンの強度検討	大北義明	5
	大型クレーンの風洞試験	浅井一浩, 大北義明, 続木治彦	9
	バッテリー式フォークリフトの電流消費量推測	日南敦史	13
技術解説	レールドクレーンフックの最適化	大北義明, 今村高夫, 谷口伸二	17
	スミパークグラウンドの開発	影山 護	19
	Roll-MES によるロール加工の最適化	石原達也	21
	通信販売業界における統合WMS	西前健司, 坂本高章, 田中 修	23
	フォークリフトの技術動向	林 義人	25
新製品紹介	400t ジブクレーン		27
	コンベヤ用減速機 パラマックス®9000シリーズ		28

論文・報告

低振動パルスチューブ冷凍機の開発	許 名堯	29
アークイオンプレーティングで成膜した低摩擦Ti-B-N被膜	丹野康雄, 黒沢 隆, 西澤誠二, 小豆島 明	33

On Publishing Special Section of Material Handling Equipments & Systems

Yasuhiko SEIKE

Special Section of Material Handling Equipments & Systems

T/PAPER	Development of Hybrid System for Transfer Cranes	Takeshi KAI, Noriyuki NISHIYAMA	1
	Structural Integrity Test for Largest World Class Goliath Cranes	Yoshiaki OOKITA	5
	Wind Tunnel Test of Large Cranes	Kazuhiro ASAI, Yoshiaki OOKITA, Haruhiko TUZUKI	9
	Inference of Current Consumption Analysis for Electric Forklift Trucks	Atsushi HINAMI	13
	Optimization of Ladle Crane Hook	Yoshiaki OOKITA, Takao IMAMURA, Sinji TANIGUCHI	17
T/INVITATION	Development of SUMIPARK – GROUND	Mamoru KAGEYAMA	19
	Roll Manufacturing Process Optimization by Roll – MES	Tatsuya ISHIHARA	21
	Integrated Warehouse Management System in Mail-order Business	Takeshi NISHIMAE, Takaaki SAKAMOTO, Osamu TANAKA	23
	Technical Trend of Forklift Trucks	Yoshito HAYASHI	25
	400 t Jib Cranes		27
NEW PRODUCT	Mining Conveyor Drives PARAMAX [®] 9000 Series		28

T/PAPER

	Development of Low Vibration Pulse Tube Cryocooler	Mingyao XU	29
	Ti-B-N Coatings with Low Friction Coefficients Deposited by Arc Ion Plating	Yasuo TANNO, Takashi KUROSAWA, Seiji NISHIZAWA, Akira AZUSHIMA	33

搬送物流設備特集の発行に当たって

顧客価値創造に向け 独自の新技术・新製品の開発 そしてモノづくりの変革にチャレンジ

取締役
専務執行役員

清 家 康 彦



『搬送物流設備特集』の発行に当たり、平素は当社の搬送・物流システム事業にご支援とご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

2008年下期からの世界需要の急激な落ち込みは、その深さと長さ故に新しい市場と顧客価値を創造する引き金になると考えられます。すなわち、地球環境、生命、生活およびエネルギーに対する本質的希求が大きな流れとなり、あらゆる商品・サービスのコンセプトを通底する価値観となってきています。日本は地球温暖化防止および低炭素社会の実現に向けて国際的推進役を担っており、製造業・サービス業においても技術・製品開発、モノづくりおよびサービスなどの面で独創性と主導性が求められています。

搬送物流設備は、工場およびヤードなどで工程間をつなぎ、流れをつくる基軸機能を担っており、全体最適の視点に立ち、高機能化と信頼性、環境対応と安全対策およびIT化と運用制御・管理からなる技術・製品の系譜をさらに進化させる必要があります。

当社の搬送システム事業は、「一流商品とライフサイクル・ソリューションでグローバルトップブランドを目指す」を掲げ、製鉄所、造船所、工場および港湾などのお客様に、ジブクレーン、ゴライアスクレーン、連続アンローダおよび屋内クレーンなどの商品を提供しています。加えて、顧客価値創造サイクルの観点から老朽設備の診断と延命化、機能効率向上を目的とする改造、そして生産システムの改善提案など、サービス事業にも積極的に取り組んでいます。とりわけ環境・省エネルギー対応では、ハイブリッド電源装置の商品化、連続アンローダの省エネルギー・省メンテナンスでのバケットエレベータ部の電動化更新、また全機種に対して高信頼性を追求しています。

また、当社の物流システム事業は、実績の豊富な自動倉庫、搬送およびハンドリングなどの技術・商品を進化させることに加え、“エコ”価値観が創出する成長市場への展開を加速しています。例えば、自動車産業では、環境・燃費への価値が高まり、ハイブリッド車や電気自動車が主役となる時代を迎えようとしています。また、太陽光発電が急速に普及しつつあり、世界的な成長市場となってきました。主要部品であるニッケル水素やリチウムイオン電池および太陽電池には高機能フィルムが使われており、当社はFPD(Flat Panel Display)で培った搬送・ハンドリングの技術を磨き、生産プロセスにおける特殊な工程間搬送を商品化し、お客様のニーズにいち早く対応することで低炭素社会実現の一端も担っています。

これからの市場を見据え、お客様の価値創造のパートナーとして、独自の新技术・新製品の開発、そしてモノづくりの変革にチャレンジしてまいり所存でございます。

今後ともご指導・ご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

トランスファクレーン用ハイブリッド電源装置の開発

Development of Hybrid System for Transfer Cranes

●甲斐 健* 西山 範之*
Takeshi KAI Noriyuki NISHIYAMA



図1 トランスファクレーン
Transfer cranes

近年、地球温暖化防止を目的としたクリーンエネルギーが注目を浴び、温室効果ガス排出削減や燃料消費量削減を目的としたハイブリッドシステムの導入が盛んになってきている。

コンテナターミナルでコンテナ搬送を行うトランスファクレーンは、大型のエンジン発電機が設置されている。このことから、多量の燃料(軽油)が消費され、黒煙・温室効果ガスの排出および騒音などが問題となっている。

住友重機械エンジニアリングサービス株式会社では蓄電装置としてのリチウムイオン電池に着目し、巻下げ時の回生エネルギーをリチウムイオン電池に充電して、巻上げ時の力行運転時に再利用するハイブリッド電源装置を開発した。エンジン発電機の電力量を抑制して、エンジン発電機を従来の約1/3容量に小型化することにより、本課題を解決することが可能となった。

Recently, the clean energy to prevent global warming has been attracting much attention and the hybrid system designed to reduce the greenhouse gas and fuel consumption is becoming popular to be adopted. Transfer cranes that convey containers at container terminals are incorporated with large engine generators. Therefore, they consume much fuel (light oil), emit black smoke and greenhouse gases and produce noise, which have become problematic. Perceiving lithium-ion batteries as an electric storage, Sumitomo Heavy Industries Engineering & Services Co., Ltd. recently developed a hybrid power supply system that charges a lithium-ion battery with the energy regenerated through the lowering operation and reuses the energy in the power-running hoisting operation. This hybrid system has solved the above problem by controlling the output power of the engine generator and downsizing the engine generator to approx. one third of that of the conventional type.

1 まえがき

近年、地球温暖化防止を目的としたクリーンエネルギーが注目を浴びている。自動車やバス業界においては温室効果ガス排出削減や燃料消費量削減を目的としたハイブリッドシステムの導入が盛んになってきている。

我々が携わる荷役機械関係のなかで、コンテナターミナルでコンテナの搬送を行うトランスファクレーンは、電動機や照明装置などのすべての負荷へ電力を供給するべく、大型のエンジン発電機が設置されている。このことから、多量の燃

料(軽油)が消費されるとともに、黒煙・温室効果ガスの排出および騒音などが問題となっており、これらに対する対策が緊急課題となっている。

これら課題の解決に、従来は熱放散させていたトランスファクレーンの巻下げ運転時などの回生エネルギーを蓄電装置に蓄電し、インバータ電動機の力行運転時に再利用するハイブリッド電源装置(登録商標 SYBRID SYSTEM®)を開発した。

本装置は、蓄電装置および制御装置で構成され、エンジン発電機からインバータ電動機へ供給する電力量を抑制し、不

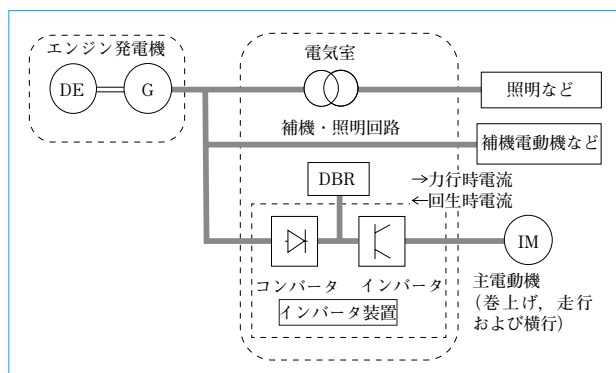


図2 従来の回路
Existing circuit configuration

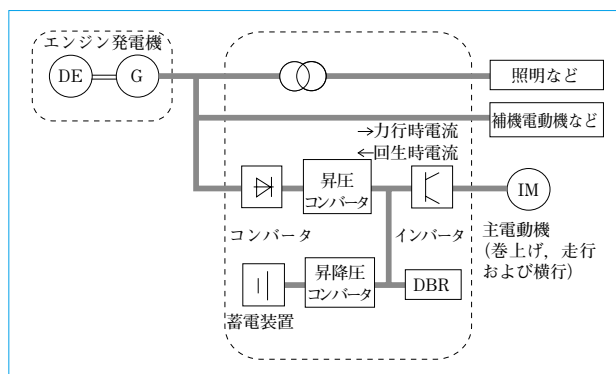


図3 本装置の回路
Hybrid system circuit configuration

足電力を蓄電装置から供給することにより、エンジン発電機を従来の約1/3容量に小型化することが可能となった。ここでは、本装置の概要と特長、トランスファクレーンへの導入事例について紹介する(図1)。

2 本装置の蓄電装置

回生エネルギーを保存する装置としては、電気二重層キャパシタ、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池に代表される2次電池、フライホイールなどが考えられる。それぞれの方式は各社にて開発、試験および販売が進められている。

電気二重層キャパシタは、2次電池に比べて、内部抵抗が小さく、電圧降下が小さい、出力密度が高い、寿命が長いといった利点がある。しかし、電圧が低い、エネルギー密度が小さいといった欠点を持つ。

2次電池には鉛電池、ニッケルカドミウム電池、ニッケル水素電池およびリチウムイオン電池などがある。なかでもリチウムイオン電池はエネルギー密度が高い、電圧が高い、メモリー効果がない、自己放電が少ないなどの利点がある。ただし、電池温度により寿命が短くなる、過電圧を超えた領域の危険性があるなどの欠点を持つことから、使用時は電池周囲温度の管理や過電圧保護回路設置などを考慮する必要がある。

トランスファクレーンの巻上げ荷重、揚程、速度および加速度から計算されるエネルギー量と入出力特性およびそのエネルギーを保存する装置の大きさを考慮して、高エネルギー密度および高入出力特性という特長をもつ高性能リチウムイオン電池を採用した⁽¹⁾⁽²⁾。

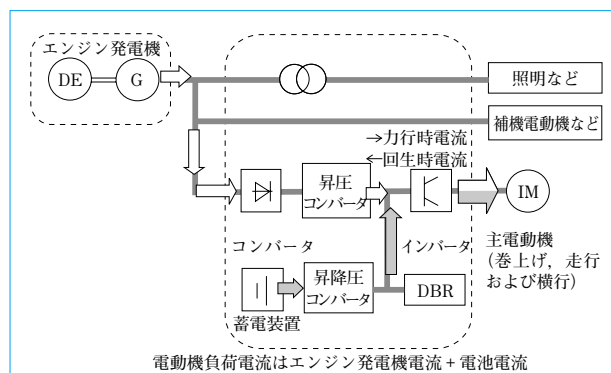


図4 巻上げ運転
Hoisting up operation

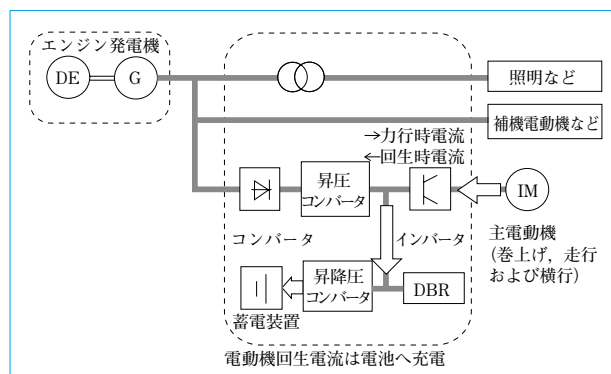


図5 巻下げ運転
Hoisting down operation

3 従来の基本回路構成および動作

従来のトランスファクレーンの電気回路の基本構成を、図2に示す。

主要動作駆動用電動機はインバータで駆動されているが、これら電動機や照明装置を含むすべての負荷に対してエンジン発電機から給電している。トランスファクレーンは、運転過程で電動機が力行と回生を繰り返し、回生運転時のエネルギーは抵抗器(DBR)により熱エネルギーに変換されて放散消費されている。

4 本装置の基本回路構成および動作

図3に示すように、インバータユニット内の直流母線のラインにDC/DCコンバータや蓄電装置などで構成する本装置を挿入設置する。なお、DC/DCコンバータや蓄電装置は個別に、もしくは一括でキュービクルに収納する。

DC/DCコンバータには、エンジン側制御装置としての昇圧コンバータと蓄電装置側制御装置としての昇降圧コンバータがある。昇圧コンバータは、エンジン発電機から直流母線に供給する電流値を制御するものである。始動時の負荷急変時に対しては、エンジン発電機出力電流を適正に制御(エンジン発電機負荷制御)することにより黒煙の排出を防止する。昇降圧コンバータは、蓄電装置から直流母線に供給する電流を制御するものである。また、電動機からの回生電流を蓄電装置に充電制御する機能を持っている。

4.1 巻上げ運転時

トランスファクレーンの巻上げ運転時には、図4に示すように、電動機が必要とする電流をエンジン発電機および蓄電



図6 ハイブリッド電源装置取付け
Installation of hybrid system



図7 リチウムイオン電池
Lithium-ion batteries

装置から供給する。

4.2 巻下げ運転時

トランスファクレーンの巻下げ運転時などに生じる回生電力は、図5に示すように昇降圧コンバータを経由して蓄電装置に充電される。

4.3 補充充電

蓄電池の充電量(SOC)不足の防止に、蓄電装置の充電量が所定の設定値以下になると、自動的にエンジン発電機から蓄電装置への補充充電電流を供給する。また、充電量が所定の設定値を超えると自動的に供給を停止するように制御する。

5 本装置の概要

本装置の取付け例を、図6に示す。日本通運株式会社大黒C-3事業所のトランスファクレーンの脚部に、本装置を追加設置した。またその装置内部には、リチウムイオン電池(図7)および制御装置であるDC/DCコンバータ(図8)などが収納されている。また、収納盤にはクーラ、断熱材およびサンシェードなどを設置して電池周囲温度を一定に保つように温度管理がされている。

6 エンジン発電機の小型化と燃費削減

トランスファクレーンのエンジン発電機が消費するエネルギーは、主に次の三つに分けられる

- (1) 主要動作用電動機の駆動力(巻上げ、横行および走行)



図8 DC/DCコンバータ
DC/DC converter

- (2) 補助動作用電動機の駆動力や照明負荷
- (3) エンジン発電機自身の無負荷動力(アイドリング)

この3項目のうち、回生電力を発生するものは前記(1)である。この回生電力を蓄電装置に蓄電し、力行運転時に再利用することによって、エンジン発電機の電力供給負担を大幅に軽減させることができ、エンジン発電機を小型化することが可能となる。その結果、燃料消費を削減することができる。

また、エンジン発電機を小型化することで、上記(3)となるエンジン発電機自身の無負荷動力の燃料消費が小さくなり、結果として更なる燃料消費の削減ができる。このエンジン発電機自身の無負荷動力は、エンジン発電機2次側の負荷の状態に関わらず、常に一定量のエネルギーを消費している。よってエンジン発電機が運転されている時は常に無駄なエネルギーを消費していることになることから、極力エンジン発電機を小型化して無負荷動力によるエネルギー消費を抑えることが燃費削減には有効となる。

上記より、本装置導入により従来の約1/3容量にエンジン発電機を小型化することが可能となっている。

なお、上記(2)の補助動作用電動機の駆動力や照明負荷はハイブリッド化する前と後で消費するエネルギー量が変わることはないことから、エンジン発電機を小型化しても燃費削減効果は期待できない。

7 本装置の特長

7.1 燃費削減

エンジン発電機と蓄電装置用にそれぞれDC/DCコンバータを設け、それぞれのコンバータの電力を一定の割合(均等)に分担することにより、エンジン発電機を従来の約1/3容量に小型化することができ、結果として大幅な燃料消費量を削減することができる。

7.2 環境改善

7.2.1 排出ガス(CO₂, NO_x, SO_xなど)の削減

エンジン発電機を小型化することにより、燃料消費が削減でき、排出ガスも削減される。CO₂排出量などは燃料使用量と比例関係にあることから、燃費削減率がCO₂排出量削減率と考えることができる。

7.2.2 黒煙排出の削減

エンジン発電機側の急激な電流立ち上りを昇圧コンバータ

で抑えることにより、巻上げ加速時などの負荷変動によるエンジンの不完全燃焼を抑えることができる。これにより、エンジンからの黒煙排出を大幅に削減することができる。

7.2.3 騒音の削減

エンジン発電機が従来の約1/3容量の小型汎用品タイプとなり、騒音が大幅に削減される。これにより荷役作業時のシャシ運転者やメンテナンス時の作業者への安全性が向上する。

7.2.4 振動の削減

エンジン発電機が従来の約1/3容量の小型汎用品タイプとなり、振動が大幅に削減される。これによりトランスファクレーン本体やエンジン発電機周辺設置機器の振動の影響による寿命が延長される。

7.3 本装置の小型化・軽量化

インバータ電動機の力行運転に必要なエネルギー量および入出力特性の供給に、最適な蓄電装置としてハイレートタイプのリチウムイオン電池を採用し、本装置の小型化および軽量化が可能となっている。

7.4 安全性

本装置は、すべてスタティックな機器で構成されており、可動部がないことから、基本的に安全な装置となっている。電気回路保護としてはブレーカおよびヒューズなどのハード保護機器とデータ監視などのソフトによる保護を設けている。

蓄電装置として使用するリチウムイオン電池には、電池モジュールごとにセンサを設けてすべての電池セル電圧やモジュール温度を監視している。また、各データを一括管理する電池監視装置を設けて、過放電、過充電、過熱および過冷却などを防止している。

7.5 メンテナンス性

構成する主要機器であるDC/DCコンバータおよび電池監視装置には文字表示器を設けており、電圧、電流および温度などのデータ、故障メッセージおよび故障履歴などを確認することができる。

パソコンにインストールしたメンテナンスツール(ソフト)を使い、DC/DCコンバータと通信することができ、コンバータ状態や電池状態をモニタリングすることができる。またトリガ機能を使用することにより、各種データを収集・保存することができる。

DC/DCコンバータにはリチウムイオン電池の寿命を予測する機能を設けており、月1度の電池内部抵抗を測定することにより電池交換時期を予測することができる。

エンジン発電機が従来の約1/3容量に小型化でき、汎用タイプを選定することができることから、定期点検やオーバーホールの期間および費用が大幅に軽減される。

既設トランスファクレーンを改造した場合、既設燃料タンクを流用することができ、燃料給油回数を削減することができる。

7.6 本装置の適用対象

インバータ制御のトランスファクレーンであれば、新設のトランスファクレーンへの設置はもとより、既設のトランスファクレーンに対しても大幅な改造なく、追加設置が可能となる。また、他社製トランスファクレーンへの追加設置も可能となる。

7.7 フィールドテスト時の主要仕様

日本通運株式会社(大黒C-3事業所)での検証

クレーンサイズ	1 over 4(4段積み) 国内他社製
定格荷重	40t
エンジン発電機出力	120kW 150kVA AC440V 60Hz (オリジナル 408kW 620kVA)
電池公称容量	30Ah
電池最大充放電電流	600A
電池セル数	144セル
巻上げ電動機	150kW
実作業時燃費削減率	約53.5%

8 むすび

本装置をトランスファクレーンへ適用することにより、エンジン発電機を従来の約1/3容量に小型化することができ、次の改善が可能となる。

- (1) 燃費を削減できる。
- (2) 排出ガス排出量を削減できる。
- (3) 黒煙排出量を削減できる。
- (4) 騒音を削減できる。
- (5) 振動を削減できる。
- (6) 定期点検などの保守費用を削減できる。
- (7) 燃料給油回数を削減できる。

本装置は、既設、新設、自社および他社製に関わらず、インバータ駆動のトランスファクレーンに適用することができる。

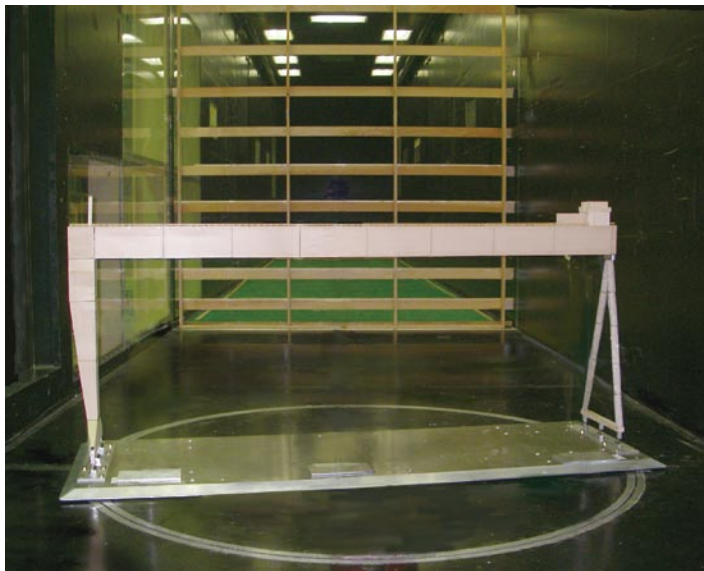
(参考文献)

- (1) 瀬山幸隆, 岡崎賢二, 東直親, 作野敏郎. リチウムイオン電池を採用した電鉄用電力貯蔵システムの開発. GS Yuasa Technical Report, 2-2, 2005, p.25~29.
- (2) 瀬山幸隆, 中本武志, 西山幸一, 園田輝男. 鉄道用強制空冷式リチウムイオン電池モジュール「LIM30H-8R」の開発. GS Yuasa Technical Report, 4-2, 2007, p.24~29.

大型クレーンの風洞試験

Wind Tunnel Test of Large Cranes

●浅井 一 浩* 大北 義 明* 続 木 治 彦*
Kazuhiro ASAI Yoshiaki OOKITA Haruhiko TUZUKI



ゴライアスクレーンの風洞試験模型
Wind tunnel test model of goliath crane

屋外で使用する大型クレーンは、風により大きな影響を受ける代表的な大型構造物である。しかし、風洞試験によって風による影響を確認することが一般的な設計手法となっている長大橋とは異なり、クレーンの風洞試験報告例は多くはない。

クレーンは振動特性の異なる複数の部材により構成されていることから、3次元的な振動が発生する。そのことから、部材の局部振動の検討以外では全体模型による風洞試験を実施する必要がある。

これまでに実施してきたクレーンの風洞試験結果から、クレーンの特殊な振動性状と効果的な耐風対策についての報告を行う。今後大型構造物の風の問題の解決に、風洞試験を行うに当たり、考慮しておくべき模型製作上の注意点や試験結果の評価方法などについても述べる。

Large cranes used in outdoors are typical large structures that receive big influences by the wind. However, unlike long bridges, whose design generally involves wind tunnel testing to check how they are affected by winds, there are only a limited number of reported cases in which cranes have undergone wind tunnel testing. Since a crane consists of multiple members of different vibration properties, it produces three-dimensional vibrations. Therefore, it is necessary to conduct a wind tunnel test using an overall model, excluding cases for the examination of the local vibrations of members. Based on the results of wind tunnel tests with cranes that have been conducted, this paper has reported the special vibration properties of cranes and effective wind-resistant measures, and described the precautions on producing a model that must be adopted when conducting a wind tunnel test in order to solve the wind problem of large structures in the future, as well as the evaluation method.

