

加工機械特集

論文・報告	最近の鍛造プレスの動向	平石研二, 香川智章	1
	最新のクランクシャフトライン	近藤剛一	5
新製品紹介	コンパクト鍛造プレス		9
	6軸超高压発生装置		10
会社紹介	住友重機械テクノフォート株式会社		11
論文・報告	超精密平面研削盤 KSXの平面生成とクラウニング	市原浩一	13
	FCS型クーラント処理装置の開発	大兼久 満	19
技術解説	テーブル固定立軸円テーブル形平面研削盤 SVR70Fの開発	古川竜治	23
	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	西澤信也, 藤田能裕	25
会社紹介	住友重機械ファインテック株式会社		27

論文・報告

	チリ向け大型コークドラムの設計・施工	村上拓史	29
--	--------------------	------	----

技術解説

	タービン起動時の熱応力解析	井手紀彦	33
	携帯3社に対応したsMobile(エスマバイル)	原田 寛, 中田 誠, 田坂暢子	35

新製品紹介

	ハイポニック減速機□NEOシリーズ容量拡大		37
	LPG低排気ガスシステム		38

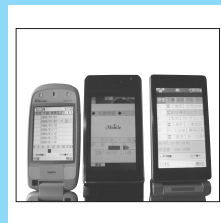
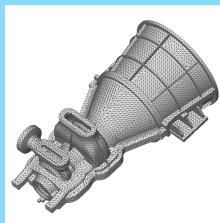
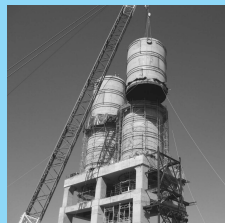
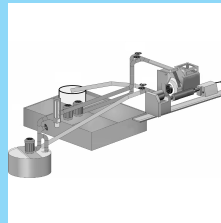
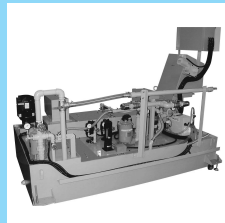
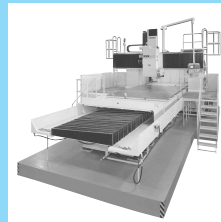
Sumitomo Heavy Industries Technical Review

No. **164** 2007
Special Section
of Forging Press & Machine Tool

Special Section of Forging Press & Machine Tool

T/PAPER	Recent Trend of Forging Press	Kenj HIRAISHI, Toshiaki KAGAWA	1
	The Latest Crankshaft Line	Koichi KONDO	5
NEW PRODUCT	Compact Forging Press		9
	6 Axes Ultra High Pressure Generating Device		10
C/PROFILE	Sumitomo Heavy Industries Techno-Fort Co., Ltd.		11
T/PAPER	Super Precision Surface Grinding Technique in KSX	Kouichi ICHIHARA	13
	Development of FCS Type Coolant Separator	Mitsuru OOKANEKU	19
T/INVITATION	Development of Vertical Rotary Surface Grinder SVR70F	Ryuji KOGAWA	23
	Study on Relationships between Surface Quality and Contamination in Grinding Fluid	Shinya NISHIZAWA, Yoshihiro FUJITA	25
C/PROFILE	Sumitomo Heavy Industries Finetech. Ltd.		27
T/PAPER			
	Design and Construction of Large Coke Drum for Chile	Takushi MURAKAMI	29
T/INVITATION			
	Heat Transfer and Stress of Steam Turbine	Norihiko IDE	33
	sMobile Adapted to Three Cell Phone Carriers	Hiroshi HARADA, Makoto NAKATA, Nobuko TASAKA	35
NEW PRODUCT			
	HYPONIC Gear Motor [□] NEO Series Input Power Expansion		37
	LPG Low Exhaust Emission System		38

加工機械特集



最近の鍛造プレスの動向

Recent Trend of Forging Press

●平石 研 二* 香川 智 章*
Kenji HIRAISHI Toshiaki KAGAWA



最新の制御方式によるi-Tr@ansferTMおよびi-H@ndTMを装備した20000 kN自動鍛造プレス
20000 kN automatic forging press with i-Tr@ansferTM and i-H@ndTM

近年、日系自動車メーカーおよびサプライヤの海外増産と新たな海外拠点への進出により、鍛圧機械の需要も大きく増加することが期待される。このような状況のなかで、鍛造プレス機械の自動化、省力化、多品種少量生産システム化さらには作業環境の改善といった課題に種々の発展、改善がなされており、鍛造プレス業界は着実な進歩を遂げている。

住友重機械テクノフォート株式会社は熱・温間鍛造分野でこれらの課題に積極的に取り組み、数多くの実績を培ってきた。

本報では最近の開発事例として、^a熱・温間鍛造製品の高精度化システム、^b省エネルギーおよび作業環境改善を目指した中・大型鍛造プレス用湿式クラッチ・ブレーキ、^c多品種・少量生産化への適用を図ったユニークな自動搬送装置であるトランスファフィーダならびにチャージ装置について紹介する。