1 まえがき

屋外で使用する構造物は、風による影響を設計時に考慮しておく必要がある。特に、構造物が大型になるほど大きな影響を受けやすいことから、十分な事前検討が求められる。構造物が風により受ける影響は、風の直接的な圧力によるたわみ以外に、風により発生する振動の問題がある。瀬戸大橋などの長大橋は、長期間にわたり十分な安全性を確保することが求められることから、風洞試験を行って風による影響を確認することが一般的な設計手法となっている。コンピュータの性能が向上した現在でも、乱流など複雑な風の流れの再現性には限界があり、数値流体解析による検討は風洞試験に代わるまでには至っていない。高層ビル、鉄塔および煙突など

の大型構造物でも、風の問題の解決には風洞試験が実施されている。大型クレーンも屋外で使用する大型構造物であることから、風による影響は風洞試験を行って検討することが求められる。

本報では、大型クレーンに対して行ってきた風洞試験と、その結果実施した耐風対策についての報告を行い、今後大型構造物の風の問題の解決に、風洞試験を行うに当たり考慮しておくべき点について述べる。

2 クレーンの風による問題

クレーンは屋外の構造物のなかでは大型構造物ではあるが、瀬戸大橋のような1000mを越える橋梁に比べると規模が小さく、風により受ける影響も少ないので、橋梁に比べると風

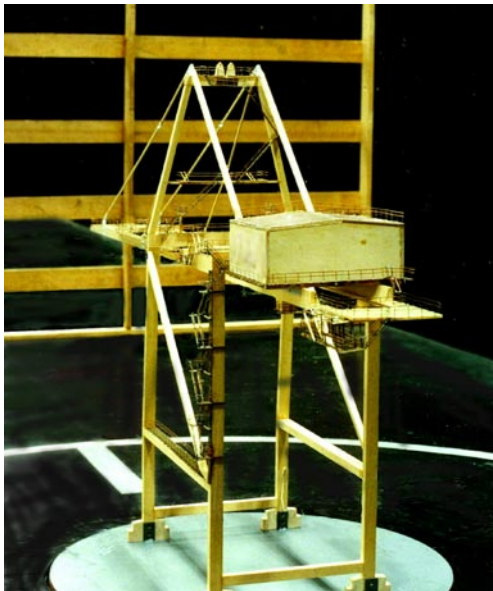


図1 コンテナクレーンの風洞試験
Wind tunnel test of container crane

表1 風洞試験実績
Past records of wind tunnel test

実施年	機種	風洞試験の種類
1992	コンテナクレーン	静的試験
1999	800tゴライアスクレーン	静的・動的試験
2005	70tジブクレーン	動的試験
2006	1200tゴライアスクレーン	静的・動的試験
	800tゴライアスクレーン	動的試験
2007	600tゴライアスクレーン	動的試験
	600tゴライアスクレーン	動的試験
2008	600tゴライアスクレーン	動的試験

※1200tゴライアスクレーン以外、住友重機械工業株式会社の風洞設備にて試験。

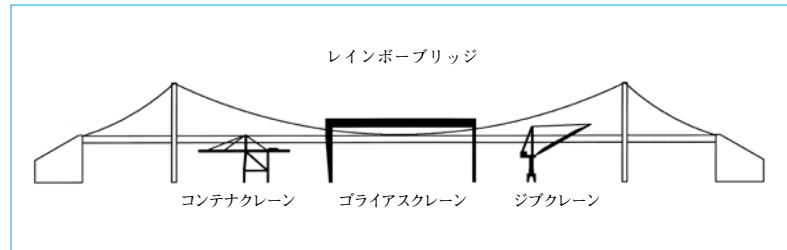


図2 大型構造物の相対比較
Comparison of large structures

洞試験の報告例は多くない。しかし、クレーンは荷吊りや走行・旋回など運動性能を高めるのに、軽量化を図る必要があり、その分、振動が発生しやすくなっている。また、地上80m以上の高さで200mを越えるスパンを有するような巨大なクレーンなど地表付近の構造物よりさらに強い風の影響を受けるクレーンもあり、強風の影響を考慮した十分な事前検討が必要となる。

クレーンにおける風による問題は、大きく二つに分けられる。風の直接的な圧力(風圧)によるたわみなど、時間的に平均化した空気力による静的な問題としての「風荷重」と、風の空気力により発生する動的な問題としての「風による振動」である。一般に構造物に作用する風荷重は、形状ごとに設定されている風力係数⁽¹⁾により求めることができるが、クレーンのように形状の異なる部材が多数組み合わせられた複雑な構造物で、かつ隙間の多い構造の場合は、風下となる部材が受ける風圧を静的な風洞試験(静的空気力測定試験)により正確に把握して設計の方がより最適な設計を行うことができる。風による振動では、振動が発生する共振風速と振幅の程度が問題となる。共振風速が低く振動が頻繁に発生しても振幅が十分に小さければ問題とはならないし、共振風速が高くと一度発生すると破壊に至るような大振幅の振動であれば、対策を考えておく必要がある。クレーンの場合、形状の異なる部材がそれぞれ異なる振動モードで振動し、かつ振動相互が影響し合う。部分的な検討を行うと過剰な安全性を求めるだけでなく、危険側の検討となる恐れもあり、影響し合う範囲を考慮したうえで、動的な風洞試験(振動試験)を行う必要がある。

3 クレーンの風洞試験

3.1 風洞試験の実績

クレーンに対する風洞試験が活発化してきたのは、コンテナクレーンの大型化に伴い風荷重の影響が一層大きくなり始めた1980年代終わり頃からである。自社のクレーン設計に際し、適正な風荷重を求めて重工各社が独自に実験を行って

いる。住友重機械エンジニアリングサービス株式会社(SES)でも、1992年にコンテナクレーンに対し静的な試験(図1)を実施して、風荷重の適正化を図っている。その後、1999年に800t吊り新型ゴライアスクレーンの開発に当たっては、風荷重適正化の静的試験に加えて、風による振動問題の確認の動的試験も実施している。また、新型ジブクレーンに対しても振動問題の確認の動的試験を行っている。これまでにSESとして実施したクレーンの風洞試験の実績を表1に、クレーンの相対的な大きさを図2に示す。

3.2 風洞試験の模型

風洞試験では試験方法や試験ケースだけでなく、使用する模型精度も実験の正否を分けることから、可能な限り実機に相似させた模型を製作する必要がある。しかし、風洞試験を行うようなクレーンは外形寸法が100mを越える大型構造物であり、風洞設備の測定部の広さによる制約から全体模型の場合、1/100程度の高縮尺な模型となる場合が多い。静的試験の場合は、風による圧力がどの部位にどの程度作用するかを測定可能なように、クレーンの外形形状を相似させるだけの剛体模型であり、精度よく模型化している。一方、動的試験では、縮尺した模型で実機同様に風による振動を発生させることから、外形だけでなく、剛性や質量さらに振動数や減衰性能も相似させて模型化する必要がある。

風洞試験を行うような長大橋の場合、ガーダと脚や塔は分離した構造であることが多く、風によるガーダの振動はガーダだけの部分模型でも十分な性状確認が可能である。しかし、クレーンの場合ガーダと脚は一体化し、3次元的な振動が発生する。部材の局部振動の検討以外では、全体模型による風洞試験を実施して、振動性状を把握する必要がある。

3.3 ゴライアスクレーンの振動特性

クレーンのなかでも最も大きなクレーンであるゴライアスクレーンは、最新の設計技術と高強度な鋼材の採用により同規模のクレーンで従来クレーンの2倍の吊り能力を有するに至った。これはクレーンの自重を大幅に軽減したことによる達成であり、風による振動に対する一層の注意が必要となっ

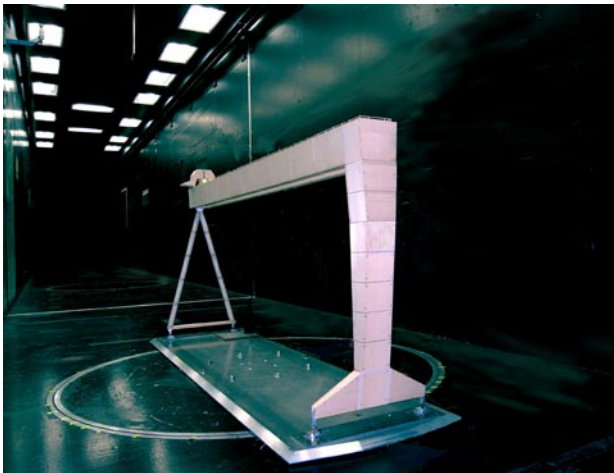


図3 ゴライアスクレーンの風洞試験
Wind tunnel test of goliath crane

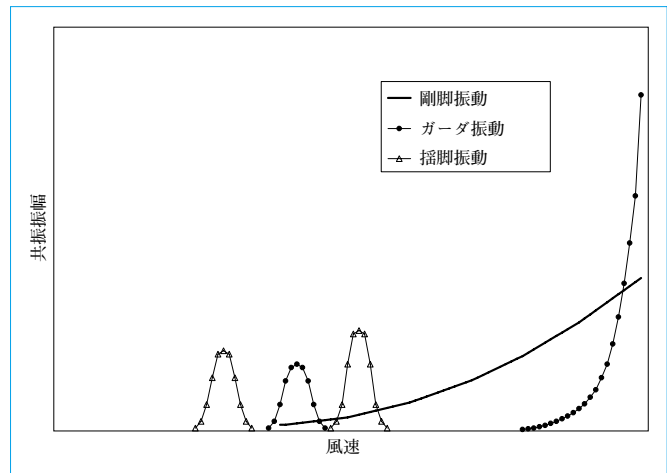


図5 風速×振幅応答
Wind speed vs resonance amplitude

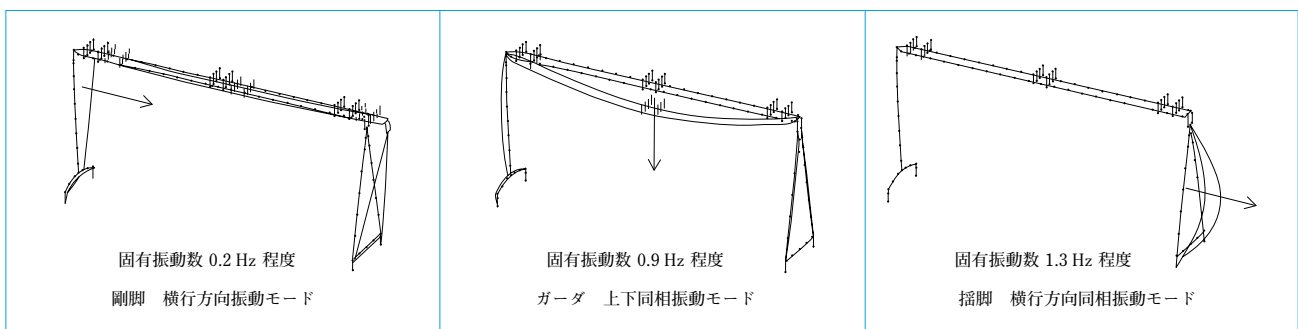


図4 ゴライアスクレーンの主要振動モード
Primary vibration modes of goliath crane

た。さらに、ゴライアスクレーンは高さ方向で形状が変化する矩形の剛脚と細幅台形断面が並列しているガーダおよび傾斜円柱が並列している揺脚という三つの異なる振動性を持つ構造により構成されている。そして、ガーダ起因の揺脚振動、揺脚起因のガーダ振動およびガーダスパン剛性の違いが剛脚振動性状に影響を与えるなど、特殊な振動性状を持つことが確認されている。これらは、全体模型による風洞試験を行った結果把握できた振動性状である。

これまでにSESとして風洞試験を実施したゴライアスクレーン(図3)6機分の蓄積データのなかから、主要な振動モードとその応答図を、図4および図5に示す。

- (1) 剛脚の主要振動モードはおおよそ0.2Hz程度の固有振動数であり、ゆっくりとクレーン横行方向に揺れる。この振動モードは風速に従い振幅が大きくなるガスト応答であり、高風速では大きな振幅になる。しかし、共振が発生する風向は非常に限定的であり、風向が10度も変化すると急激に振幅は小さくなる。
- (2) ガーダの主要振動モードには並列している桁が上下方向に同相で揺れる振動と逆相で揺れる振動がある。そのうち、同相モードの振動は二つの性格を持つ。一般的な強さの台風の暴風域で吹くような強風により発生する渦励振は比較的振幅が小さく、共振風速および風向とも限定的である。クレーン設置場所での共振風速発生確率などから疲労破壊の検討を行い、耐風対策の必要性を検討することとなる。しかし、猛烈な台風で吹くような高風速の風で発生する振動の方は、発散振動であり、破壊の

危険を伴っている。また、逆相モードも発散振動であり、破壊の危険を伴っている。それら発散振動の発生風速の十分な見極めを行い、必要に応じて耐風対策が必要となる。

- (3) 揺脚の主要振動モードにはクレーンの横行方向、走行方向の2方向に対して、2本の円柱が同相で揺れる振動と逆相で揺れる四つの振動モードがある。これらの振動は風速の高まりに合わせて、固有振動数の低いモードから順番に限定的に発生するが、どの振動モードも渦励振であり、振幅は比較的小さく共振風速も限定的である。ガーダの渦励振と同じく、共振風速の発生確率などから疲労破壊の検討を行い、耐風対策の必要性を検討することとなる。

3.4 風洞試験の評価

屋外クレーンは海に面した工場などで使用される場合が多く、工場の建屋や設置場所の周辺地形などにより強風が吹く風向が限定される場合がある。風洞試験で確認された振動は、縮尺模型と実機クレーンの相似精度だけでなく、現地風況を考慮したうえで評価する必要がある。また屋外クレーンは車輪やピンなど振動を減衰させるような機構を備えてはいるが、すべての振動モードがこれら機構により一様には減衰が付加されない。そのことから、減衰性能の過剰な期待は危険側の評価を行う恐れが強く、各振動モードごとに適切な対数減衰率を設定して試験を行う必要がある。つまり、縮尺模型と実機クレーンの相似精度は、実機クレーンの固有振動数と対数減衰率の測定のうえで評価する必要がある。



図6 ガーダ内部に設置した制振装置
Tuned mass damper set into girder inside



図7 スパイラルプレート
Spiral plate

4 クレーンの耐風対策

風による振動の耐風対策が必要となる場合、クレーンでは荷吊りや走行などの運動性能を著しく低下させる対策は避けなければならない。特に、クレーンの自重はクレーンの運動性能に大きな影響を与える。振動発生風速と耐力を上げることから、一般的に取られる剛性を上げる耐風対策も、重量増による運動性能の低下度を確認しながら検討する必要がある。具体的な対策例として、ゴライアスクレーンの主要な振動モードに対する制振対策例を示す。

- (1) 剛脚の振動モードに対しては、剛脚側面への付加物は周辺建屋などから空間的制約を受けるケースが多い。走行正面側は比較的制約が少ないので、空力対策を設置して制振することが可能である。
- (2) ガーダの振動モードに対して、ガーダ外面への付加物はガーダ上をトロリが横行することから、設置範囲と設置サイズに大きな制約を受ける。橋梁のガーダで実施されているような付加物による空力対策では、十分な制振効果を得ることは難しい。

一方ゴライアスクレーンのガーダ内部には非常に大きな空間があることから、ガーダ内部への制振装置(図6)の設置による減衰の付加が効果的な対策となる。ただし、ガーダ上のトロリの位置により固有振動数が大きく変化することから、事前に暴風時のトロリ固定位置を検討しておかないと、十分な減衰の付加が行えなくなる恐れがあり、注意が必要である。

- (3) 揺脚は円柱で構成されていることから、一般的なスパイラルプレート(図7)による空力対策が制振対策として効果的である。なお、揺脚は円柱部材ではあるが、全風向に対して同じようには振動しないことから、設置場所により強風風向が限定されれば、より経済的な対策を採用することも可能である。

5 実機での検証

世界最大級の1200tゴライアスクレーン⁽²⁾においては、風洞試験により把握した振動に対して、現地風況と模型の相似精度を考慮したうえで、剛脚、ガーダおよび揺脚それぞれの振動モードに対して耐風対策を実施している。特に、ガーダ

に設置した制振装置は、クレーン組立後に起振機による加振試験を実施して、設置した制振装置が十分な減衰を付加することを確認している。また、クレーン運用開始後1年以上にわたり風による振動状況の動態観測を行い、強風下において設計以上の耐風性能を有していることも確認している。

6 むすび

- (1) 大型構造物に対する風洞試験は、検討する振動モードが影響を及ぼしたり、影響を受けたりする範囲を考慮して必要な範囲の模型化を行い、試験を実施する必要がある。
- (2) 減衰性能が確認されていない大型構造物の風洞試験では、惜しむことなく複数の対数減衰率による試験を実施しておき、実機の固有振動数と減衰率を測定後に耐風性能の評価を行うことが必要である。構造物が大型化すると、他の構造からは類推することが困難なほどの低減減振モードも発生することから、注意が必要である。

今後地球温暖化が進むと非常に強い熱帯低気圧の発生が増加する。複雑な振動性状を持つと言われている大型構造物は、今後とも必要に応じて風洞試験による耐風性能の評価を行うことが求められる。

(参考文献)

- (1) 厚生労働省労働基準局. クレーン構造規格. 厚生労働省告示 第399号, 2003.
- (2) 大北義明. 世界最大級ゴライアスクレーンの強度検討. 住友重機械技報, no.170, 2009.

バッテリー式フォークリフトの電流消費量推測

Inference of Current Consumption Analysis for Electric Forklift Trucks

●日 南 敦 史*

Atsushi HINAMI



電気車 FB-E
Electric forklift trucks FB-E



内燃車クアプロ
Engine powered forklift trucks QuaPro

従来、内燃式フォークリフトからバッテリー式フォークリフトへの代替検討のうち最も重要な項目である、1充電当たりで稼働可能な時間の推定を、経験的に行う必要があった。しかし、この作業は主観によるところが大きく、また、現状把握にも多大な労力を必要とする割には、精度的に必ずしも満足のものではなかった。そこで、現状稼働中の車両に測定器を取り付け、各種稼働データを解析することで、時間当たり電流消費量を推定するシステムを開発した。

このシステムでは、小規模、低精度な測定器および解析装置でも算出可能とすべく、稼働の厳しさを荷重、車重および加速度超過割合の3項目で代表させ、上記消費量を単純な関係式で算出している。

Formerly, it was necessary to empirically infer the operating hours of a forklift per charge as the most important factor in studying the replacement of internal-combustion engine forklifts with battery-powered ones. However, this process greatly depends on the person's subjectivity, and was not satisfactorily accurate even though it required substantial labor. To solve this problem, Sumitomo Nacco Material Handling Co., Ltd. (Sumitomo Nacco MH) has developed a system that infers the electric current consumption per unit time by analyzing various operation data using a measuring instrument installed on the operating vehicle. This system calculates the above electric current consumption using simplified relational expressions in which the severity of operation is represented by load, vehicle weight and acceleration excess rate in order to enable even a small-scale, low-accuracy measuring instrument and analyzer to achieve the calculation. This article reports the achievement of inference value calculation with practical accuracy in actual transfer operation.

1 まえがき

近年、お客様のフォークリフトに対する環境負荷、安全およびトータルコスト低減への関心は非常に高く、重要な課題となっている。これらの課題に対し住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社(住友ナコMH)では、運動性能および低燃費性能の向上など、車両性能によるアプローチを重要な開発課題として取り組んでいる。

一方、お客様においても、低燃費運転への取り組みや内燃式フォークリフト(内燃車)から、ランニングコストおよび環境

負荷の低減が可能なバッテリー式フォークリフト(電気車)への代替が進んでいる。なお、2008年の実績では、電気車の出荷比率が50%を超える状況であり、今後も増加が見込まれる。

しかしながら、代替検討において、電気車には1充電当たり車両が作業可能なトータル時間(稼働時間)に制約があることから、単純に同じ車両仕様で同じ作業に置き換えられるとは限らず、バッテリー容量の選択あるいは必要増車台数の算出が困難であった。

電気車代替検討のうち、精度の悪かった電流消費を、簡易な方法で推測するシステムを開発し、妥当性の検証を行った。

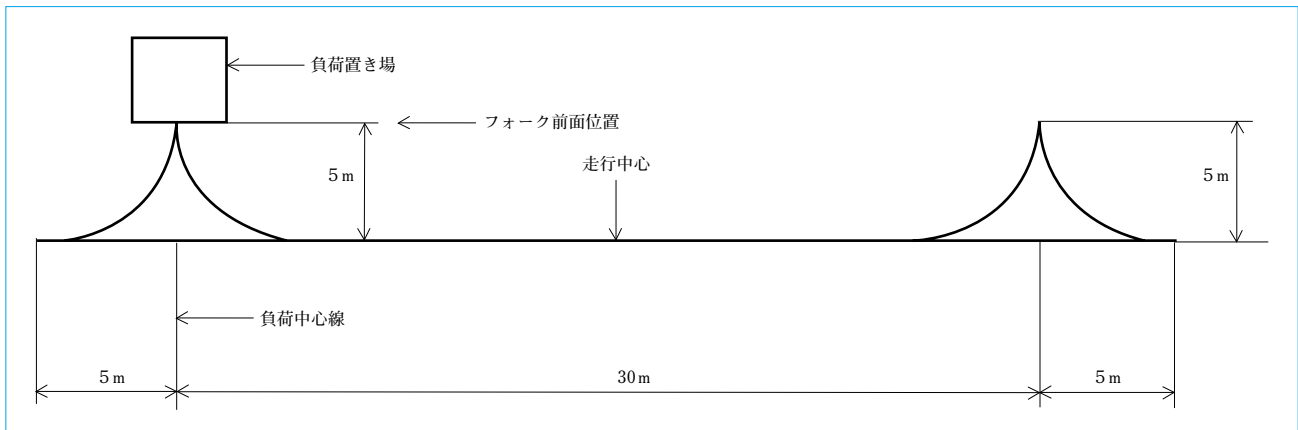


図1 JIVAS F30 テストパターン
Test pattern defined by JIVAS F30

2 現状の代替検討

2.1 電気車の特徴と現状の代替検討プロセス

現行電気車であるFB-Eシリーズは内燃車に迫る運動性能を達成しており、作業密度の点で問題となることは少ない。しかし、内燃車では給油をすることで連続してこなすことが可能な作業も、電気車ではバッテリー容量と作業密度に依存した時間しか稼働できない。さらに、充電時間が約8～10時間程度必要なことから、稼働開始時刻から稼働終了時刻までの時間(就業時間)が制約される。つまり、稼働時間や就業時間が長いとバッテリー容量の大きな電気車が必要であるし、さらに、就業時間との兼ね合いから、複数台の電気車、もしくは交換用バッテリーを用いなくてはならない。

お客様が現場で使用するものと同一仕様の電気車を試験導入して、実際に使用した上で判断することも考えられる。しかし、一般にフォークリフトはお客様によって特殊仕様および特殊アタッチメントが必要であり、同じ仕様の電気車を準備すること自体が困難な場合が多い。また、使い慣れない試験車両を使うことで正確な判断ができないこともあり、必ずしも最良の手段ではない。

このことから、現状での代替検討には、次のプロセスを導入している。

- (1) 就業時刻の確認あるいはヒアリングのうえで、充電時間が確保できるか確認
- (2) 車両ディスプレイ記憶情報などにより稼働時間を確認し、一日の稼働時間を確認
- (3) 稼働の厳しさ(荷の重さや運転の荒さ)の主観的な確認
- (4) 稼働の厳しさを考慮して、電気車標準稼働時間(後述2.2参照)を参考に、稼働可能な時間を経験的に推測
- (5) 最終的にバッテリー容量、増車台数および交換バッテリー要否の想定

このうち、(1)および(2)については、工数の問題はあるものの現状のプロセスでもある程度の精度が確保できる。

しかし、(3)および(4)の稼働の厳しさと標準稼働時間から、稼働時間を推測するプロセスは判断が主観によっていることから、精度が低い。また、その厳しさがどの程度基準時間を変動させるものかも経験によっている。

2.2 電気車標準稼働時間の詳細

住友ナコMHでは、電気車の標準的な稼働時間として、社

団法人日本産業車両協会による「バッテリー式フォークリフトトラックの一充電稼働時間試験規格」(JIVAS F30)によるテスト結果を用いている。これは図1に示すようなテストパターンで定格荷重の荷物をフルアクセルにて移動させた際の消費電流から求められるものである。ところが、このテストは各社のカタログ表示の統一性の確保を目的としているので、測定条件のうち次の内容について厳密な規定ができていない。

- (1) 誰がどこでやっても、同じ結果が出る試験手順の設定(運転技量などの差)
- (2) 暖機運転による差異(モータ、タイヤ、油圧作動油およびバッテリーなどの温度)
- (3) 気温、風速および路面温度による差異
- (4) 測定器に関する差異
- (5) 放電電流によるバッテリー容量の差異

これらの条件を定めることは実際には困難であり、規格制定当時の社団法人日本産業車両協会のワーキンググループでも今後の課題としてあげている⁽¹⁾。また、仮にこれを厳密に実施したとしても、結局お客様の現場での稼働条件は千差万別であるから、電気車標準稼働時間は一定の参考として用いられているのが現状である。

2.3 問題点の整理

前述の問題点を整理すると、次のようになる。

- (1) 現状内燃車の正確な稼働時間と就業時間の把握に手間がかかる。
- (2) 時間当たりの電流消費は経験によって算出されているので、代替電気車の稼働可能時間が正確に分からない。

このうち、特に問題となる時間当たり電流消費を、正確に推測するシステムについて次章で詳しく述べる。

3 電流消費推測の方法

3.1 システム概要

本システムでは図2に示すように測定装置を現状稼働中の内燃車に搭載し、稼働状況を自動で測定している。具体的には、測定装置は各操作レバーの操作時間、荷重、車速および走行距離などを取得している。

解析装置では収集したデータを元に、稼働の厳しさから仮に同じ作業を相当の電気車でを行った場合の時間当たりの消費電流を算出し、現状稼働時間との積から最終的には必要バッテリー容量を算出する。

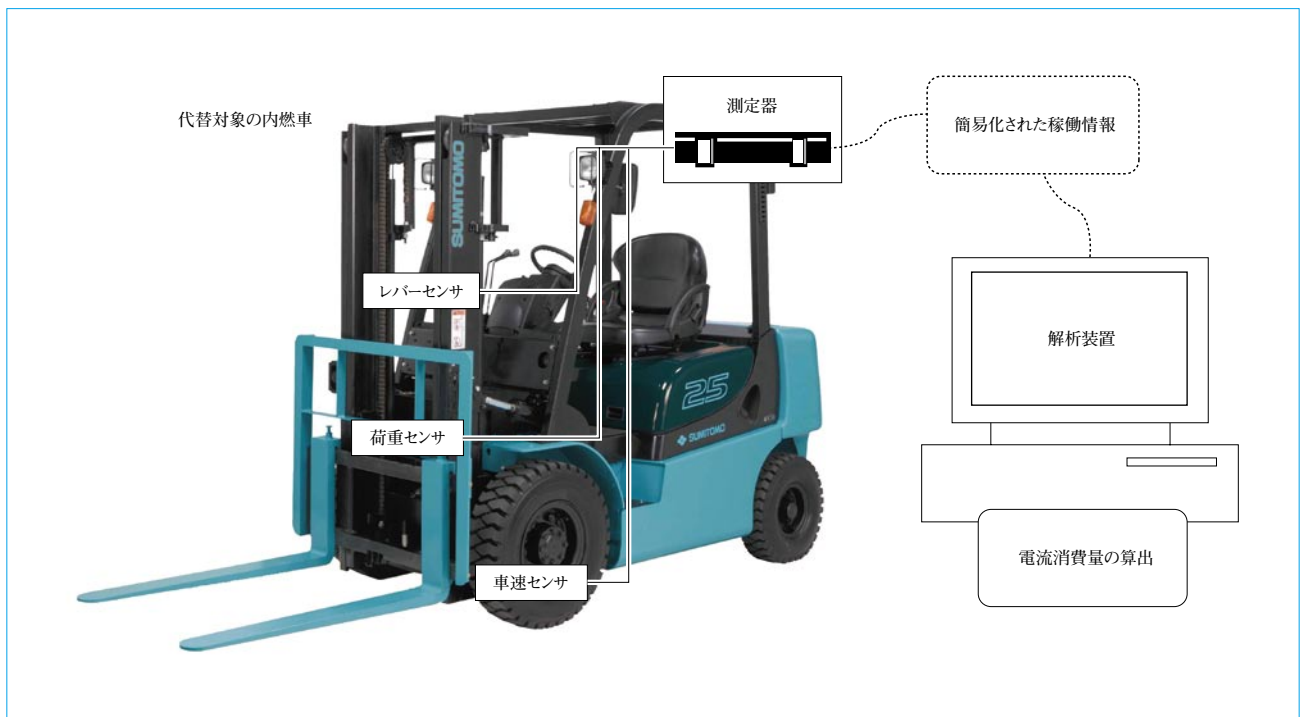


図2 システム概要
System outline

ここで、何を以って稼働の厳しさとするかは、2.2で示した通り複雑な要因をかかえているが、本システムでは荷重、車重および速度超過割合の三つに代表させた。これに、走行時間および荷役時間の各稼働データを加え、(1)式によって消費電流量を算出している。これらの情報は比較的低機能な測定器でかつ少ないデータ量で取得が可能である。

バッテリー消費電流量

$$= \text{補機類係数} \times (\text{荷役消費電流量} + \text{走行消費電流量}) \cdots (1)$$

$$\text{荷役消費電流} = \text{荷役時間} \times \text{時間当たり荷役消費電流量} \cdots (2)$$

時間当たり荷役消費電流量

$$= \text{荷役定数} + \text{荷重勾配} \times (\text{マスト重量} + \text{平均荷重}) \cdots (3)$$

$$\text{走行消費電流量} = \text{走行時間} \times \text{時間当たり走行消費電流量} \cdots (4)$$

時間当たり走行消費電流量

$$= \text{走行定数} + \text{車重勾配} \times \text{平均車重} + \text{加速度勾配} \times \text{加速超過割合} \cdots (5)$$

平均車重

$$= \text{無負荷車重} + \text{平均荷重} \times (\text{負荷走行時間} / \text{走行時間}) \cdots (6)$$

3.2 本システムのポイント

ここで、重要なのは、本システムは「内燃車の原動機が荷物と車体とに与える位置および運動エネルギーを直接算出していない」という点である。

原理的には、荷物を含む車両挙動を詳細に測定することで上記エネルギーを算出し、それを発生させる電気車の消費エネルギーを算出すれば、消費電流の推測は可能である。しかし、実際にはそれが可能なレベルの挙動測定には多数のセン

サを高速でサンプリングしなければならないし、解析も時間軸を保ったまま実施することが求められる。このことは、データの膨大さゆえ、測定器や解析装置の規模が多大で、コストや測定の手間の面から困難であることを意味する。さらに、そのエネルギーを測定したとして、同じエネルギーを与えるのに電気車が消費する電気エネルギーの理論計算も考慮すべきパラメータが膨大で、実用的には有効な手段とは言えない。

4 消費電流推測の検証

4.1 時間当たり走行消費電流の検証

(5)式では、稼働の厳しさを平均車重と加速度超過割合に代表させている。物理的理想状態で、ある質量がある距離、水平に運ばば、どのような加速をしようとも収支は0である。しかし、転がり抵抗や機械損失などのさまざまなロスがあり、かつ減速エネルギーをほとんど回収できない実際のフォークリフトにおいては、無駄な加速減速の繰返しや急加速による効率の低下により消費電流が増大する。また、車重(荷と車体の重さ)の増大も当然直接的に影響する。これを検証するべく、住友ナコMHのテストパターンを用いて、定格荷重の異なる車両および複数オペレータでの荷重および運転の荒さを変化させた場合の走行電流の変化を測定した。

図3に、サイクル時間と加速度超過割合を示す。横軸は1サイクル当たりの稼働時間であるから、この値が小さいほど早い速度で運行している。縦軸はその際の加速度超過割合、つまり一定の加速度を超過している時間割合である。ここから言えることは、オペレータや車両にかかわらず、作業を早く実施するには急加速の割合を増やさなければ達成できないということである。これにより、荒い運転とは加速度超過割合で説明できることになる。さらに、図4に、加速度超過割合と走行時間当たりの走行消費電流を示す。同じ荷重条件で

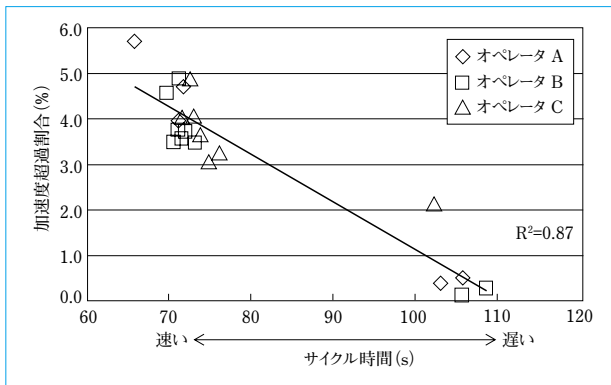


図3 サイクル速度と加速度超過割合
Relationship between cycle speed and excess rate for acceleration

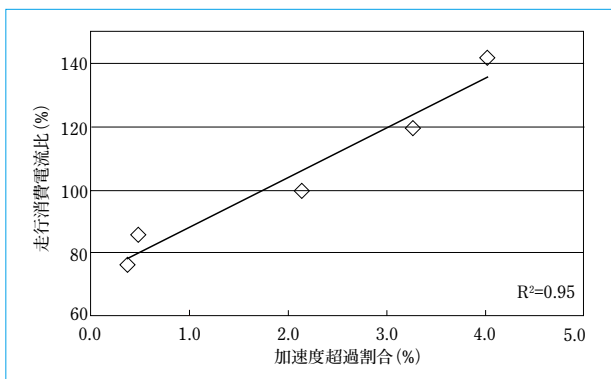


図4 加速度超過割合と走行消費電流
Relationship between excess rate of acceleration and current consumption for traveling

は加速度超過割合が増えると、走行電流消費が増大することが分かった。同じく荷重の増加による平均車重の増加も、図5に示す通り、走行消費電流の増加と比例関係にあることが確認できた。この結果から、走行消費電流、加速度超過割合および平均車重に因果関係があると考え、重回帰分析を行い、(5)式と係数を導いた。検証の結果、強い相関を示すことから、走行における稼働の厳しさを表現できたと言える。

4.2 時間当たり荷役放電電流の検証

(3)式は、マスト重量+平均荷重として、荷揚げ装置を含む持ち上げた荷の重さだけで、時間当たりの荷役消費電流量を算出している。これは、荷役電流が重量以外の稼働指標と相関を示さなかったことによる。このことは、通常、荷役作業は極端に荷崩れしやすいものを除いて、ほぼ全力で荷揚げされることから、荷役消費電流は稼働の厳しさにかかわらず、重量が支配的であることを示している。

4.3 バッテリー消費電流量の検証

走行および荷役それぞれの稼働の厳しさと電流消費の増大の関係は、おおむね次のようになる。

- (1) 荷重が1t増えると消費が15Ah増える。
- (2) 平均車重が1t増えると消費が12Ah増える。
- (3) 加速度超過割合が1%増えると消費が7Ah増える。

最終的に、(1)式によって、パワーステアリング、その他補機類および制御系に使用する電流の補正を行うことから、補機類係数を乗じてバッテリー消費電流を算出している。実測値と計算結果の関係を、図6に示す。全条件において、±10%以下の精度で電流消費の推測が可能であることが分かる。

さらに、住友ナコMHの工場実際にトランスミッション

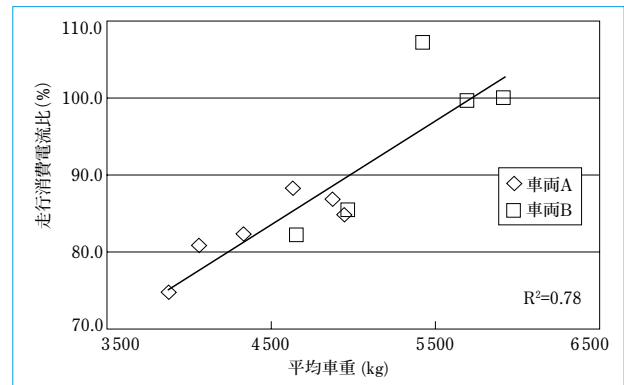


図5 平均車重と走行消費電流
Relationship between average truck weight and current consumption for traveling

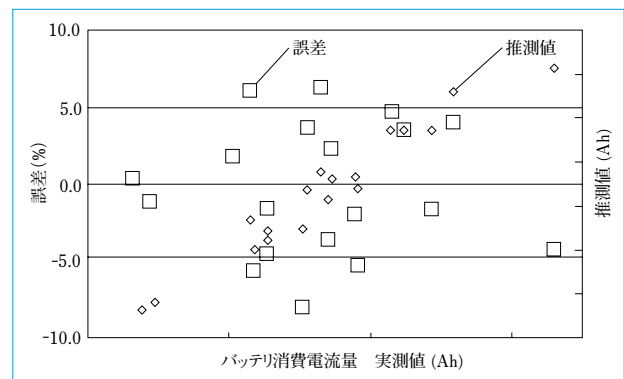


図6 バッテリー消費電流量の推測誤差
Inference error of battery current consumption

を運搬している車両で確認したところ、精度は-2.8%と良好な結果を得た。このことから、電流消費量と対象車両のバッテリー容量を比較すれば代替検討が可能である。

5 むすび

本報では、電気車代替検討のうち稼働の厳しさから消費電流を推測するシステムにおいて、より単純な測定項目で厳しさを代表させ、かつ高精度に消費電流を推測する方法について述べた。

- (1) これまで、JIVAS F30による電気車標準稼働時間と主観に頼るしかなかった、電気車に置き換えた場合の稼働時間の推測を自動計測で行うことを実現した。
- (2) 簡素な計測システムで取得可能な荷重、車重および加速度超過割合で、稼働の厳しさを代表させ、電流消費との関係を導き、最終精度を±10%以内と高精度を達成した。

また、本システムは、同時に基本測定項目である、稼働時間から就業時間の測定も可能であり、代替検討の省力化にも貢献できる。今後、特殊アタッチメントや低稼働状態の車両においても推測精度を高め、電気車代替検討ツールとしてのみならず、低燃費運転評価装置としての応用などを通して、お客様の効率的なフォークリフトの運行の一助となるよう、機能向上に取り組む所存である。

(参考文献)

- (1) 安藤光裕. バッテリー式フォークリフトの稼働時間のカタログ表示について. 産業車両9月号, 日本産業車両協会, 2000, p. 5~6.

レードルクレーンフックの最適化

Optimization of Ladle Crane Hook

●大 北 義 明* 今 村 高 夫* 谷 口 伸 二*
Yoshiaki OOKITA Takao IMAMURA Sinji TANIGUCHI

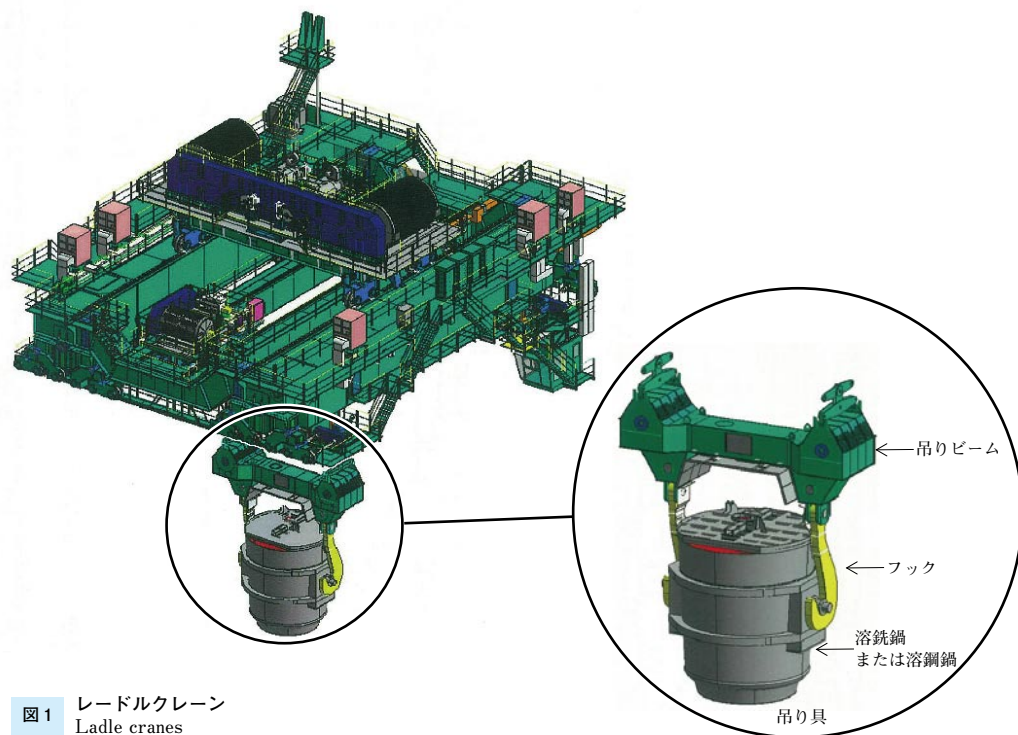


図1 レードルクレーン
Ladle cranes

1 はじめに

クレーンの構造設計は、有限要素法(FEM)構造解析の利用により、著しく高速化および高精度化されてきた。FEM構造解析は、再検討が容易に行えるので、板厚や形状を変更する解析の繰返しで、構造部分の軽量化が促進できる。軽量化を図る場合は、設計者の試行錯誤に依存することになるが、受注生産機種のクレーンでは設計時間や期間に限界があり、通常は数回の設計検討を行うことが多かった。

近年、FEM構造解析と最適化手法を組み合わせた構造最適設計ソフトウェアの進歩と、コンピュータの大容量化および高速化により、容易に最適解が得られるようになってきた。

住友重機械エンジニアリングサービス株式会社(SES)は、構造最適設計ソフトウェアを導入し、設計者が見過ごしていた既存の部品や構造の形状について見直しを行い、一層の軽量化を促進した。

本報では、長年にわたって形状変更がタブー視されていたレードルクレーンのフックを対象に、形状最適化を含む複数の手段により、軽量化に取り組んだ結果について報告する。

2 クレーン概要

レードルクレーンは、製鉄所内で稼働する天井クレーンの一種である。吊りビームに取付けられたフックで溶銑および溶鋼を入れた鍋を運搬する専用クレーンとして使用され、最大の定格荷重が500t以上のものもある(図1)。溶銑および溶鋼は、1400℃以上の高温溶融体で、鍋の落下事故は重大な

災害につながる恐れがあるので、吊りビームやフックには高い信頼性が要求される。一方、製鉄所では、生産量の増大を目的に現状のクレーンおよび走行ガーダの大幅な改造をしないで、運搬能力の増強を図りたいというニーズがある。これに対処する方法として、自重が数十トンに及ぶ吊りビームおよびフックを軽量化し、減量分を溶銑および溶鋼の運搬量に割り振ることが考えられている。

3 フックの軽量化

フックの軽量化は、フック形状の最適化、使用鋼材の材質変更、実機の荷重確認および疲労強度の見直しにより、現状の30%軽量化を目標として実施した。

3.1 形状最適化

レードルクレーンのフックは、稼働時の発生応力、剛性、载荷頻度および操作性などを考慮し、長年の実績と経験で設計されていることから容易に変更できなかった。フックの軽量化を検討するに当たり、既存の概念を覆すような新形状の創出を期待して、形状最適化に取り組んだ。

まず、既存のフックを対象にFEM解析を実施し、稼働時の発生応力と変位を算出した。FEM解析は、3次元ソリッド要素でモデル化し、定格荷重をフックの表面から1インチの位置に作用させるAISE⁽¹⁾の規定に準拠して実施した。FEM解析結果は、AISEの許容値を満足している。

既存のフックは長年の使用実績から、FEM解析結果の発生応力を許容値として、構造最適設計ソフトウェアの制約条件に採用することにした。その他に、板厚やピン径を変更し

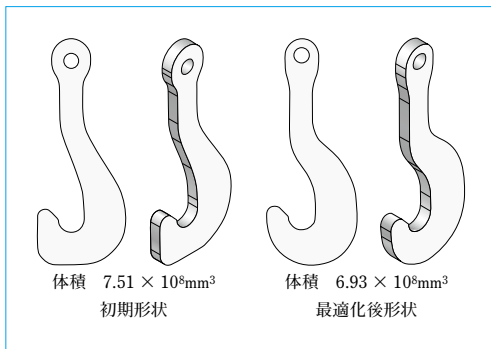


図2 フックの最適形状
Optimum shape of hook

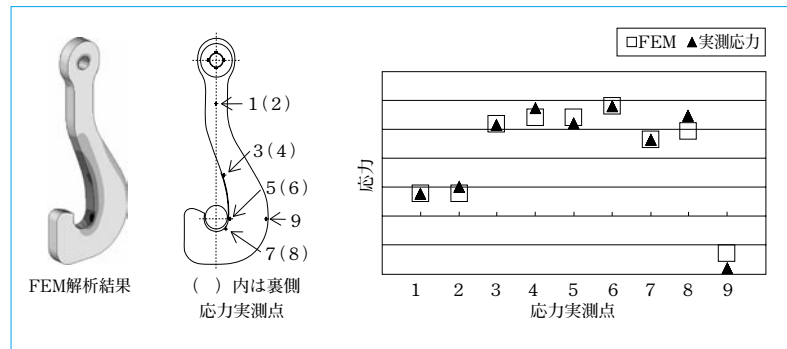


図3 FEM解析と実応力測定
FEM analysis and stress measurements

表1 強度係数
Strength coefficients

	降伏点	引張強度
AISE	1.75	3.15
クレーン構造規格	1.5	1.8

ない形状制約と、変位制約および重心位置を変えない制約で解析を実施した。

形状最適化の際に制約条件が多かったことにより、アウトプットはほぼ現状に近い形状が得られた。これは、ベテラン設計者が長年にわたって熟成したフック形状が、ほぼ最適化されていたことを意味する。ただし、フック上部のアイエンドの形状や重心位置の採り方には新しい知見が得られた。目的とした重量は、板厚を変更せずに形状最適化を図る対応で、約8%の軽量化が見込める(図2)。

3.2 使用鋼材

既存フックの鋼材は、490 N/mm²級鋼を使用しているが、軽量化に対する効果が大きい780 N/mm²級鋼を使用することにした。ただし、AISEは、690 N/mm²級鋼までの鋼材を対象としているので、780 N/mm²級鋼の採用は慎重に行う必要がある。780 N/mm²級鋼で特に検討が必要と思われるのは、稼働時の繰返し荷重に対する疲労強度の確認で、フックの使用頻度と溶接継手を考慮した疲労試験を実施することにした。

AISEの許容応力は、クレーン構造規格と同様に降伏点および引張強度より算出し、いずれか小さい方の値を採用することになっている。表1に示すように、AISEの強度係数はクレーン構造規格より大きくなっているため、AISEの許容応力はクレーン構造規格より小さくなる。

これによりフックの許容応力は、引張強度/3.15で求められるが、490 N/mm²級鋼より780 N/mm²級鋼の許容応力が引張強度の比で高くなり、数値計算上では約60%の軽量化が図れる。

3.3 実機応力測定

作用荷重の正確な把握を目的に、実機のフックに歪みゲージを貼り、稼働状態を再現した吊り荷(定格荷重相当)を使用して応力測定を実施した。同時に、フックに作用する偏心荷重の計測を目的に、面外曲げ応力も測定した。

測定結果とFEM解析結果を比較検討した結果、実機の測定応力は、設計値に較べ若干大きい箇所があった。また、実機の偏心量は、AISEよりも若干大きめになっていた(図3)。この結果に基づき、設計荷重の見直しを実施した。

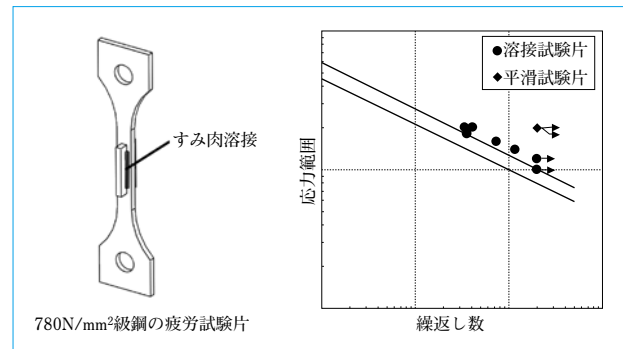


図4 疲労試験結果
Results of fatigue test

3.4 疲労試験

780 N/mm²級鋼の疲労設計には、日本鋼構造協会(JSSC)⁽²⁾や本州四国連絡橋公団⁽³⁾のSN線図を適用できる。レードルクレーンのフックは最重要部品であり、製造過程を念頭に置いた材料切断および溶接条件で試験片を作成し、溶接疲労試験を実施した。

疲労試験結果をJSSCのSN線図にプロットすると、当初予想の等級よりも余裕があった(図4)。したがって、SESがフックに780 N/mm²級鋼を採用して設計する場合も、疲労設計上の問題を発生しない。

4 おわりに

- (1) レードルクレーンのフックは、扱い物が1400℃以上の高温溶融体であり、24時間フル稼働であることから、稼働時のトラブルが皆無である高い信頼性が要求される。
- (2) フックや吊りビームの軽量化の目的は、重量の減少分を溶銑および溶鋼の運搬量の増加に振り向けることにより、生産効率向上のニーズに応えることである。
- (3) 形状最適化により約8%の軽量化が達成でき、780 N/mm²級鋼の採用により、最終的に30%の軽量化が達成できる。

(参考文献)

- (1) AISE(Association of Iron and Steel Engineers). TECHNICAL REPORT no.7, SPECIFICATION FOR LADLE HOOKS. 1976.
- (2) 社団法人日本鋼構造協会. 鋼構造物の疲労設計指針・同解説. 2001.
- (3) 本州四国連絡橋鋼上部構造に関する調査研究報告書 別冊2本州四国連絡橋鋼の疲労設計. 1974.