In recent years, the demand of forging facility is expected to grow to large extent along with the expansion of production bases in Japanese automobile makers and parts suppliers. Under such circumstances, the forging press industry is making steady progress, with various developments and improvements to meet diverse requirements, such as the automation of forging press machines, energy saving, the development of diverse-kind and small-quantity production systems and improvement in working conditions. Sumitomo Heavy Industries Techno-Fort Co., Ltd. has tackled these tasks and recorded numerous successes. This paper introduces latest developments such as, 1) high accuracy production system in hot and warm forging, 2) hydraulic clutch and brake for middle-to-large size forging press to attain energy saving and better working condition and 3) unique automatic handling system, i.e., transfer feeder and charging device designed to apply for diverse-kind and small-quantity production. They have all been utilized for commercial production and been highly evaluated by the customers.

キーワード：湿式クラッチ・ブレーキ，チャージ装置，トランスファフィーダ

1 まえがき

鍛造業界は、自動車産業の発展とともに急激な成長を見えてきた。図1^aに示すように、1975年には700万台であった自動車の国内生産台数は15年後の1990年には1300万台と2倍近くの大きな伸びを示した。その後国内生産台数は減少後横ばい状態を推移しているものの、近年では海外生産台数が

大きく伸びており、この傾向は今後も続くものと予想される。特に、日系自動車メーカーおよびサプライヤの海外増産と新たな海外拠点への進出により、鍛圧機械の海外需要も大きく増加することが期待される。

このような状況のなかで、鍛造プレス機械の自動化、省力化および高速化技術は自覚ましい発展を遂げている。多品種少量生産に対応した柔軟性のある生産システム化、さらには

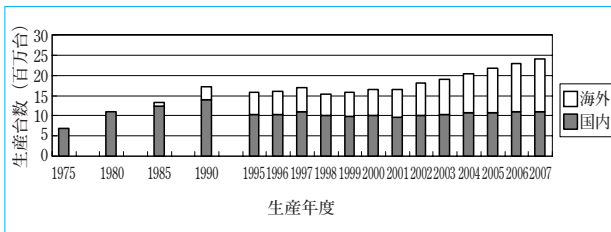


図1 日本メーカーの自動車生産台数
Number of production by Japanese automobile makers

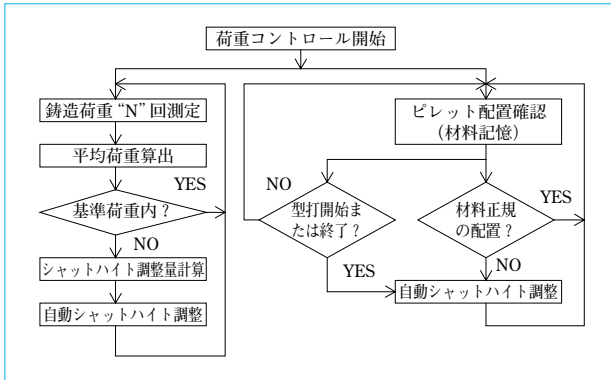


図2 荷重コントロールシステムの動作のフロー
Flow of load control system

騒音・振動などの作業環境の改善といった課題にも種々の発展、改善がなされており、着実な進歩を遂げている。これら鍛造設備の技術的発展は、ユーザ側の設備導入における最終目標である「鍛造品のコスト低減」および「鍛造品の高付加価値化」という要求に生産性向上の面から取り組んできた結果である。住友重機械テクノフォート株式会社 (STF) は熱間および温間鍛造の分野でこれらの課題に取り組む、数多くの実績を培ってきた。ここでは、最近の熱・温間鍛造設備の開発動向について紹介する。

2 熱間鍛造の高精度鍛造システム

熱・温間鍛造は冷間鍛造に比べ材料の変形抵抗が小さく成形性に優れているが、高温、酸化スケールおよび金型潤滑剤が及ぼす悪影響により鍛造精度は劣っている。また、特に自動搬送鍛造プレスの場合、型打ち条件の変化により製品精度にばらつきが生じるケースが多いのが実態である。しかしながら、熱・温間鍛造においても従来からニアネットシェイプ化および寸法・重量の均一化という質的向上に取り組んでいる。ここで紹介する荷重コントロールシステムは、そのなかでも特に高精度を要求されるコネクティンロッドに対応するべく開発されたものである。

本システムは、高速・高精度シャットハイト調整装置と鍛造時の荷重を計測する荷重測定装置および常に材料の位置を監視する材料記憶制御から構成されており、次の二つの自動制御を行い、製品厚み・重量精度を大幅に向上させている。