スミパークグラウンドの開発

Development of SUMIPARK – GROUND

●影 山 護*
Mamoru KAGEYAMA



図1 スミパークグラウンド
SUMIPARK-GROUND

1 はじめに

都市部における駐車場不足は慢性的であり、近年の交通量の増大に伴って、さまざまな形での駐車場需要が見込まれている。ビルを建設する場合にも、駐車場の設置が義務付けられており、収容効率の高い機械式駐車場の需要が高まっている。

従来、当社では限られた空間を有効活用できる地下式駐車場をターゲットとして、パズル式駐車場『スミパークエース』をはじめ、パズル式の特長を活かした大規模駐車場『GPS』、コストと駐車台数規模を両立させた『スミパークフリー』などを市場投入してきた。

近年は、「地下掘削量を減らしたい」、「人気薄の2階や3階といった階層をもっと有効活用したい」といった需要が生まれてくるようになった。このことから、1階に乗降室を、2～3階に駐車室を設けるように、従来機に「分離乗降室」という乗降室バリエーションを加えることで、その需要に応えてきた。しかしながら、この分離乗降室方式では乗降室とリフトのスペースを別々に設けなければならない、付加価値の高い1階スペースの多くを駐車設備で占めることになり、建築計画を難しくしていた。

そこで、この問題を解決するべく、乗降室の専有面積を最小化した新機種『スミパークグラウンド』を開発した。スミパークグラウンドの設置完成予想図を、図1に示す。

2 特長

スミパークグラウンドのレイアウト例を、図2に示す。本駐車装置の主な特長を次に示す。

(1) 1階の占有スペースの最小化に、乗降室内にリフトを

配置し、自動車を乗降室から直接昇降させることが可能な基本レイアウトを実現した。

- (2) 駐車室は、レイアウト自由度の高いパズル式を採用した。
- (3) 乗降室とリフトを一体化するべく、リフトに4本マストを採用した。
- (4) 乗降室内での人と車の動線、駐車室内でのパレットの動線の両立に、マストやカウンタウエイトの配置を工夫した。
- (5) 前進入庫・前進出庫や乗降室と駐車室での自動車の向きの違いにも対応するべく、旋回装置付きリフトも装備可能とした。
- (6) 乗降室を出入りする利用者の安全・安心の確保に、カーゲート開時には駐車室を稼働させないようインターロックをとっている。さらに、自動車落下防止装置、パレット落下防止装置およびカウンタウエイトロックなどの安全対策を設けている。

3 構成装置

スミパークグラウンドは大きく分けて、リフト、乗降室および駐車室から構成されている。

3.1 リフト

1階の乗降室と上階の駐車室の間で自動車を昇降運搬することを目的とした装置であり、乗降室の最小化に配慮がなされている。基本構成は門型の4本柱(マスト)によって昇降フレームを支持し、下部に昇降駆動装置を配置し、ローラチェーンによって昇降移動させている。また、自動車の向きを変える旋回装置を内蔵することも可能である。自動車の乗降室への出入りや利用者の乗降の妨げとならぬように4本のマ

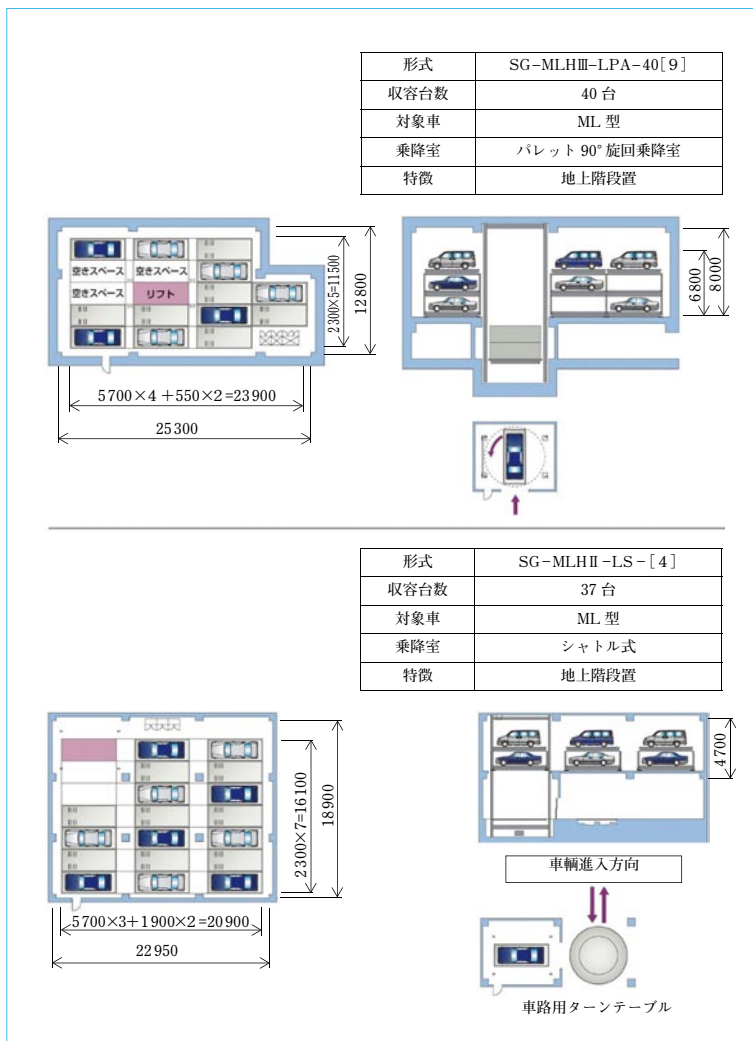


図2 レイアウト例
Example of layout

トはパレットからある程度離して配置し、カウンタウエイトを1ヶ所に集中させて配置することなどが考慮されている。また、駐車室でのリフトからのパレット移動を長手・短手とも、可能としている。

3.2 乗降室

乗降室内にリフトは配置されており、リフト上のパレットに利用者は自動車を停止させ、乗り降りを行う。自動車の前進入庫・前進出庫や、乗降室と駐車室とで自動車の向きが異なるようなレイアウトに対応して、そのリフト上に旋回装置を設置し、リフト上(乗降室内)にて旋回させることができる。

図3に従来の分離乗降室を示し、図4には今回開発のスミパークグラウンドの乗降室を示す。

3.3 駐車室

駐車室は格納された自動車を保管しておく部屋であり、パレットが縦横に走行可能なパズル式を採用することにより、高い収容効率を実現している。地震に対しては、従来の地下式では0.3Gという設計震度で設計されているが、スミパークグラウンドでは駐車室を2～3階に設置することを想定して、標準的に0.6Gという設計震度にて設計している。また、騒音・振動対策として、必要に応じて浮床や防振ゴムなどの設置も可能である。

3.4 安全対策

本駐車装置は乗降室の上部がリフトの昇降路となっている

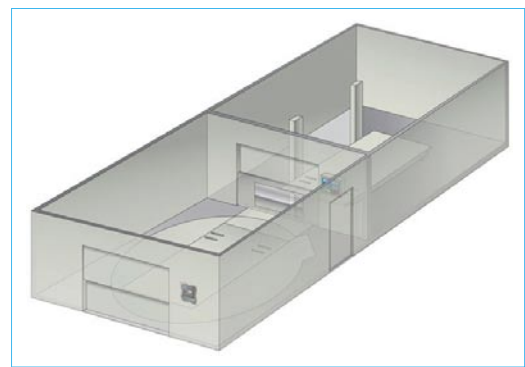


図3 従来の分離乗降室
Former berth

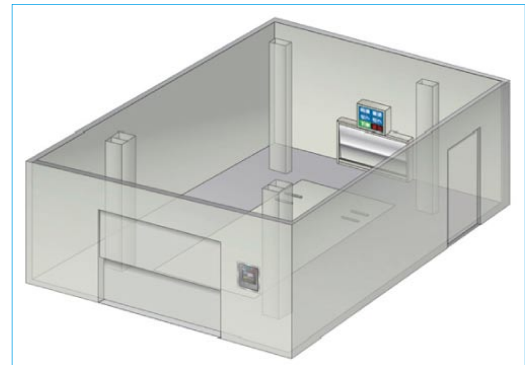


図4 スミパークグラウンドの乗降室
Berth of SUMIPARK-GROUND

ことから、駐車室からの落下物がないように万全の安全対策が必要である。そこで、利用者が乗降室内に入ることが可能なカーゲート開時には駐車室内のパレット走行をさせないようにインターロックを設けている。また、突然の地震に対しても、可動式のストップパや柵で構成される、パレットの逸走防止装置および自動車落下防止装置により、駐車室からの落下物防止を図り、安全対策をより強化したものとしている。

4 おわりに

当社では、これまで「パズル式」という特徴を活かした機械式駐車場を多数市場投入してきた。本報にて紹介したスミパークグラウンドは地上低層階設置専用機であるが、本機種をラインナップできたことにより、機械式駐車場を設置するビル建設において、次の顧客要求を実現している。

- (1) ビル建設における地下掘削コストの削減が可能となった。
- (2) 付加価値の低い地上低層階の有効活用が可能となった。
- (3) 付加価値の高い1階スペースの有効活用が可能となった。
- (4) 地上と地下を問わず、機械式駐車場の設置提案が可能となった。

今後も、ますます多様化する顧客ニーズに対応した製品開発に努める所存である。

Roll-MESによるロール加工の最適化

Roll Manufacturing Process Optimization by Roll-MES

●石原 達也*
Tatsuya ISHIHARA

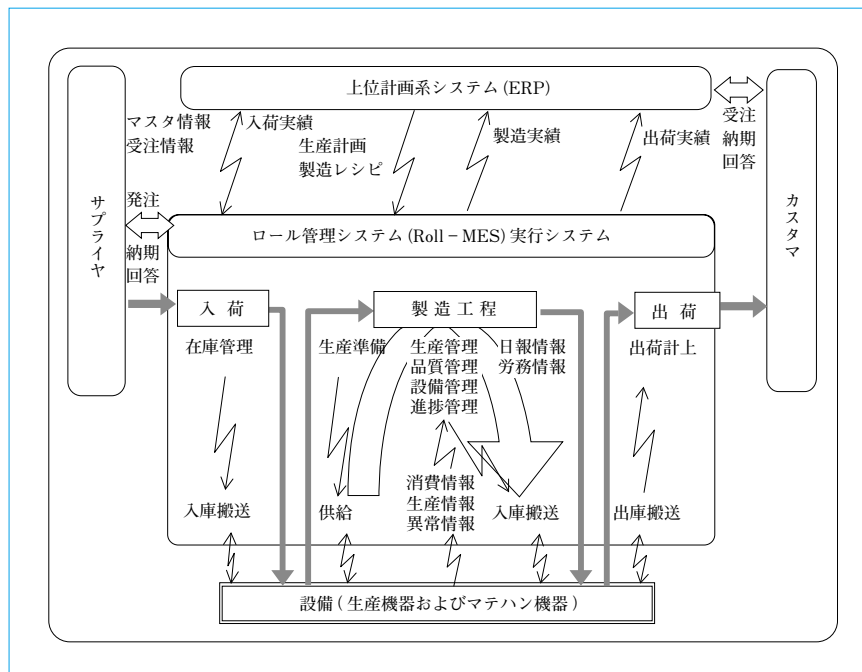


図1 システムコンセプト
System concept

1 はじめに

近年、ディスプレイのFPD(Flat Panel Display)化に伴い、光拡散などの単層フィルムや偏光などの多層フィルムが大量に使用されている。さらには、現在、市場が急速に拡大している太陽電池や2次電池(HEV車およびEV車などに搭載される)にも同様な高機能フィルムが使用されている。

これらのフィルムの原材料はロール状であり、所定の機能品質は、ロール状態における加工作業で作り込まれることから、各工程での生産履歴を管理し、生産品と関連付けておくことが品質管理や改善への重要なポイントとなる。特に、太陽電池や2次電池は市場に出てからの品質問題に対して、厳しく改善が求められ、ますますこの機能は重要視されている。

ここでは、品質管理、生産管理および運用管理を行い、生産の最適化を目指すRoll-MES(Roll Manufacturing Execution System)について解説する。

2 Roll-MES

Roll-MESとは、MESのロール生産に特化したものである。したがって、基本的な概念はMESであり、製造現場における最適化(機会損失の低減、生産効率の向上および資源の有効利用および納期などの改善)を目的としたシステムである。(図2にRoll-MESのポイントを示す) SCM(Supply Chain Management)を構築するうえで、MESを現場の運用に即したものにすることは重要である。例えば、現場の運用に合っていない、作業が煩わしいなどの作業員への負担が増加する場合、正しいデータ入力が行われない危険性がある。すると、

間違った(不足した)情報で改善計画を立ててしまい、最適化への効果は望めない。それどころか、導入自体に抵抗されることも考えられる。また、生産現場をガラス張りにもすることも重要である。現場の中の情報が閉塞してしまうと工場の本当の生産能力やリアルタイムな生産進捗が分からず、機会の損失が発生する危険性がある。そのうえ、作業員に都合の悪い情報などの問題点が見えなくなり、効果がある改善箇所が隠れてしまう場合もある。

3 Roll-MESの特徴

Roll-MESの特徴を次に示す。

3.1 正確な製造履歴の把握とトレースバック

生産予定や製造履歴および在庫の関係を総合的に管理しており、過去に遡っての不良品の特定や工程に必要な在庫のリアルタイムでの把握および歩留まり管理などが可能である。この歩留まり管理、トレーサビリティおよび在庫量の把握などを確実に行うには、そのデータの信用度が重要となってくる。

生産機からのロール消費量および発生量の情報は作業員が変更したり、停電などが発生した場合にクリアされる危険性がある。また、生産ロールに継ぎがあった場合、巻出しロールを各々何mずつ使用したかは判別できない。これらの問題は、m単位のリアルタイムカウンタ、ロール切替え信号および機械のパス長情報を生産機から受信することにより解決している。

生産ロールに使用されたm数は、巻出し軸の切替え後のカウンタ数÷パス長=生産ロールに使用されたm数で計算され

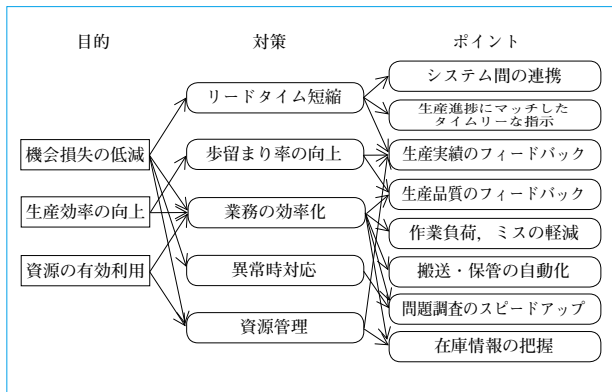


図2 Roll-MESのポイント
Point of Roll-MES

る。また、巻出し軸の切替え後のカウンタ数<パス長の場合は、未だ生産に使用されていないことになる(図3)。この方法により、一度に複数ロールを使用して生産する場合でも、正確に何を何m使用して生産された半製品かを把握することが可能となる。その結果、資源の有効利用および生産履歴のトレースが行え、かつ、作業者の負荷および操作ミスの軽減にもつながっている。

3.2 マテハン機器との連動

生産機と当社のマテハン機器とを結び付けることを実現しており、搬送品の予約およびマテハン機器の管理機能を有している。

3.2.1 搬送品の予約

上位システムより製造レシピを受信するようにし、各工程間の流れを明確にしている。よって、生産に必要なロール(半製品であれば前工程で生産したもの)のみを対象として表示することが可能となり、ミスを抑制している。また、通常は同じ品でも微妙な違いが存在することから、生産管理者が次搬送品の選択をすることが多いが、条件さえ明確にすれば全自動での予約も可能となる。

3.2.2 マテハン機器の管理機能

搬送に人手が入ることにより、(1)間違っものを搬送する、(2)搬送するタイミングを分からなかったり、間違えたりする、(3)搬送、セット中に品を傷付ける危険があるなどの問題が発生する。(1)および(3)については、マテハンシステムを導入することで解決する。(2)のタイミングについては、軸切替え信号と消費実績入力により判断している。生産機には通常、生産に使用している巻出し軸と次の生産用ロールを準備する待機軸がある。生産機からの巻出し軸から待機軸への切替わり受信と、消費実績入力完了したことを条件に、次のロール搬送を自動で開始することができる。

以上のように、システムで判断する部分を増やせば、属人性を最小限に抑えることが可能となりうる。

4 Roll-MESの課題

今後の課題として、海外進出に伴い、多言語への対応およびデータの生産管理体系への対応があげられる。

4.1 多言語への対応

海外企業においては、操作画面のローカライズやシステム相互のデータ変換を容易に行うべく、システムの多言語対応が必要となる。今後は、アジア地域および欧米の多言語対応

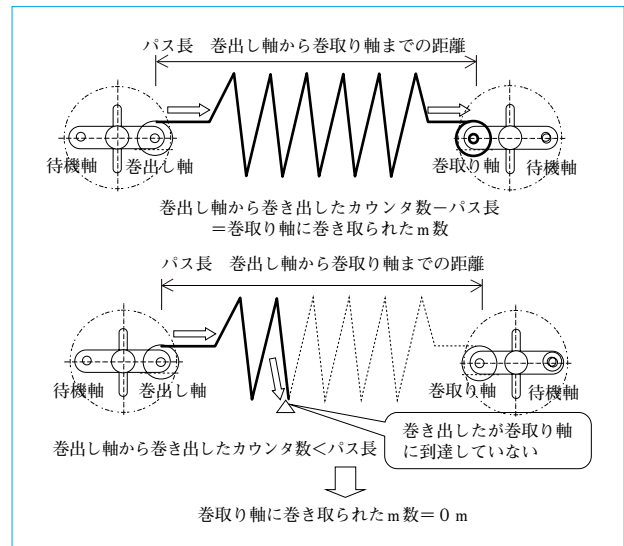


図3 使用m数の計算
Calculation of consumed quantity

に取り組んでいく。

4.2 データの生産管理体系への対応

日本での生産管理は、同じ製品を生産する場合でも受注単位で細分化される傾向にあるが、海外では必ずしもそうではない。受注単位での管理は日本企業に汎用的なERP(Enterprise Resource Planning 経営内資源を管理し、最適化を図るツール)が導入されにくい理由の一因だったとも言われており、今後、海外の生産管理体系を調査する必要がある。

5 おわりに

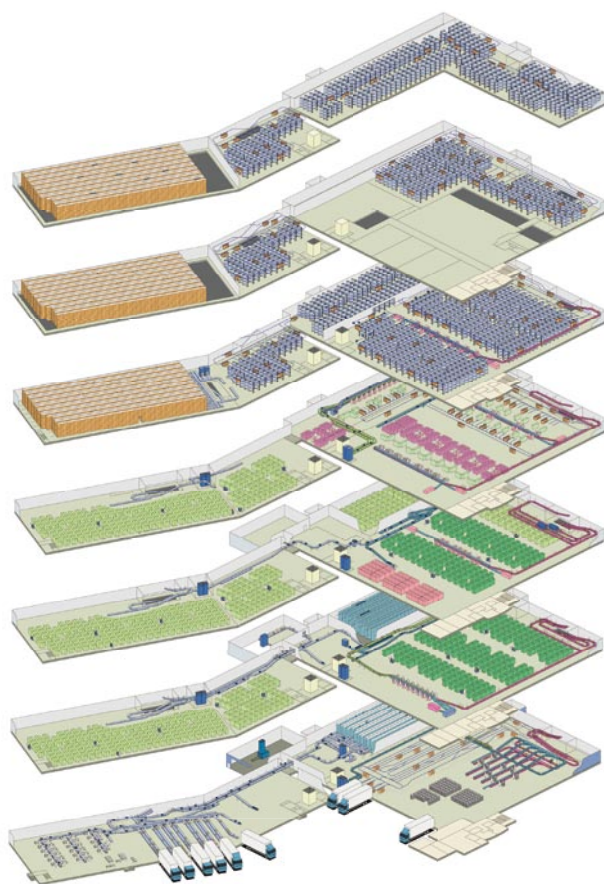
- (1) 現場の現状(生産能力、リードタイムおよび在庫量などのデータ)をガラス張りにし、正確に把握することは最適化への第一歩である。
- (2) Roll-MESを導入することにより、現状を把握し、生産効率の向上、資源の有効利用および機会損失の低減への活動につなげることが可能になると考える。

システムを導入するだけで、最適化を実現することはできない。(人為的なミス、無駄は削減されると思うが)システムはあくまで、問題点を発見するツールであり、最適化を行うには、問題意識を持ち、PDCAを回し続けることが不可欠である。

通信販売業界における統合WMS

Integrated Warehouse Management System in Mail-order Business

●西 前 健 司* 坂 本 高 章* 田 中 修**
Takeshi NISHIMAE Takaaki SAKAMOTO Osamu TANAKA



配送センター
Distribution center

1 はじめに

急激な成長を続けてきた通信販売業界の大手各社は事業の拡大に応じて、都度必要な配送センターを建設してきた。

商品の入出荷と在庫状態を管理する計算機システム WMS (Ware-house Management System)も各々のセンターで個別のシステムを構築してきており、全社の商品の状態を一元的に管理することが難しくなっている。

一方TV通販およびインターネット通販の普及で顧客との対話の速度が速まり、全商品のリアルタイムな入出荷・在庫状態の把握が不可欠となり、全配送センターの商品を統括管理するシステムの早期の構築が強く求められるようになった。

このような背景のもと、大手通販様の各センターを統合し、全社の商品の状態を管理する統合WMSを開発し納入した。

2 システムの特長

本システム導入前の全体システム構成と、導入後の全体システム構成を、図1に示す。

本システムの主な特長を次に示す。

- (1) 取扱う商品に応じて、各センターで全く異なる業務フローを、同一のシステムフローで実現している。
- (2) 将来の新たなセンターの設立、あるいはセンター統合に柔軟に対応可能なシステム構造である。
- (3) 内部統制対応して、セキュリティ機能およびトレーサビリティ機能が強化されている。
- (4) 将来の出荷件数増大にも対応可能なように、高速トランザクション処理を行っている。

3 システムの構成要素

本統合WMSを構成する、特長ある機能の一部を紹介する。

3.1 システムフローの統一

通常、多品種の商品を扱う配送センターでは、リザーブ(ストック棚)からフェイス(ピッキング棚)へ、出荷に必要な数量のみを補充する業務フローで作業を行っている。必要数量のみをフェイスへ補充することにより、ピッキングエリアを縮小でき、ピッキングの作業効率が向上する。小物商品を取扱う配送センターは、このフェイスリザーブ方式で運用されている。一方、家具などの大物商品を取扱う配送センターでは、作業効率を向上するには、商品のハンドリングタッチ数を減らすことが必須であることから、リザーブから直接ピッキングを行う業務フローで作業を行っている。

このように、全く異なる業務フローを同一のシステムで実現することが必要であることから、本システムでは大物商品を取扱う配送センターに架空フェイスという概念を導入した。業務フロー上ではピッキングとして行う作業を、システムフロー上ではリザーブ棚から架空フェイスへの補充として処理することにより、小物商品を取扱うセンターと同一のシステムフローとした。システム上、架空フェイスへ補充された商品は、ピッキング後の出荷検品作業に伴い自動的にフェイス在庫を引落とすことにより、在庫の整合性を確保する構造と

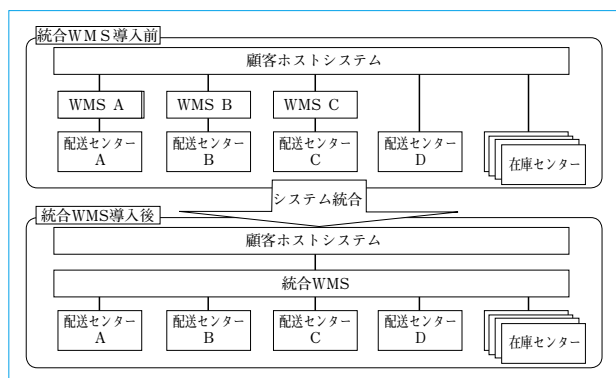


図1 システム全体構成
System general configuration

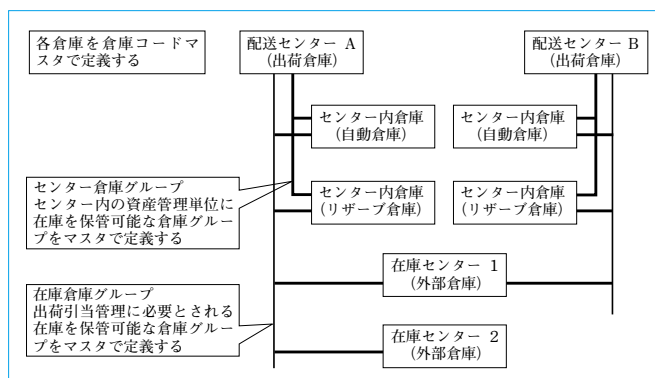


図2 倉庫グループマスタ管理
Master management of warehouse group

している。

3.2 センターの新設および統合に対する柔軟性

出荷件数の増大あるいは取扱い商品カテゴリの変化に伴い、配送センターおよび在庫センターの新設および統合が必要となってくる。本システムでは、倉庫コードをマスタ管理することにより、センターの新設および統合に柔軟に対応する構造としている。

また、各センターに対する在庫管理の必要要件として、物理的な倉庫単位での資産管理と、消費者からの注文に対する出荷引当管理が必要となる。上述のマスタで管理される倉庫に対し、物理的倉庫単位での資産管理を目的としたセンター倉庫グループの関係を、また出荷引当管理を目的とした在庫倉庫グループの関係をマスタに関連付けする構造としている(図2)。このようなマスタ管理を行うことにより、各センターの用途も容易に変更可能となっている。

3.3 内部統制対応

近年の世の中の変動と同様に、内部統制の強化が要件とされ、各種業務プロセスをチェックすることが求められた。本システムでは、ユーザ認証機能と、多彩なログ取得機能を構築した。

- ## (1) ユーザ認証

パスワード期限管理および権限レベルによるアクセス可能な機能とデータ範囲の管理

- ## (2) アクセス認証

システムにアクセス可能な端末の管理

- ### (3) アクセスログ

何時、誰が、どこで、何を行ったかの証跡ログ対応に加え、データベースアクセスログおよびマテハン機器動作ログを取得、さらに売上計上、仕入計上および在庫管理に関してはエビデンスを日々作成している。

3.4 高速トランザクション処理

本システムのインフラ構成を、**図3**に示す。

本システムでは、1日当たり8万件出荷に対応したシステム処理能力が要求された。ピーク時間帯を考慮し、55.6トランザクション/秒の処理可能なシステムとなっている。

本システムのデータベースサーバは、2ノードでOracle Real Application Cluster(Oracle RAC)による2インスタンス/1データベース構成を採用している。

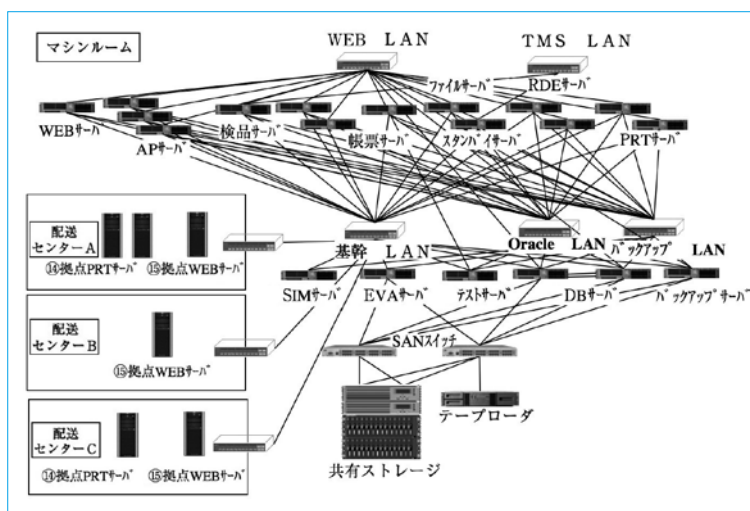


図3 インフラ構成
Infrastructure configuration

Oracle RACの採用により、複数のデータベースサーバに対し自動負荷分散(ロードバランシング)を行い、各サーバのパフォーマンスを最大限まで引き出し、高速トランザクション処理が可能となる。また、1台のデータベースサーバに障害があっても自動的に処理を引き継ぐことが可能となる。Oracle RACは単一のシステムとみなされ、ノード追加の際にアプリケーションに変更を加えたり、データの再配置などの作業が必要なく、システムを容易に拡張可能となっている。

このようにOracle RACの採用により、高速トランザクション処理が可能となり、高い拡張性および信頼性を実現している。

4 おわりに

- (1) これまでに培ってきた通信販売業界における豊富なシステム構築技術と運用ノウハウにより、顧客の要望に応えられる統合WMSを構築した。
- (2) 本システムの導入により配送会社とのシステム連携を行い、消費者からの注文～消費者への配達に至るまでの顧客対応の速度の向上とばらつきの減少を実現させ、顧客満足の向上を図ることができた。

消費者ニーズおよび商品の多様化と消費者との対話スピードのアップという社会背景のなか、全体最適化を要望する顧客のニーズに対し、より高度なシステムを提供していく所存である。

フォークリフトの技術動向

Technical Trend of Forklift Trucks

●林 義 人*
Yoshito HAYASHI



図1 リチウムイオン電池搭載車
Mounted lithium ion battery on forklift truck

1 はじめに

フォークリフトは、物流現場に欠かせない産業機器である。昨今の環境問題への意識の高まりにより、2008年度の国内販売でバッテリー式フォークリフトの出荷台数が、エンジン式を初めて上回った。さらに、燃料価格の不安定さも加わり、今後ますますバッテリー車の需要が増えると思われる。機能面では機種にかかわらず安全性の要求が増え、各社とも凌ぎを削っている。これらの市場環境を鑑み、主としてバッテリー式フォークリフトに使用されるコンポーネントの、最近の技術動向と今後の検討課題を記述する。

2 バッテリー車の主要コンポーネント

2.1 バッテリー

現在使用しているフォークリフトの鉛バッテリーには、

- (1) 再生エネルギーを効率よく回収できない。
- (2) メンテナンスが必要である。
- (3) 寿命が短い。

などの問題があり、これらの解決にキャパシタを併用するハイブリッド方式が提案され、一部市場投入されている。

キャパシタを使用することで、大半を熱として捨てていた再生エネルギーを最大で20%程度回収でき、稼働時間を10~15%延ばすことができる。同時に、加速時などの急激な電流変化をキャパシタに受け持たせることにより、鉛電池の放電を平滑化し寿命を延ばすことが可能となる。密閉式鉛電池を使用すればメンテナンスも不要となることから、実用的な

システムであり、キャパシタの代わりに小容量のリチウムイオン電池を使用したハイブリッド方式とともに、今後の主流になる可能性がある。また、高性能ゆえ、価格面でも高価なキャパシタやリチウムイオン電池を最少容量しか使用しないことから有利である。ただし、鉛電池の使用により、寿命面では鉛電池の単独での使用よりは長寿命になるが、十分とは言えない。

一方、鉛電池からリチウムイオン電池へ置換えたフォークリフト(図1)も検討されているが、鉛電池との価格差が歴然としている。電気自動車の普及によりリチウムイオン電池の使用数が増えたとしても、鉛電池の価格まで低下することは難しい。しかし、鉛電池の3倍以上の寿命があるリチウムイオン電池も開発され、フォークリフトの寿命までバッテリー交換が不要になる可能性がある。また、急速充電が可能なインフラが整えば短時間充電で稼働再開が可能となる。さらに、同一容量でバッテリーを小型化できる利点を活かし、空いたスペースで運転者の居住空間を広げ快適さを追求するなど、鉛電池の弱点を解決し、新たな顧客価値を提案できれば、普及は一気に進む可能性があると考えられる。

2.2 走行モータ

走行モータとして、低価格かつ堅牢な誘導電動機を使用している。市場からの省エネルギーや後述するドライブアクスルの小型化要求に対して、

- (1) 効率向上が難しい。
- (2) 小型化に限界がある。

などの改善ポイントがあり、これらの解決に今後IPMモータ

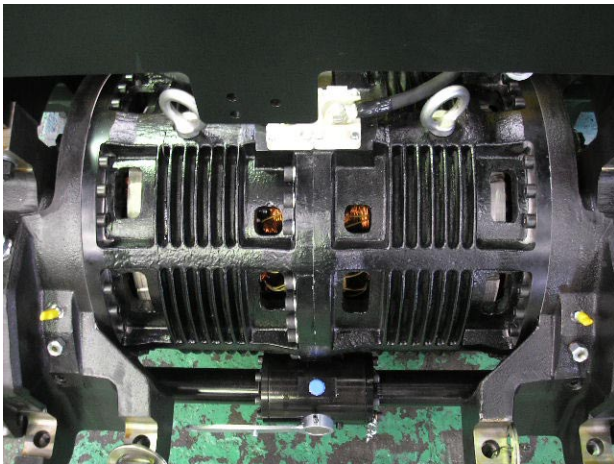


図2 2モータ方式ドライブ
Dual motor drive axle

タへ移行することが予想される。特に、リラクタンストルクとマグネットトルクの分担は非常に重要な技術課題の一つで、フォークリフトに最適な分担にすることが求められる。

フォークリフトでのモータ印加電圧はバッテリー電圧である48Vや72Vをそのまま使用していることから、48Vバッテリー使用時は26～29Vの定格電圧で設計されている。一般的に、高圧化によりモータおよびインバータを含むシステム効率は向上する。しかし、フォークリフトではバッテリー電圧そのものを高くすることには制約が大きい。昇圧チョッパを用いて昇圧をすることが考えられるが、2～3倍程度の昇圧では高速回転時の誘起電圧の上昇を抑えるべく逆方向に励磁電流を流す必要があり、効率が悪くなる。これを防ぐには4～5倍に昇圧しなければならない。しかし、1次側の大電流により昇圧チョッパの効率が悪く、コスト高にもなることから昇圧して使用することは少ないと思われる。

2.3 ドライブ機構

現在、4輪フォークリフトは1モータでデフ機構を持つドライブアクスルを使用しているが、デフ機構を無くした2モータ駆動式のドライブ機構が注目されはじめている(図2)。3輪フォークリフトでは、本方式を採用しているメーカーは多い。4輪フォークリフトに使用した場合、

- (1) 左右独立駆動により、左右タイヤの駆動力を確実に路面に伝えられ、すべり易い路面でもスリッパし難くなる。
- (2) 旋回時左右のタイヤの回転方向を逆にすることができることから、トレイルの切れ角を現行より大きくすれば旋回半径を小さくでき、小回り性を向上させることができる。

などのメリットがある。デフ機構を使用しないことから構造がシンプルで、将来的にはモータを内蔵したインホイールモータへの展開もしやすくなる。

3 安全機能

正しい運転位置でしか各操作ができないように規定したISO3691が今年発行される可能性が高く、発行後ほぼ半年後にJIS化が予定されている。

フォークリフト使用現場では4日以上以上の休業災害が毎年2500件ほど発生しており、70%弱が挟まれたり、激突される事故である(図3)。フォークリフトが作業現場の中に入っ

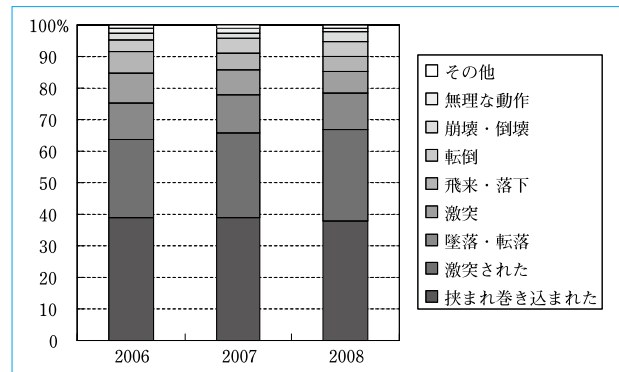


図3 4日以上休業の事故割合⁽¹⁾

Recent trend in causes of accidents with work day losses more than 4 days



図4 無線タグ検出器搭載車
Mounted RFID

て稼働することも事故が多い原因の一つである。これらの事故防止に、前述のISOに対応した機能以外に、無線ICタグなどを作業者に携帯させ、フォークリフトの周辺に作業者がおれば運転者に警報を発するなどの安全装置が開発されつつある(図4)。

タグとの通信速度およびフォークリフトの作業形態より検出範囲を狭くすると、フォークリフトの速度が速い場合は検出できない。広くすると近くにいない作業者まで検出してしまいう問題や、無線だけでは確実に検出ができないことから、他の検出方法との併用も検討されている。まだ開発途上の技術であるが、今後重要な技術になると思われる。

4 おわりに

- (1) 今回、バッテリー式フォークリフトの重要コンポーネントおよび安全機能の技術について記述した。
- (2) 現在は各要素技術の転換点になっており、2015年までにさまざまな技術が確立されると予測される。
- (3) 今後、エンジン車をベースにした従来の業界の勢力図は大きく塗り変える可能性もあり、市場および関連業界の技術動向を確認しながら他社に先んじて要素技術を確立していく必要がある。

(参考文献)

- (1) 厚生労働省大阪労働局. フォークリフト事故の型別労働災害発生状況. 2008.

400tジブクレーン

400t Jib Cranes



本機は、今治造船株式会社本社今治工場に設置された塔型ジブクレーンで、船舶の建造に使用される。

吊上げ能力は最大400tで、このタイプのクレーンとしては国内最大である。近年、造船所においては、建造能力増大にブロックの大型化が進められており、従来ならば2台のクレーンによる相吊りでなければ対応できない重量400t級のブロックを吊り上げることが可能なクレーンとしている。

将来の更なる船殻ブロック大型化を見据え、それに対応が可能な機構および構造を採用し、ジブクレーンの作業性の良さを生かしつつ大荷重の吊上げを可能とすることで、造船所における効率化に貢献できるものと考えている。

主要仕様

定格荷重	400/150/60t × 27/57/62m
揚 程	走行レール上 69m, レール下 1m, 全 70m
ス パ ン	10m ホイールベース 14m
巻上速度	0.083/0.116/0.25m/s
引込速度	0.21m/s
旋回速度	0.026rad/s ~ 0.035rad/s
走行速度	0.583m/s
電 源	3 相交流 6600V 60Hz

特 長

(1) 各運動にはインバータ制御を採用し、スムーズな起動、

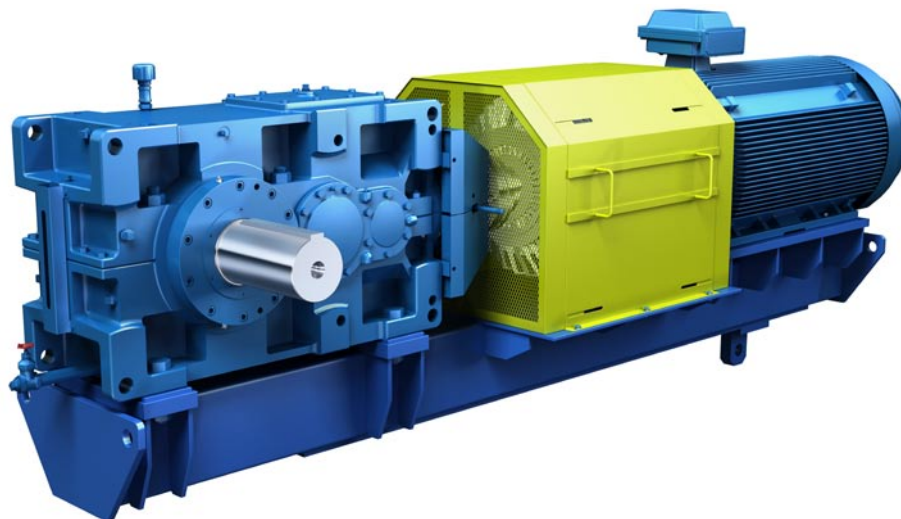
停止および微速運転による吊り荷の高精度な位置合わせを可能としている。

- (2) 巻上げ速度は荷重により3倍速まで対応できるものとし、軽荷重時の速度を早くし、作業性を向上させている。
- (3) 旋回速度は半径により速度を変化させジブ先端の移動速度変化を少なくし、荷振れの少ない運転が可能となっている。
- (4) 巻上げ装置のロープは従来の8本掛け2本巻取りから16本掛け4本巻取りとし、ワイヤロープ径を小径化してワイヤロープ交換時のメンテナンス性能を向上させている。
- (5) 安全装置として起伏ロープ2本をジブの左右交互に掛ける構造を採用し、万が一のロープ切断時においてもジブに対する偏荷重を少なくし、作業の安全を確保している。
- (6) 高張力鋼材の使用範囲を多くして機体の軽量化を図り、車輪荷重の低減を図っている。

(住友重機械エンジニアリングサービス株式会社 川上 幸造)

コンベヤ用減速機 パラマックス® 9000シリーズ

Mining Conveyor Drives PARAMAX® 9000 Series



鉄鉱石や石炭などの鉱物資源の需要は今後増加すると想定されており、それに伴い、鉱山などに設置される鉱物搬送用コンベヤの需要も高まると考えられる。

この需要に対応するべく、汎用減速機として豊富な実績を持つパラマックス®9000シリーズをベースに、マイニング向けに必要とされる仕様を追加した減速機シリーズを開発した。

マイニング事業においては、操業の継続が重要視されることから、減速機も現地で点検保守や修理ができなければならない。そこで、今回のシリーズでは、減速機の上部ケースを外すことができる分割ハウジングをすべての枠番で採用し、工場への返送を行うことなく減速機の保守を行えるようにしている。軸受寿命については、高負荷容量軸受を採用することにより50 000時間以上への対応が可能であり、お客様の保守の負担を軽減できる設計としている。

また、鉱物資源が地下に分布する場合には、搬送コンベヤも地下に設置され、鉱物の採掘が進むにつれてコンベヤを移設させる必要が出てくる。このような場合でも、減速機の据付けを容易に行えるように、心出し作業が不要なモータ連結構造を新たに標準化している。さらに、減速機を上下反転できるようにし、狭い坑道内において出力軸を両出にすることなく、左右両方向の軸出に対応できるようにしている。

掘削に伴う粉塵への対策としては、オイルシールを保護する機能を持つタコナイトシール構造およびエアブリーザを標準仕様としている。

主要仕様

枠番	9055～9100
減速比	14～31.5(R20数列)
出力トルク	20～122kN・m
軸形式	直交軸
据付け	横形据付け

特 長

- (1) すべての枠番で分割ハウジングを採用し、現地での点検や保守が行えるようにしている。
- (2) 軸受寿命(L10)を30 000時間以上確保し、さらに50 000時間以上への対応も可能である。
- (3) 据付け作業が容易なモータ連結構造やスイングベース構造に対応している。
- (4) 坑道内で出力軸を左右どちらにでも出せるように、減速機を上下に反転できるフリップオーバー構造を採用している。
- (5) タコナイトシールおよびエアブリーザにより、粉塵の多い環境下での運転に対応している。
- (6) コンベヤの逆転を防止するバックストップを標準化している。

(PTC事業部 黒川 英二)

低振動パルスチューブ冷凍機の開発

Development of Low Vibration Pulse Tube Cryocooler

● 許 名 堯*
Mingyao XU

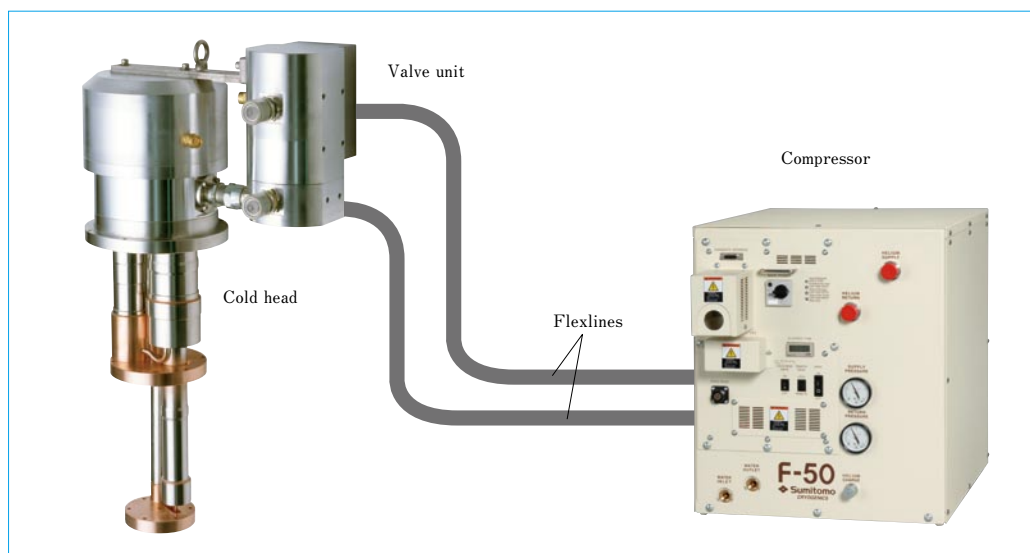


Figure 1 System of SRP-062B two-stage pulse tube cryocooler

近年、当社はMRI超伝導マグネット、小型超伝導マグネット、SQUIDSおよびX線計測器などへの適用を狙いとして、4Kパルスチューブ冷凍機の開発に取り組んでいる。最近、低振動パルスチューブ冷凍機SRP-062BとSRP-062BSを開発、市場投入した。

両機種ともバルブユニットが冷凍機のコールドヘッドからエアロクイップで切り離されていることから、マグネットを昇温せず、短時間でかつ簡単なメンテナンスが可能となる。1段と2段ステージの振動変位を低減させるのに、パルス管と蓄冷器管の肉厚を最適化している。また、蓄冷器とパルス管の低温端を一体型にせず、それぞれを独立させ薄肉のパイプで連結している。SRP-062BとSRP-062BSともに、1段と2段ステージの振動変位は $\pm 3 \mu\text{m}$ という超低振動レベルを到達できた。バルブユニットがコールドヘッドから約1mのフレキシブルホースで切り離されたことから、冷凍能力はSRP-062BSがSRP-062Bより約10%低下したが、許容できる範囲に抑制できた。

Sumitomo Heavy Industries, Ltd.(SHI) has been developing 4K pulse tube cryocoolers for cooling MRI Magnet Systems, Small Superconducting Magnets, SQUIDS, X-ray detectors, etc. Recently, SHI released two new products called SRP-062B and SRP-062BS. For both SRP-062B and SRP-062BS, the valve unit is separated from the cold head by a self-sealed coupling. With this configuration, the maintenance for the valve unit becomes much easier and faster than that with an integrated one. With a separated valve unit, it is not necessary to warm up the cold head and cool down again. And also, the vibration displacement has been reduced by optimizing the wall thickness of regenerators and pulse tubes. Furthermore, the vibration displacement has been reduced by separating the regenerators and pulse tubes with a thin tube so that the vibration displacement from regenerators and pulse tubes do not interfere with each other. For SRP-062BS, the vibration acceleration is further reduced by separating the valve unit from the coldhead with 1 m flexline. For both SRP-062B and SRP-062BS, the typical vibration displacement is less than $\pm 3 \mu\text{m}$. The performance of SRP-062BS is about 10% less than that of SRP-062B because of the increased dead volume and pressure drop through the 1 m flexline.

1 INTRODUCTION

With a pulse tube cryocooler, it is possible to improve reliability, to increase the mean maintenance interval and to extend operation life, since there is no moving part at the low temperature region. 4K pulse tube cryocooler has been a competitor of G-M cryocooler for cooling MRI Magnet Systems, Small Superconducting Magnets, SQUIDS, X-ray detectors, etc.⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾.

Since 1999, Sumitomo Heavy Industries, Ltd. (SHI) has been developing 4K pulse tube cryocoolers for the above-said applications. The development in SHI on pulse tube cryocoolers has focused primarily on cooling capacity of both the 1st and the 2nd stage, simplification, suitable configuration for mass production and maintenance, low vibration as well as long life^{(1) (5) (7)}.

Recently, SHI released two new products called SRP-062B and SRP-062BS. For both SRP-062B and SRP-

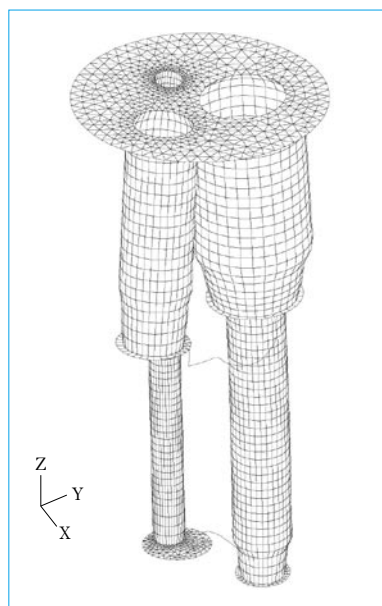


Figure 2
Simulation model of low
vibration pulse tube
cryocooler

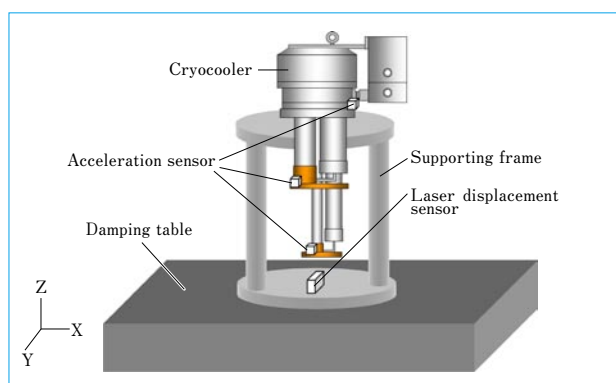


Figure 3 Vibration measurement system

062BS, the valve unit is separated from the cold head by a self-sealed coupling. With this configuration, the maintenance for the valve unit becomes much easier and faster than that with an integrated one. With a separated valve unit, it is not necessary to warm up the cold head and cool down again. And also, the vibration displacement has been reduced by optimizing the wall thickness of regenerators and pulse tubes. Furthermore, the vibration displacement has been reduced by separating the regenerators and pulse tubes with a thin tube so that the vibration displacement from regenerators and pulse tubes do not interfere with each other^{(1)–(7)}. For SRP-062BS, the vibration acceleration is further reduced by separating the valve unit from the cold head with 1 m flexline. For both SRP-062B and SRP-062BS, the typical vibration displacement is less than $\pm 3 \mu\text{m}$. The performance of SRP-062BS is about 10% less than that of SRP-062B because of the increased dead volume and pressure drop through the 1 m flexline.

2 SYSTEM DESCRIPTION

Figure 1 shows the system of SHI 4K low vibration two-stage pulse tube cryocooler, SRP-062B⁽¹⁾. The cold head

Table 1 Vibration displacement simulation results

	X ($\pm\mu\text{m}$)	Y ($\pm\mu\text{m}$)	Z ($\pm\mu\text{m}$)
1 st stage	1.2	3.3	3.1
2 nd stage	0.04	0.02	3.3

Table 2 Vibration displacement measurement results at room temperature

	X ($\pm\mu\text{m}$)	Y ($\pm\mu\text{m}$)	Z ($\pm\mu\text{m}$)
1 st stage	1.8	2.1	1.9
2 nd stage	2.0	7.4	2.9

with valve unit directly connected at its side is shown in Figure 1. As shown in Figure 1, the valve unit is separated from the cold head by a self-sealed coupling. With this configuration, the maintenance for the valve unit becomes much easier and faster than that with an integrated one. With a separated valve unit, it is not necessary to warm up the cold head and cool down again. And also, it is possible to decrease the vibration generated by the valve unit and compressor to the cold head with some simple techniques, such as a long thin-wall tube, a vibration restrainer, etc. It takes much less time to replace the valve unit with this kind of configuration than with an integrated one.

A standard SHI CSW-71C compressor is used to generate the pressure oscillation. A five-phase stepping motor is used to drive the valve disk.

In order to reduce the vibration, the regenerators and pulse tubes are connected with a small tube at the cold end for both stages as shown in Figure 1. The wall thickness of the connecting tube is 1 to 2 mm. The wall thickness of the regenerator tube and pulse tube is optimized according to the temperature profile on each tube. As well known, it is better to use tubes with thick wall to reduce vibration displacement of the tubes. However, with thick tubes, the heat conduction loss increases, therefore, the cooling capacity decreases. The conduction loss is critical for the 2nd stage pulse tube because its warm end is at room temperature while its cold end is at 4 K.

3 SIMULATION

In order to understand the mechanism of the vibration, the vibration displacement has been simulated with Finite Element Analysis. Figure 2 shows the simulation model of a low vibration pulse tube cryocooler. For calculation, the condition is set as following. The filling pressure is 1.7 MPa. The supply pressure is 2.2 MPa and the return pressure is 0.8 MPa. The operating frequency for compressor is 50 Hz. The operating frequency for cold head is 1.3 Hz.

The vibration displacement simulation results are shown in Table 1. The direction in which the valve unit is connected is called X direction. Perpendicular to this direction is Y direction. Z direction is the axis of the cylinder. The vibration at both the 1st stage and the 2nd

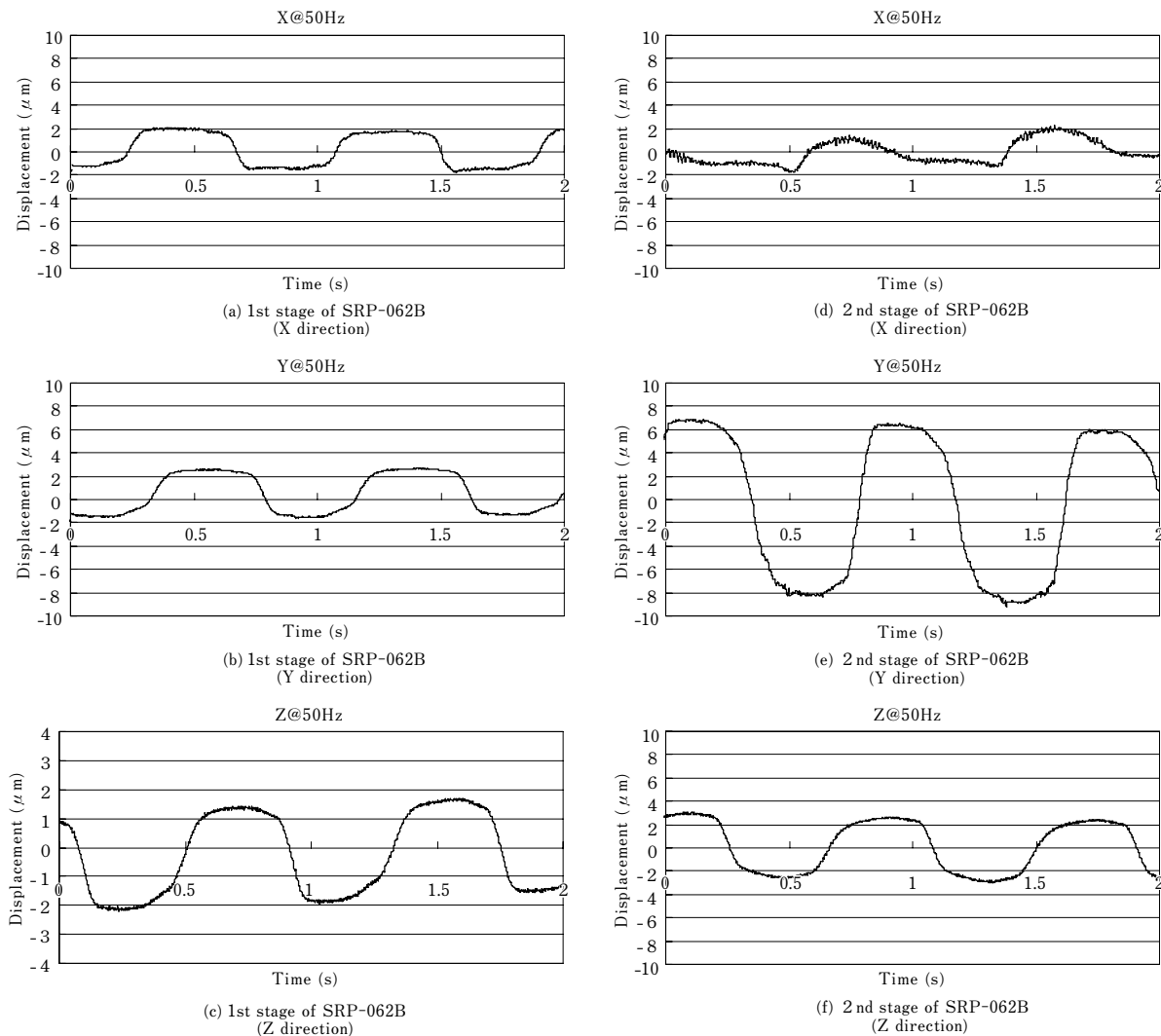


Figure 4 Vibration displacement measurement results at room temperature

stage are less than or close to $\pm 3 \mu\text{m}$ in all directions.

4 VIBRATION MEASUREMENT

Figure 3 shows the set-up for measuring the vibration of a pulse tube cryocooler⁽¹⁾. A laser displacement sensor (LDS) is used to measure the displacement of the cold stages. The vibration acceleration is measured by an acceleration sensor.

The compressor is operated at 50Hz. The cold head is operated at 1.3Hz.

Table 2 shows the vibration displacement measurement results for SRP-062B. It is measured at room temperature and about 30s after start-up. The oscillating displacements of the 1st and the 2nd stages are shown in Figure 4. At the 1st stage, the vibration displacements are $\pm 1.8 \mu\text{m}$ at X direction, $\pm 2.1 \mu\text{m}$ at Y direction and $\pm 1.9 \mu\text{m}$ at Z direction, respectively. At the 2nd stage, the vibration displacements are $\pm 2.0 \mu\text{m}$ at X direction, $\pm 7.4 \mu\text{m}$ at Y direction and $\pm 2.9 \mu\text{m}$ at Z direction, respectively. The vibration at both the 1st stage and the 2nd stage are less than $\pm 3 \mu\text{m}$ in all directions except the Y direction

of the 2nd stage. The measurement results are consistent with the simulation results at an acceptable level. As we know, it is the lowest vibration displacement achieved on a two-stage pulse tube cryocooler without extra support.

Figure 5 shows the vibration acceleration measurement results for SRP-062B and SRP-062BS. As shown in Figure 6, when the valve unit is separated with 1 m flexline, the vibration acceleration in the high frequency region has been reduced significantly, while the change of the acceleration in the low frequency region is small. The lesser effect at low frequency region is not very clear. One explanation is that the vibration at low frequency region is enlarged by the vibration of the flexline when gas flows through it.

The specific performance of SRP-062B is 30 W at 65 K and 0.5 W at 4.2 K simultaneously, for both 50 Hz and 60 Hz. The specific performance of SRP-062BS, in which the valve unit is separated from the cold head with 1 m flexline, is 25 W at 65 K and 0.4 W at 4.2 K simultaneously, for both 50 Hz and 60 Hz. A typical loadmap of cooling capacity for SRP-062BS is shown

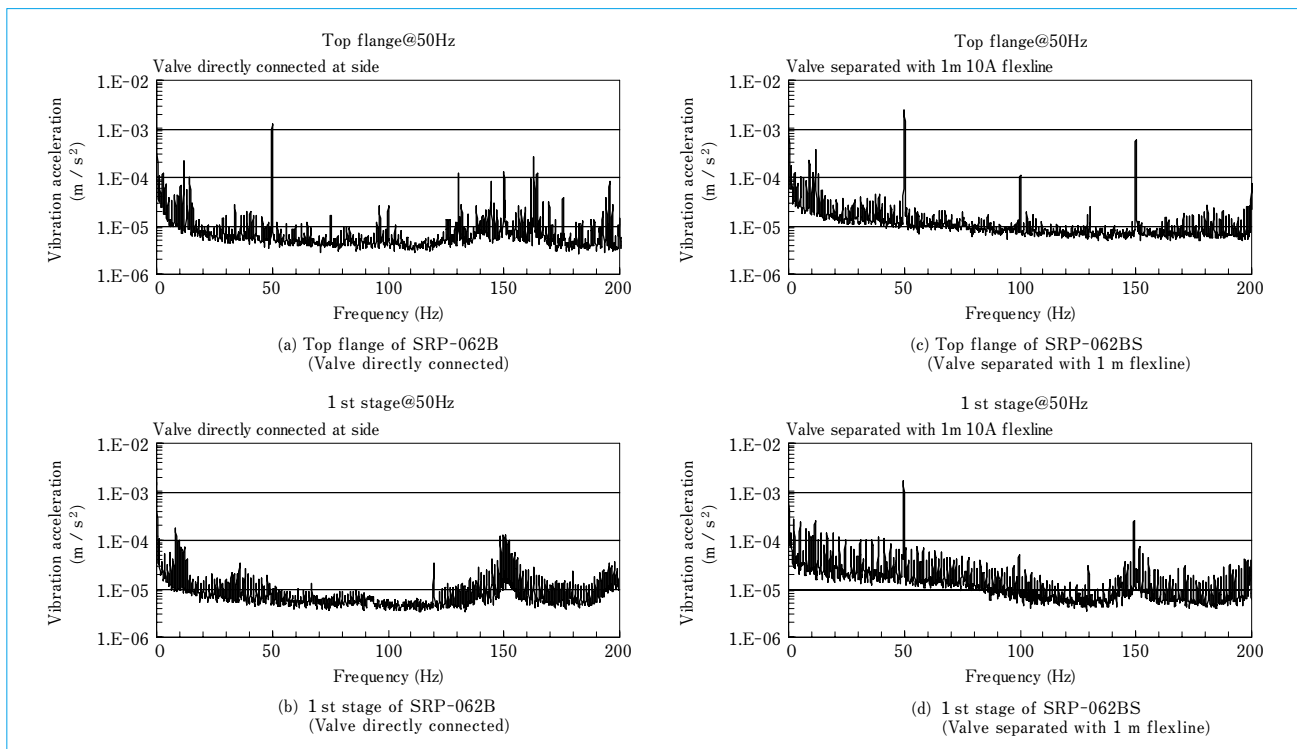


Figure 5 Vibration acceleration measurement results at room temperature

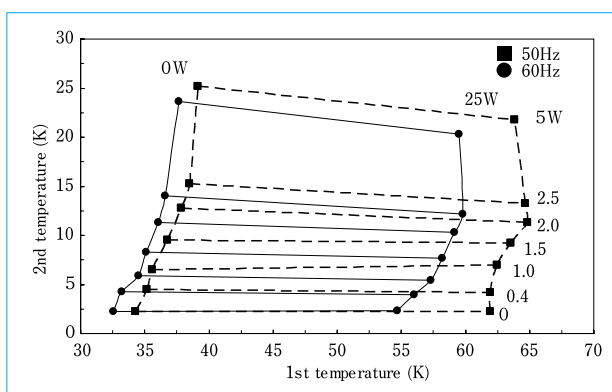


Figure 6 Typical loadmap of SRP-062BS

in Figure 6. Although the specific cooling capacity is the same, the actual cooling capacity at 60 Hz is larger than that at 50 Hz, especially at the 1st stage. As well known, the gas flow rate supplied from the compressor is larger when the compressor is operated at 60 Hz.

5 CONCLUSIONS

Two new low vibration pulse tube cryocoolers, SRP-062B and SRP-062BS have been developed by SHI. For both SRP-062B and SRP-062BS, the valve unit is separated from the cold head. The valve unit for SRP-062B is directly connected at the side of the cold head, while the valve unit for SRP-062BS is separated from the cold head with 1 m flexline. The simulation results and experimental data are reported in this paper.

- (1) The typical vibration displacement is less than $\pm 3 \mu\text{m}$.
- (2) The vibration displacement has been reduced by optimizing the wall thickness of regenerators and

pulse tubes.

- (3) The vibration displacement has been reduced by separating the regenerators and pulse tubes with a thin tube.
- (4) When the valve unit is separated with 1 m flexline, the vibration acceleration in the high frequency region has been reduced significantly, while the change of the acceleration in the low frequency region is small.
- (5) The performance of SRP-062BS is about 10% less than that of SRP-062B because of the increased dead volume and pressure drop through the 1 m flexline.

(REFERENCES)

- (1) Xu, M.Y., Takayama, H., Yamanouchi, H. and Saito, M.. Low Vibration 4 K Two-stage Pulse Tube Cryocooler. Proceeding of International Conference of Cryogenics and Refrigeration, Apr., 2008, p.120-124.
- (2) Matsubara, Y. and Gao, J.L.. Novel Configuration of Three-stage Pulse Tube Refrigerator for Temperature below 4K. Cryogenics, 34, 1994, p.256-262.
- (3) Wang, C. Thummes, G.. and Heiden, C.. A Two-stage Pulse Tube Cooler Operating below 4K. Cryogenics, 37, 1997, p.159-164.
- (4) Xu, M.Y., De Waele, A.T.A.M. and Ju, Y.L.. A Pulse Tube Refrigerator below 2K. Cryogenics, 39, 1999, p.865-869.
- (5) Xu, M.Y., Gao, J.L., Seitz, E. and Longworth, R. C., etc.. Development of SHI 4 K Two-stage Pulse Tube Cryocoolers. Advances in Cryogenics Engineering: Proceedings of the Cryogenic Engineering Conference, 51, 2006, p.837-844.
- (6) Tomaru, T., Suzuki, T. and Haruyama, T., etc.. Vibration-free Pulse Tube Cryocooler System for Gravitational Wave Detectors, Part I: Vibration-Reduction Method and Measurement. Cryocoolers, 13, 2004, p.695-702.
- (7) Li, R., Ikushima, Y. and Koyama, T., etc.. Vibration-free Pulse Tube Cryocooler System for Gravitational Wave Detectors, Part II: Cooling Performance and Vibration. Cryocoolers, 13, 2004, p.704-709.

アーキオンプレーティングで成膜した低摩擦Ti-B-N被膜

Ti-B-N Coatings with Low Friction Coefficients Deposited by Arc Ion Plating

●丹 野 康 雄* 黒 沢 隆* 西 澤 誠 二* 小 豆 島 明**
Yasuo TANNO Takashi KUROSAWA Seiji NISHIZAWA Akira AZUSHIMA

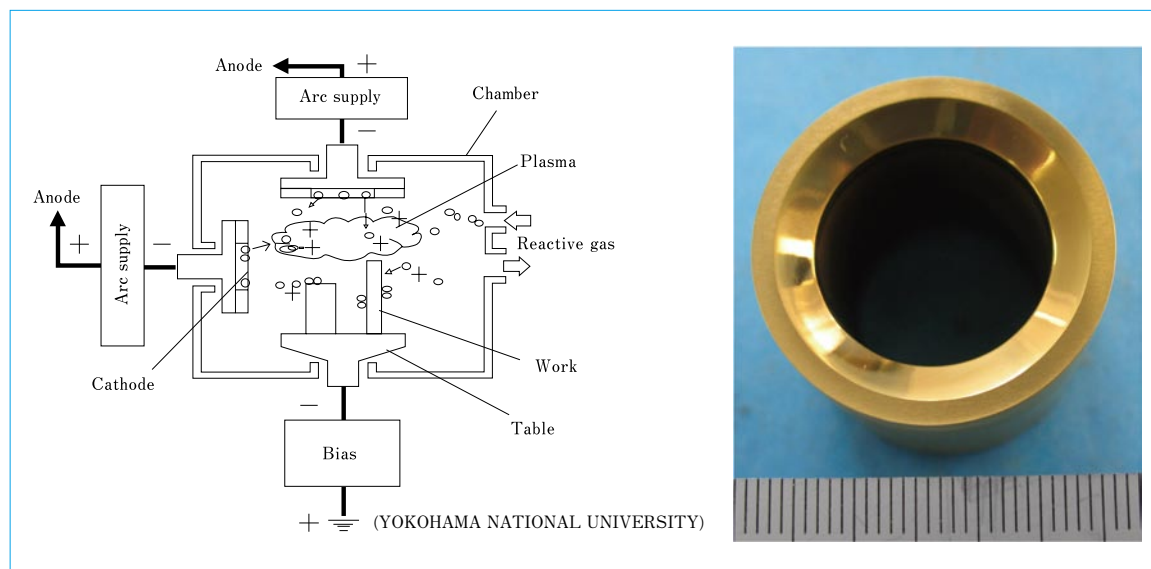


図1 アークイオンプレーティング装置(左)とTi-B-Nコーティングした射出成形機可塑化部品(右)
Arc ion plating apparatus(Left) and Ti-B-N coated check ring of plastic injection molding machine(Right)

アーキオンプレーティング法による結晶配向制御と第3元素添加により、ドライ条件下における(111)優先配向を持つTiN被膜の摩擦特性をさらに向上させることを検討した。

本研究では、第3元素としてBを添加して結晶配向制御したTi-B-N被膜の摩擦特性をボールオンディスク摩擦摩耗試験装置で調べた。その結果、(111)配向制御Ti-B-N被膜の摩擦特性は改善され、本実験のすべての摺動条件で約0.2の低い摩擦係数を示した。低い摩擦係数を示しているときのボール側摩耗痕の半径はヘルツの接触半径にほぼ一致していた。これはTi-B-N被膜が高い面圧下でも低摩擦を維持可能であることを示す。すなわち、(111)配向制御Ti-B-N被膜は高面圧の摺動条件で低摩擦および耐摩耗が要求される機械部品摺動部に適用できる可能性を持つ被膜である。

In order to reduce coefficients of friction of TiN coatings for the industrial machine application, the frictional property of TiN coatings with preferred grain orientations deposited by arc ion plating (AIP) was investigated. It is possible to control the preferred grain orientations of TiN coatings by changing a substrate bias voltage. In a ball-on-disc friction test, the coefficients of friction of TiN coatings with (111) preferred grain orientation were lower (about 0.2) than those (0.5 to 0.8) of TiN coatings with (200) preferred grain orientation. In this study, the frictional property of TiN coatings embedded boron (Ti-B-N coatings) with preferred grain orientation by AIP process was investigated. The coefficients of friction of Ti-B-N coatings with (111) preferred grain orientation were measured by the ball-on-disc friction tester. It was found that Ti-B-N coatings with (111) preferred grain orientation were able to maintain low coefficients of friction (about 0.2) under severe sliding conditions in comparison with TiN coatings with (111) preferred grain orientation. The Ti-B-N coatings with low coefficients of friction have the possibility of application to sliding parts of machine under dry condition.

1 まえがき

機械部品摺動部における摩擦および摩耗の低減は、装置の耐久性向上および省エネルギーの観点から重要性が増している。そのような状況のなか、近年、摺動部に使用される潤滑油について添加剤や廃油処理の環境負荷問題から無潤滑(ドライ)条件下でも使用可能な摺動部材の開発が望まれている。それらの要求に応えるには、低い摩擦係数と良好な耐摩耗性を兼ね備えた摺動部材が必要である。

部材の摩擦および摩耗特性を改善する方法として種々の

表面改質手法があるが、特に物理蒸着法(PVD)や化学蒸着法(CVD)は新しいトライボロジー特性を持つ材料創生の可能性を持つと考えられる。PVD法などで創生された硬質被膜は、高硬度および優れた耐摩耗性を持ち、機械部品の摺動部に広く適用され始めている。例えば、炭素系の被膜DLC(Diamond Like Carbon)は低摩擦、耐摩耗の両特性を持つ代表的硬質被膜であるエンジン回りやポンプなどの部品に適用されているが、鉄鋼材料に対する密着力が低いことや高温における耐酸化性に問題があり、現在、その改善研究が種々行われている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

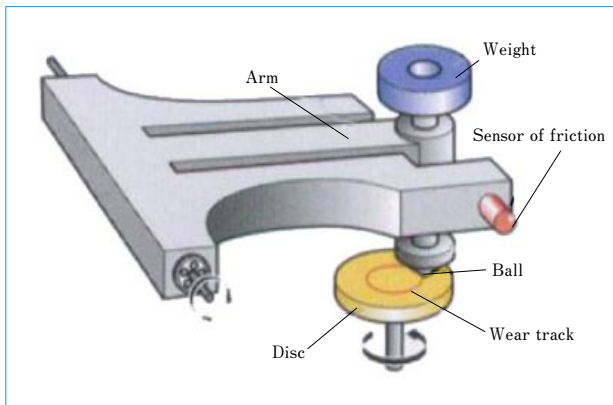


図2 ボールオンディスクトライボメータ
Ball-on-disc friction tester

一方、切削工具や金型などに適用されてきた実績を持つ TiN(Titanium Nitride)被膜はDLC被膜より鉄鋼材料との密着力が高く、耐酸化性も優れ、耐摩耗性も良好な優れた被膜である。しかし、TiN被膜のドライ条件における鉄鋼材料に対する摩擦係数はよく知られているように、0.5~0.8程度とDLC被膜の摩擦係数(0.1~0.2程度)より高い⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

筆者らはAIP(Arc Ion Plating)法で成膜したTiN被膜の摩擦係数を下げることがを検討し、TiN被膜の結晶配向が摩擦係数に影響を及ぼすことを明らかにしてきた。AIP法においてTiN被膜の結晶配向は成膜時のバイアス電圧によって制御可能である⁽⁶⁾。すなわち、バイアス電圧を-50 Vから-200 Vに変化させることで、TiN結晶格子の配向を従来のTiN被膜が持つ(200)配向から(111)配向に変えることができる。TiNの結晶配向を(111)に制御することで、無潤滑で低い摺動速度域において鉄鋼材料に対して約0.2の低い摩擦係数を示すことを報告してきた⁽⁸⁾。しかしながら、この(111)結晶配向制御TiN被膜を機械部品の摺動部に適用するには、さらに厳しい摺動条件でも被膜の低い摩擦係数が維持されなければならない⁽⁹⁾。そこで、AIP法による(111)配向制御と第3元素添加により、ドライ条件下における(111)結晶配向TiN被膜の摩擦特性を向上させることを検討してきた⁽⁹⁾。

本報では摩擦特性改善に最も効果のあった第3元素B(Boron)について、その添加量を0~10 at%の範囲で変化させ、(111)配向制御したTi-B-N被膜の摩擦特性と機械的性質(硬さ、弾性率および密着力)について調査した結果を報告する。

2 実験方法

2.1 成膜方法

TiNおよびTi-B-N被膜の成膜は、図1に示すAIP装置で行った。TiNの成膜には、 ϕ 100 mm×厚さ16 mmの純Tiターゲットを用いた。Ti-B-N成膜には、Ti-3 at%B、Ti-5 at%BおよびTi-10 at%B合金ターゲットをそれぞれ用いた。

成膜用基材には、HV450に調質したSKD11材を用いた。SKD11基材の表面粗さは、Ra0.02 μ mに研磨仕上げした。基材形状は、 ϕ 30 mm×厚さ4 mmのディスクである。成膜前に基材はアルカリ洗浄槽で脱脂洗浄、水洗槽でリンス後、イソプロパノール槽で脱水洗浄した。それらの前洗浄は、すべて超音波洗浄で行った。

前洗浄後、基材ディスクを成膜装置にローディングし、ロ

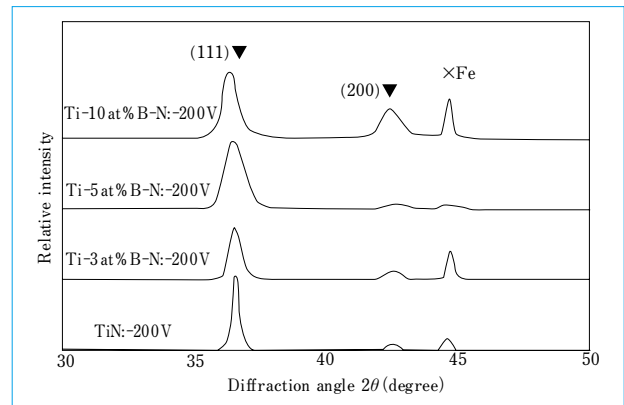


図3 TiNおよびTi-B-N被膜のX線回折パターン
X-Ray diffraction pattern of Ti-B-N and TiN coatings

ータリーポンプで粗引き後、 8×10^{-3} Paまでターボ分子ポンプで真空引きし、抵抗ヒータにて600℃まで加熱、1時間予熱保持した。その後、10分間のアルゴンイオンボンバード処理(バイアス電圧-400 V、アルゴンガス圧2 Pa)を行い、TiN、Ti-3 at%B-N、Ti-5 at%B-NおよびTi-10 at%B-N被膜を成膜した。成膜は窒素ガス圧4 Pa、アーク電流150 A、被膜の結晶配向を(111)に制御するべく、バイアス電圧は-200 Vとした。このときのアーク電圧は、約20 Vであった。成膜時間は15分間として、膜厚は2~3 μ mに制御した。なお、被膜の評価は成膜面を表面粗さRa0.02 μ mにバフ研磨した後に実施した。

2.2 被膜の評価

2.2.1 被膜の組織

成膜したTiNおよびTi-B-N被膜の結晶構造の確認は、X線回折により実施した。X線回折は、CuK α 線を用いて、管電圧40 kV、管電流40 mA、 2θ 走査範囲30°~70°、走査速度1°/min、ステップサンプリング0.02°とし、モノクロメータを使用して行った。各被膜の配向性は、(111)、(200)および(220)ピークの強度により確認した。また、これらXRDデータを使用して、Braggの式を用いて被膜の(111)面間隔d(111)をそれぞれ求めた。

成膜した試験片を液体窒素中で冷却後、強制破断し、その破断面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察し、被膜の断面構造を調査した。

2.2.2 被膜の機械的性質

TiNおよびTi-B-N被膜の機械的性質として、被膜の微小硬さおよび弾性率、密着強度を評価した。被膜の微小硬さおよび弾性率は、ナノインデンタでベルコビッツ型圧子を用い、負荷荷重1 mN、負荷時間5 s、除荷時間5 s、約10 μ m×10 μ m範囲で5点測定し、その平均値を求めた。

被膜と基材の密着強度は、スクラッチテストを用いて、荷重負荷速度10 N/mm、スクラッチ速度10 mm/minで測定した。

2.2.3 被膜の摩擦係数

被膜の摩擦係数は、ボールオンディスクトライボメータにより ϕ 6 mmのSUJ2ボール(硬度HV700)を用いて、負荷荷重1, 5, 10 N、摺動速度0.2 cm/s, 2 cm/s, 20 cm/s、摺動距離10 mの設定で、ドライ条件下で評価した。図2に、装置の概要を示す。本装置において、ボール材はステータ、ディスク材はロータである。摩擦係数は、ボールに荷重を負荷し

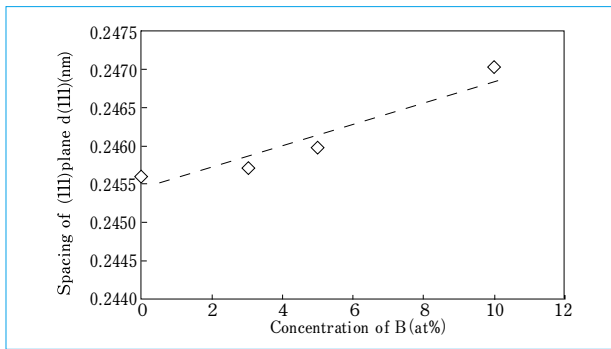


図4 TiNおよびTi-B-N被膜の(111)面間隔
Spacing of (111) plane of coatings deposited at substrate bias voltage of -200V

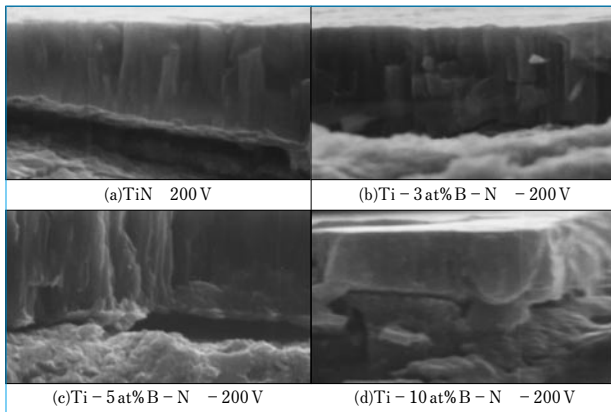


図5 TiNおよびTi-B-N被膜の断面組織
SEM images of fracture cross section of Ti-B-N and TiN coatings

て摺動したときに発生する接線力を摩擦力センサで測定して求める。試験温度は $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、試験中の相対湿度は $50 \pm 5\%$ とした。また、摩擦係数測定後、摩擦メカニズムの調査に、走査型オージェ電子分光分析装置(AES)により被膜側摩耗痕および相手材摩耗痕のSEM観察と表面分析を実施した。AES分析は、電子ビーム加速電圧5 kV、試料電流-10 nAで実施した。

3 実験結果

3.1 TiNとTi-B-N被膜の結晶構造

図3に、TiN、Ti-3 at%B-N、Ti-5 at%B-NおよびTi-10 at%B-N被膜のX線回折パターンを示す。Ti-B-N被膜はTiN相の(111)、(200)および(220)ピークのみを示し、TiB₂、BN相は認められない。いずれのTi-B-N被膜もTiN被膜と同様に(111)ピークの強度が最も強く、(111)配向していることが分かる。Ti-B-N被膜の(111)ピークは、TiNと比較してブロードでB添加量が増えるほど低角側にシフトしている。そこで、各被膜の(111)面間隔d(111)を求めた。その結果を、図4に示す。B添加量の増加に伴い、d(111)が増加している。

以上から、本実験の範囲のB添加量において、Bは侵入型原子として添加されていると考えられる。

図5に、TiN、Ti-3 at%B-N、Ti-5 at%B-NおよびTi-10 at%B-N被膜の強制破断面のSEM観察結果を示す。SEM像に示すように、B量の増加に伴いTi-B-N被膜の組織は緻密で微細な柱状晶になることが分かる。組織的には、B添加量が多い方が緻密な良好な組織を呈している。

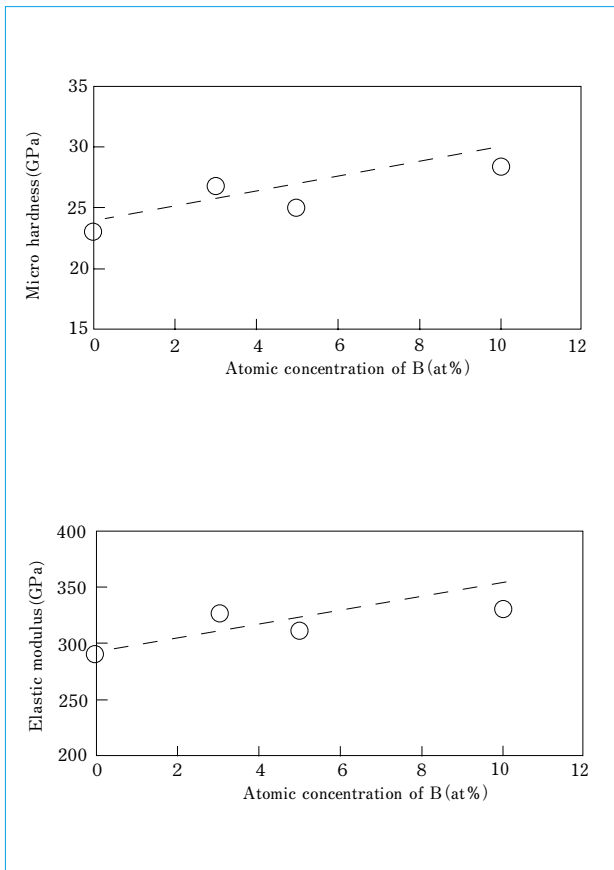


図6 TiNおよびTi-B-N被膜の硬さと弾性率
Relationship between atomic concentration of B and microhardness, elastic modulus of TiN and Ti-B-N coatings

3.2 Ti-B-N被膜の機械的性質

図6に、被膜の微小硬さおよび弾性率を示す。微小硬さおよび弾性率ともに、B添加量に比例して増加している。

また、図7に、Ti-B-N被膜の密着力を示す。被膜の密着力はスクラッチ試験において被膜が完全剥離開始する際の負荷荷重(臨界荷重)を求めることで評価した。Ti-B-N被膜の密着力は、B添加量が増加すると低下する傾向を示している。

3.3 Ti-B-N被膜の摩擦特性

図8に、TiNおよびTi-5 at%B-N被膜の摺動距離と摩擦係数の関係を示す。摺動条件は、負荷荷重5 N、摺動速度2 cm/sである。各被膜の摩擦係数は摺動距離2 mまでは約0.2を示しているが、TiN被膜の摩擦係数はその後増加して摺動距離4 mで約0.8を示している。一方、Ti-5 at%B-N被膜の摩擦係数は、摺動距離10 mまで約0.2を示している。このことから、(111)配向制御TiN被膜の摩擦特性はB添加によって改善可能であることが明らかになった。そこで、種々の摺動条件において、B添加量と被膜の摩擦特性について調査した。

図9に、Ti-3 at%B-N、Ti-5 at%B-NおよびTi-10 at%B-N被膜の摺動距離と摩擦係数の関係を示す。摺動条件は負荷荷重1, 5, 10 Nおよび摺動速度0.2, 2, 20 cm/sである。図9から分かるように、すべての摺動条件において、Ti-3 at%B-N、Ti-5 at%B-NおよびTi-10 at%B-N被膜は摺動距離10 mまで約0.2の低い摩擦係数を維持している。以上の結果から、(111)配向制御TiN被膜の摩擦特性は、B添加量3~10 at%Bの範囲で同様に著しく改善されることが分かる。

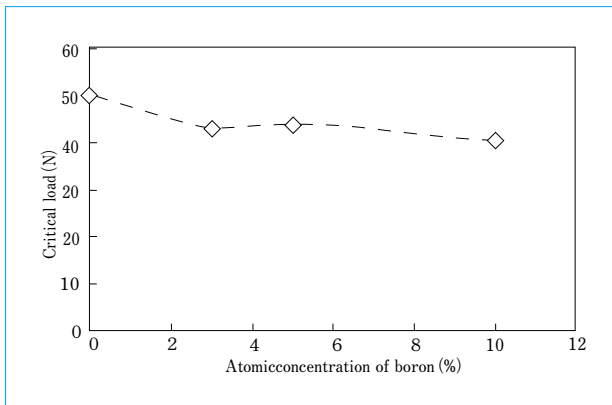


図7 TiNおよびTi-B-N被膜の密着力
Scratch test results for Ti-B-N coatings

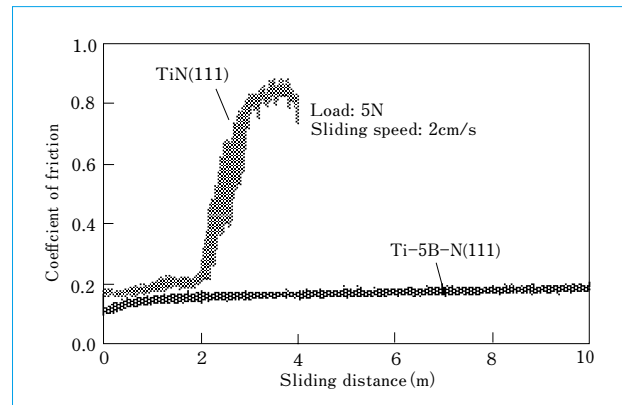


図8 TiN(111)とTi-5B-N(111)の摩擦係数
The effect of B addition to TiN(111) on coefficients of friction

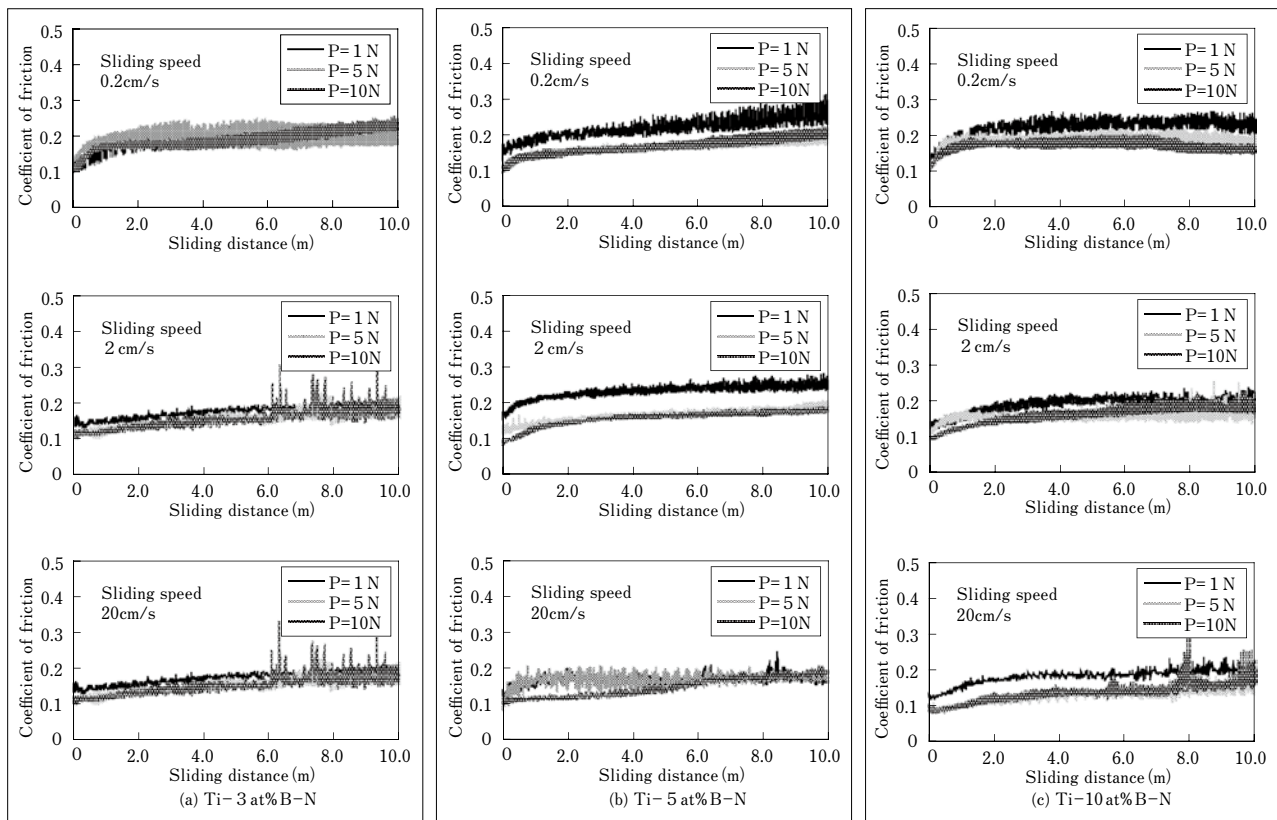


図9 各摺動条件におけるTi-3at%B-N、Ti-5at%B-NおよびTi-10at%B-N被膜の摩擦係数
Coefficients of friction as function of sliding distance (a)Ti-3at%B-N, (b)Ti-5at%B-N, (c)Ti-10at%B-N

4 考察

Ti-B-N被膜が鉄鋼材料に対して低い摩擦係数を示すメカニズムを調査するべく、低摩擦係数を示したSUJ2ボール材およびTi-B-N被膜の摩耗痕をAESにより定性分析した。その結果、SUJ2ボール側摩耗痕からはSUJ2の主成分Fe以外にTiとOが検出されたが、Ti-B-N側からは主成分以外の元素は検出されなかった。したがって、SUJ2側摩耗痕におけるTiとOの分布をAES面分析で調査した。

図10に、Ti-3at%B-N、Ti-5at%B-NおよびTi-10at%B-N被膜に対して約0.2の低い摩擦係数を示したときのSUJ2ボール材の摩耗痕のSEM像およびTiとOの分布を示す。SEM像から、いずれの摩耗痕においても、表面に薄い灰黒

色の付着物層が認められる。さらに、TiとOの分布はこの付着物層に一致しており、SUJ2ボール摩耗痕部にTi酸化物が存在していることが分かる。

(111)配向制御TiN被膜の摩擦係数の低下は、相手材摩耗痕に生成した潤滑性を持つ酸素欠損型Ti酸化物によるもので、低い摩擦係数を得るには、このTi酸化物層が維持されなければならないことが報告されている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。Ti-B-N被膜でも、同様に図9に示すように、Ti酸化物層が認められる。したがって、Ti-B-N被膜においても、同様に相手材摩耗痕にTi酸化物が生成することにより摩擦係数が低減すると考えられる。

B添加で摩擦特性が改善されたのはTi-B-N被膜にBが侵入型原子として存在することで(111)面間隔が広がり、TiN被膜より(111)面からTi原子が離脱しやすくなることなどによる

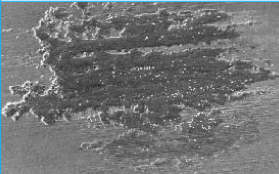
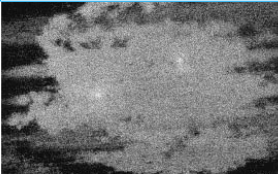
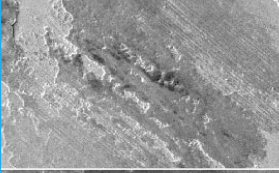
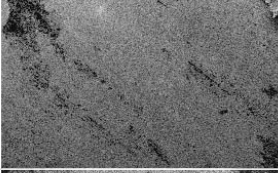
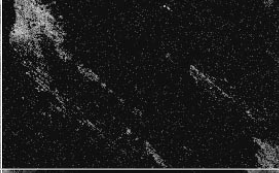
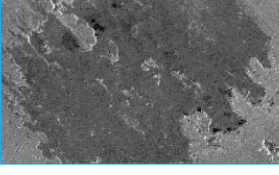
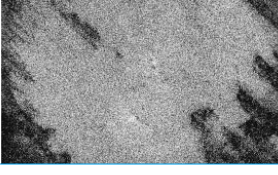
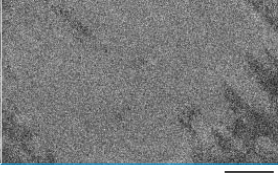
Coatings	SEM	Ti	Fe	O
Ti-3 at% B-N				
Ti-5 at% B-N				
Ti-10 at% B-N				

図 10 負荷荷重 5 N, 摺動速度 2 cm/s で低い摩擦係数 (約 0.2) を示したときの SUJ 2 ボール 摩耗痕の AES 分析結果。摺動距離 7 m。
Auger map for worn flat surfaces of SUJ 2 balls slid against Ti-3 at% B-N, Ti-5 at% B-N and Ti-10 at% B-N. Load 5 N, sliding speed 2 cm/s, sliding distance 7 m. Friction coefficients are about 0.2.

20 μm

ものと推察される。また、低摩擦を示しているときの摩耗痕の半径は 80~100 μm であり、ヘルツの接触半径とほぼ一致している。これは、Ti-B-N 被膜が高い面圧下でもドライで低い摩擦係数を維持可能であることを示している。

5 むすび

低摩擦、耐摩耗の両方の特性を持つ (111) 配向制御 TiN 被膜の摩擦特性の更なる改善に、第 3 元素 B を添加し、その摩擦特性を調査した結果、次のことが明らかになった。

- (1) (111) 配向制御 TiN 被膜の摩擦特性は、B 添加により改善され、Ti-3 at% B-N, Ti-5 at% B-N, Ti-10 at% B-N 被膜は本研究のすべての摺動条件で約 0.2 の低い摩擦係数を示した。
- (2) (111) 配向制御 Ti-B-N 被膜の低い摩擦係数は、相手材接触部に生成した潤滑性を持つ Ti 酸化物によるものである。
- (3) B 添加により TiB₂ や BN などの相を生成せず、(111) 配向した TiN 結晶格子が維持された。B は、侵入型原子として添加されたと推察される。
- (4) 低摩擦を示しているときの摩耗痕の半径はヘルツの接触半径とほぼ一致しており、Ti-B-N 被膜が高い面圧下でも低い摩擦係数を維持可能である。

この低摩擦 Ti-B-N 被膜はプラスチック射出成形機可塑化部材への適用を検討しており、現在、社内耐久試験での評価が終了し、フィールドでの性能確認を行う予定である。

(参考文献)

- (1) H. Mori, H. Tachikawa. Increased adhesion of diamond-like carbon-Si coatings and its tribological properties. Surface and Coating Technology, 149, 2002, p. 225-230.
- (2) Chun-Chin Chen, Franklin Chau-Nan Hong. Interfacial studies for improving the adhesion of diamond-like carbon films on steel. Applied Surface Science, 243, 2005, p. 296-303.
- (3) 馬淵豊, 奥田紗知子. 表面を造る 水素フリー DLC 膜による超低フリクション化技術—エンジンバルブリフタへの適用. 自動車技術, vol. 62,

no. 4, 2008, p. 44~48.

- (4) M. Stoiber, E. Badisch, C. Lugmair, C. Mitterer. Low-friction TiN coatings deposited by PACVD. Surf. Coat. Technol. 163-164, 2003, p. 451-456.
- (5) U. Helmersson, J. E. Sundergen, J. E. Greene. Microstructure evolution in TiN films reactively sputter deposited on multiphase substrates. J. Vac. Sci. Technol. A4, 1986, p. 500-503.
- (6) A. Bendavid, P. J. Martin, R. P. Netterfeld and T. J. Kinder. The properties of TiN films by filtered arc evaporation. Surf. Coat. Technol. 70, 1994, p. 97-106.
- (7) A. Azushima, Y. Tanno, H. Iwata, K. Aoki. Coefficients of friction of TiN coatings with preferred grain orientations under dry condition. Wear 265, 2008, p. 1017-1022.
- (8) Yasuo Tanno, Akira Azushima, Effect of counter materials on coefficients of friction of TiN coatings with preferred grain orientations. Wear 266, 2009, p. 1178-1184.
- (9) 小豆島明, 丹野康雄, グィンティヴィン, 服部広行. AIP による配向制御した Ti-N-B 硬質被膜のドライ条件下におけるトライボロジ特性. 日本機械学会, 2006 年度年次大会講演論文集, no. 06-1, 2006, p. 417~418.

住友重機械技報技術分類総目次

(第161号～第170号 2006年8月～2009年8月)

題 名	号	頁	執 筆
変減速機・インバータ			
中型直交ギヤモータ ライタックス減速機	161	53	PTC事業部
アステロ®直交ギヤヘッド	162	56	PTC事業部
クーリングタワー用減速機 低騒音SFCシリーズ	162	57	PTC事業部
ハイボニック減速機®NEOシリーズ容量拡大	164	37	PTC事業部
ハイボイドギヤの歯当たり解析	168	1	PTC事業部
ビルトイン型ダイレクトドライブモータの開発	168	5	PTC事業部
精密制御用サイクロ®減速機 F4C-Dシリーズの開発	168	9	PTC事業部
精密制御用サイクロ®減速機 F1C-Eシリーズの開発	168	11	PTC事業部
モータの高効率法規制の現状と動向	168	13	PTC事業部
精密制御用サイクロ®減速機 センターホロー形減速機	168	15	PTC事業部
精密制御用減速機 IBシリーズP100	168	16	PTC事業部
パラマックス®一段形減速機 SPAシリーズ	168	18	PTC事業部
コンベヤ用減速機 パラマックス9000シリーズ	170	28	PTC事業部
プラスチック加工機械			
高応答サーボ技術の射出成形機への適用	161	1	プラスチック機械事業部
射出成形機の型締力フィードバック制御技術	161	5	プラスチック機械事業部
DVD-Videoディスクハイスサイクル成形技術の開発	161	9	プラスチック機械事業部
微細転写成形技術の開発	161	13	プラスチック機械事業部
画像処理によるモールドデポジット定量評価	161	17	プラスチック機械事業部
高性能全電動射出成形機 SE-DUシリーズの開発	161	21	プラスチック機械事業部
全電動中型射出成形機 SE-HD/HSシリーズの開発	161	25	プラスチック機械事業部
ハイブリッド射出成形機 PET4000HYの開発	161	29	プラスチック機械事業部
コンパクト射出成形機 SVC50の開発	161	33	プラスチック機械事業部
微細転写領域における樹脂流動解析	168	19	技術本部
インプリントおよびAMOTECによる微細転写性評価	168	23	技術本部
局所温調技術を適用した微細転写成形法	168	27	技術本部
電子機械			
ダブルパルス固体レーザアニーリング技術の液晶・半導体への適用	162	1	技術本部
リニアモータとボールネジの駆動特性評価	162	23	メカトロニクス事業部
液晶製造装置用大型汎用ステージ	162	44	メカトロニクス事業部
圧縮成形装置 SY-COMPの開発	162	45	メカトロニクス事業部
新型半導体モールド装置 SXシリーズ	162	49	メカトロニクス事業部
エネルギー・環境			
熱天秤による都市ごみの熱分解速度の測定	161	37	技術本部
一般廃棄物の熱分解に関する実験的研究	161	41	技術本部
熱分解ガス中油分の捕集・再生特性	161	45	技術本部
下水発生汚泥量抑制プロセス	162	53	技術本部
新エネルギー燃料焚き循環流動層ボイラの運転事例	167	1	エネルギー環境事業部
ロータリーキルンを用いた金属回収	167	5	エネルギー環境事業部
高速凝集沈殿装置 スミシックナー®	167	9	住友重機械エンバイロメント株式会社
UASB系排水処理システム	167	13	住友重機械エンバイロメント株式会社
高負荷対応のメタン発酵システムの検討	167	17	住友重機械エンバイロメント株式会社
メンブレンパイプ式超微細気泡散気装置	167	21	住友重機械エンバイロメント株式会社
噴射式揚砂機 スミジェッターの最適化	167	25	住友重機械エンバイロメント株式会社
下水汚泥脱水機用スクリュープレスの開発	167	29	住友重機械エンバイロメント株式会社

題 名	号	頁	執 筆
量子機器・精密機器・極低温装置			
重粒子線がん治療装置用小型入射器の開発	162	7	量子機器事業部
理研中間段リングサイクロトロンの高周波システム	162	11	量子機器事業部
カセット方式FDG合成装置(F200)の開発	162	15	量子機器事業部
[11C]メチオニン合成装置の開発	162	19	量子機器事業部
超小型PETサイクロトロン制御系の開発	162	27	量子機器事業部
RPD法によるZnO成膜技術	162	29	量子機器事業部
RPD法によるSiON成膜技術	162	31	量子機器事業部
RI製造システムCYPRIS [®] HM-7	162	39	量子機器事業部
自動品質管理装置 Q200	162	40	量子機器事業部
新型ホットセル	162	41	量子機器事業部
イオンビームスキャニング電源	162	42	量子機器事業部
クラスタ式RPD成膜装置	162	43	量子機器事業部
衛星搭載クライオスタートの軌道上実績	162	44	量子機器事業部
アンパイヤリング／バイリング用リフティングマグネット装置	162	55	量子機器事業部
水素高排気速度タイプクライオポンプの開発	167	35	精密機器事業部
太陽電池用成膜装置	167	43	量子機器事業部
低振動パルスチューブ冷凍機の開発	170	29	技術本部
アークイオンプレーティングで成膜した低摩擦Ti-B-N被膜	170	33	技術本部
制御システム			
モーションコントローラ MC78Lite	161	54	メカトロニクス事業部
テンションコントロールシステムの開発	162	33	メカトロニクス事業部
高周波PWMドライバ SDPDの開発	162	35	メカトロニクス事業部
サーボドライバ GS-200の開発	162	37	メカトロニクス事業部
多軸サーボアンプ MD-100シリーズ	168	17	メカトロニクス事業部
物流・パーキングシステム			
スミパークグラウンドの開発	170	19	ロジスティクス&パーキングシステム事業部
Roll-MESによるロール加工の最適化	170	21	ロジスティクス&パーキングシステム事業部
通信販売業界における統合WMS	170	23	ロジスティクス&パーキングシステム事業部
鍛圧機械・工作機械			
最近の鍛造プレスの動向	164	1	住友重機械テクノフォート株式会社
最新のクランクシャフトライン	164	5	住友重機械テクノフォート株式会社
コンパクト鍛造プレス	164	9	住友重機械テクノフォート株式会社
6軸超高压発生装置	164	10	住友重機械テクノフォート株式会社
超精密平面研削盤 KSXの平面生成とクラウニング	164	13	住友重機械ファインテック株式会社
FCS型クーラント処理装置の開発	164	19	住友重機械ファインテック株式会社
テーブル固定立軸円テーブル形平面研削盤 SVR70Fの開発	164	23	住友重機械ファインテック株式会社
研削クーラントの汚染度とワーク表面品位との相関研究	164	25	住友重機械ファインテック株式会社
クーラント浄化装置(FSU)の開発	167	41	住友重機械ファインテック株式会社
運搬荷役機械			
トランスファークレーン用ハイブリッド電源装置の開発	170	1	住友重機械エンジニアリングサービス株式会社
世界最大級ゴライアスクレーンの強度検討	170	5	住友重機械エンジニアリングサービス株式会社
大型クレーンの風洞試験	170	9	住友重機械エンジニアリングサービス株式会社
レードルクレーンフックの最適化	170	17	住友重機械エンジニアリングサービス株式会社
400tジブクレーン	170	27	住友重機械エンジニアリングサービス株式会社

題 名	号	頁	執 筆
船舶・海洋機器			
制約充足手法を用いた造船日程の最適化	161	49	技術本部
船用高効率プロペラ(NBSプロペラ)の性能	168	35	住友重機械マリンエンジニアリング株式会社
化学機械			
チリ向け大型コークドラムの設計・施工	164	29	鉄構・機器事業部
建設機械・フォークリフト			
油圧ショベル SH200-5 SH240-5	162	58	住友建機株式会社
LPG低排気ガスシステム	164	38	住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社
油圧ショベルの省エネ油圧制御	167	39	住友建機株式会社
油圧ショベル SH120-5	167	44	住友建機株式会社
油圧ショベル SH75 125 135 225-3B	167	45	住友建機株式会社
油圧ショベル SH330-5 SH350HD-5	167	46	住友建機株式会社
フォークリフト用低排出ガスのガソリン・LPGエンジンシステム	167	47	住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社
LEDライトシステム	168	39	住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社
バッテリー式フォークリフトの電気消費量推測	170	13	住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社
フォークリフトの技術動向	170	25	住友ナコ マテリアル ハンドリング株式会社
その他			
タービン起動時の熱応力解析	164	33	新日本造機株式会社
携帯3社に対応したsMobile(エスモバイル)	164	35	株式会社ライトウェル
くりこみ群分子動力学法の開発	168	31	技術本部

住友重機械技報第170号発行に当たり

住友重機械技報第170号をお届け致します。

本誌は、当社が常々ご指導頂いている方々へ、最近の新製品、新技術をご紹介申し上げ、より一層のご理解とご協力を頂くよう編集したものです。

本誌の内容につきましては、さらに充実するよう努めたいと考えますが、なにとぞご批判賜りたく、今後ともよろしくご支援下さるよう、お願い申し上げます。

なお、貴組織名、ご担当部署などについては正確を期していますが、それらの変更がございましたら裏面の用紙にご記入の上、FAXでお知らせ頂きたいようお願い申し上げます。また、読後感や不備な点を簡単に裏面用紙にご記入願えれば幸いに存じます。

2009年8月

〒141-6025 東京都品川区大崎2丁目1番1号 (ThinkPark Tower)

住友重機械工業株式会社

技術本部 技報編集事務局

(宛先)	(発信元)
住友重機械工業(株) 技術本部 技報編集事務局 行 FAX 横須賀 046 - 869 - 2355	貴組織名 担当部署 氏 名 TEL No. FAX No.

住友重機械技報第170号の送付先の確認と読後感などの件		
送付先変更	(旧送付先)	(新送付先)
	送付番号 _____	送付番号 _____
	組織名称 _____	組織名称 _____
	担当部署 _____ ➡	担当部署 _____
	所在地 _____ 〒 _____	所在地 _____ 〒 _____
新規送付先	新しい部署ができた場合ご記入下さい。	
	組織名称 _____	
	担当部署 _____	
	所在地 _____ 〒 _____	必要部数 _____ 部
	本号の読後感について	1. 本号で、一番関心を持たれた記事は。
●論文・報告の中では _____		
●技術解説の中では _____		
●新製品紹介の中では _____		
2. 本号を読まれたご感想をお知らせ下さい。(○印でご記入下さい。)		
1 興味深かった 2 特に興味なし		
その理由をお聞かせ下さい。		

主要営業品目

変減速機、インバータ

●機械式減速機：[同心軸]サイクロ減速機,サイクロギヤモーターアルタックス,精密制御用サイクロ減速機,プレストギヤモータ,コンパワー遊星歯車減速機,[平行軸]パラマックス減速機,ヘリカルバディボックス,[直交軸]パラマックス減速機,ハイボニック減速機,アステロ直交ギヤヘッド,ベベルバディボックス,ライタックス減速機,HEDCON ウォーム減速機,小形ウォーム減速機　●変速機:[機械式変速機]バイエル無段変速機,バイエル・サイクロ可変減速機,[電気式変速機]インバータ,インバータ搭載ギヤモータ,サーボドライブ,DCドライブ
サイクロ,アルタックス, コンパワー, パラマックス, バディボックス, ハイボニック減速機,アステロ,ライタックス,HEDCON,バイエルおよびバイエル・サイクロは,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

プラスチック加工機械

●プラスチック加工機械：射出成形機,射出吹込成形機,ディスク成形機,セラミックス成形機　●フィルム加工機：押出機,フィルム製造装置,ラミネート装置　●IC 封止プレス　●ガラスプレス　●成形システム・金型:射出成形用金型,PET システム,インジェクションフロー成形システム,インモールドラベリング成形システム

レーザ加工システム

●レーザドリル装置　●レーザアニーリング装置　●YAG レーザと加工システム　●エキシマレーザと加工システム

半導体・液晶関連機器

●イオン注入装置　●放射光リング・AURORA,放射光ビームライン　●成膜装置：(液晶フラットパネル用) プラズマ薄膜形成システム　●精密位置決め装置 XY ステージ　●モーションコーポネント　●ライン駆動用制御システム　●マイクロマシン　●レーザアニーリング装置　●半導体封止装置　●ウエハ研削装置
AURORA は,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

環境施設

●環境・エネルギー関連プラント:都市ごみ焼却施設,リサイクル施設,流動層ガス化溶融炉,産業用廃棄物処理施設　●大気関連プラント:電気集塵装置,灰処理装置,乾式脱硫・脱硝装置　●水関連プラント:上水処理施設,下水処理施設,浸出水処理施設　●産業廃水処理装置

加速器、医療機器、精密機器、極低温機器、超電導磁石

●イオン加速器：サイクロトロン,ライナック,シンクロトロン　●電子線照射装置　●医療機器：PET診断用サイクロトロン・CYPRIS,標識化合物合成装置,がん治療用陽子サイクロトロン,治療照射装置
●冷凍機：パルスチューブ冷凍機,4KGM 冷凍機,スターリング冷凍機,クライオポンプ用冷凍機,MRI 用冷凍機　●人工衛星搭載観測装置冷却システム　●超電導磁石：ヘリウムフリー超電導マグネット
CYPRIS は,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

事業所

本社	〒 141-6025	東京都品川区大崎2丁目1番1号 (ThinkPark Tower)	技術開発センター	〒 237-8555	神奈川県横浜須賀市夏島町19番地
関西支社	〒 541-0041	大阪市中央区北浜4丁目7番26号 (住友ビル 2 号館)	技術開発センター (田　無)	〒 188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号
中部支社	〒 461-0005	名古屋市東区東桜1丁目10番24号 (栄大野ビル)			
九州支社	〒 810-0801	福岡市博多区中洲5丁目6番20号 (明治安田生命福岡ビル)			
田無製造所	〒 188-8585	東京都西東京市谷戸町2丁目1番1号			
千葉製造所	〒 263-0001	千葉市稲毛区長沼原町731番地1			
横須賀製造所	〒 237-8555	神奈川県横浜須賀市夏島町19番地			
名古屋製造所	〒 474-8501	愛知県大府市朝日町6丁目1番地			
岡山製造所	〒 713-8501	岡山県倉敷市玉島乙島新湊 8230 番地			
愛媛製造所					本号に関するお問い合わせは、技術本部技報編集事務局(電話番号は下記)宛お願い致します。
新居浜工場	〒 792-8588	愛媛県新居浜市惣開町5番2号			
西条工場	〒 799-1393	愛媛県西条市今在家1501番地			住友重機械工業株式会社のホームページ http://www.shi.co.jp/

物流・パーキングシステム

●自動倉庫システム　●高速自動仕分システム　●FMS/FA システム　●無人搬送システム　●機械式駐車場　●動く歩道

金属加工機械

●鍛圧機械：フォージングプレス,油圧プレス,フォージングロール,超高圧発生装置　●工作機械,クーラント処理装置　●SPS(放電プラズマ焼結機)

運搬荷役機械

連続式アンローダ,港湾荷役クレーン(コンテナクレーン,タイヤマウント式ジブクレーン,タイヤマウント式 LLC),トランスファクレーン,ジブクレーン,ゴライアスクレーン,天井クレーン,製鋼クレーン,自動クレーン,ヤード機器 (スタッカ,リクレーマ,スタッカ／リクレーマ),シップローダ,ベルトコンベアおよびコンベアシステム,リフティングマグネット装置

船舶海洋

●船舶：油槽船,撒積運搬船,鉾石運搬船,鉾油兼用船,コンテナ船,自動車運搬船,LPG 船,LNG 船,カーフェリー,ラッシュ船,作業船,大型洋式帆船,巡視船,他　●海洋構造物：海洋石油生産関連構造物,浮体式防災基地,浮体式海釣施設,その他海洋構造物　●海洋開発機器：各種ブイ,船用環境機器

インフラ整備関連

●橋梁：一般橋,長大橋　●海洋・港湾構造物：沈埋函,ケーソン
化学機械、プラント

●一般プラント：紙・パルプ製造装置,化学装置,原子力装置　●発電設備：循環流動層ボイラ　●圧力容器：リアクタ,塔,槽,熱交換器　●攪拌混合システム：マックスブレンド攪拌槽,スーパーブレンド (同心 2 軸型攪拌槽),バイボラック (横型 2 軸反応装置)
マックスブレンドおよびバイボラックは,住友重機械工業株式会社の登録商標です。

建設機械、フォークリフト

油圧式ショベル,移動式環境保全およびリサイクル機械,杭打機,道路舗装機械,フォークリフト

タービン、ポンプ

蒸気タービン,プロセスポンプ

その他

航空用機器,精密鋳鍛造品,防衛装備品(各種機関銃,機関砲およびシステム)

※ 文章中のソフトウェア等の商標表示は、省略しております。

技報編集委員

委　員	渡　辺　哲　郎 石　塚　正　之 平　田　徹 梅　田　健太郎 伊　藤　亮　平 西　原　秀　司 北　野　修　一 浅　井　一　浩 川　井　浩　生 池　田　浩　茂 乃　美　和　博	委　員	木　村　一　博 天　野　光　昭 村　良　幸 江　川　健 誉　田　学 村　野　賢 市　原　浩 久　保　一 日　南　隆 井　手　敦 史 事務局	技術本部
-----	---	-----	--	------

住友重機械技報

第170号　非売品

2009年8月10日印刷　8月20日発行

住友重機械工業株式会社

〒 141-6025　東京都品川区大崎2丁目1番1号
(ThinkPark Tower)

お問い合わせ電話　横須賀 046-869-2302

発行人　吉井明彦

無断転載・複製を禁ず　©