- ae, 自動鍛造プレスの場合、通常は複数工程が同時に型打される。したがって、型打ち始め・型打ち終了時さらには歯抜け時には定常の型打ち条件とは異なることから、その荷重変動によるフレームの伸び量変化が製品の厚みおよび重量精度に大きく影響する。本システムでは、常

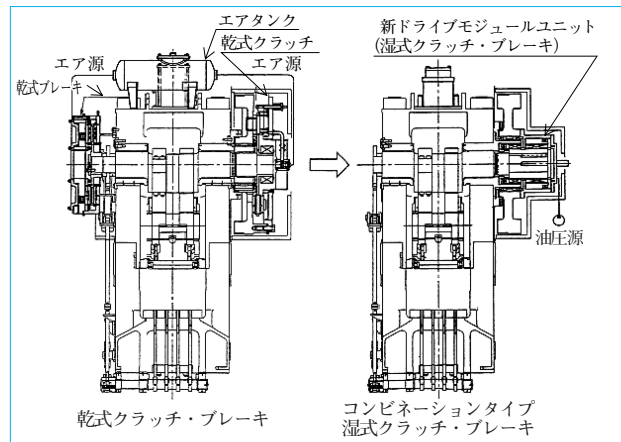


図3 クラッチ・ブレーキ構造の比較
Comparison between dry and wet type clutch and brake

時材料の位置を記憶し、定常時と異なった条件の場合は自動でシャットハイト調整を行い、常に一定の荷重が作用するようなコントロールを可能とした。

- ae,, また、温・熱間鍛造の場合、長時間連続運転すると金型、ダイホルダおよびプレス構成部品の熱影響により上下金型間寸法および鍛造荷重も徐々に変化し、製品厚み・重量に影響を及ぼす。本システムでは型打ち中の荷重値を常に監視し、基準荷重を外れるとシャットハイト自動調整を行うことにより、所定の荷重範囲内での型打ちを可能とした。

図2に、荷重コントロールシステムの動作フローを示す。

3 省エネルギーおよび環境改善

従来、能力が5000 kN位までの小型プレスでは駆動機構に湿式クラッチ・ブレーキが一部採用されている。ただし、能力10000 kN以上の中・大型鍛造プレスでは、その機械運動部のエネルギーが急激に大きくなることにより、トルクおよび熱容量の問題からその実用化には至っておらず、乾式タイプのクラッチ・ブレーキを使用している。乾式タイプのものは、湿式タイプに比べ、

- ae, 作動時の騒音および振動が大きい
- ae,, ライニングの寿命が短い
- ae" エアを消費することから、ランニングコストが増加する

などのデメリットがあった。

STFでは、高負荷タイプの中・大型プレス用コンビネーションタイプの湿式クラッチ・ブレーキを開発し、実用化に成功した。(特許申請中。商標 i-Cl@B[®]) 図3に、従来の乾式タイプとの構造比較を示す。

本開発における特記事項を次に示す。

- ae, トルク伝達性能および冷却性能の両方が成立するように考慮した油溝をライニング表面に加工した。
- ae,, 比例電磁リリーフ弁を採用し、中・大型プレスでも着脱時の油圧を段階的に調整可能なシステムとした。
- ae" 大流量を流せるロータリージョイント (回転継手) が市販になかったことから、特殊な継手を製作した。
- ae» 軸側からの強制循環を図り、ライニング冷却性能をアップさせた。



図4 湿式クラッチ・ブレーキ (i-Cl@BTM) を装備した16000kN鍛造プレス
16000kN forging press with wet type clutch and brake (i-Cl@BTM)

なお、本開発に当たっては、STF所有の16000 kNプレスへテスト用湿式クラッチ・ブレーキを組み込み、実機とほぼ同じ稼働条件で、その各部温度の測定および潤滑油量の最適条件設定などを行い評価した。

本開発より次の結果が得られ、既に16000 kNプレスへ適用し顧客に高い評価を得ている (図4)。

ae, クラッチ・ブレーキ作動時の騒音

93~100 dB (乾式) → 80~82 dB

ae,, ライニング寿命

約3~5年 (乾式)

→約20年 (現状稼働状況でのライニング磨耗量からの推定値)

本コンビネーションタイプの湿式クラッチ・ブレーキは30000 kNクラスまでのプレスに適用可能であり、16000 kNプレスでの実績をベースに拡販中である。

4 多品種・少量生産化への適用

近年の鍛造業界におけるプレス機械への要求は、二極化の傾向がみられる。1台のプレスで多品種少量生産を行う汎用性を重視した多機能化の流れと対象製品を限定した専用機化の流れである。いずれの場合も各ユーザの独自戦略のもとに方向性が決められており、各ユーザおよび設備メーカーがそれぞれの立場から様々な開発・改良に取り組んでいる。

ここでは、多品種小ロットに対応して開発された最近の事例に関してその構造・特徴および適用例を説明する。

4.1 チャージ装置

チャージ装置は素材をプレス内に搬送する装置であるが、

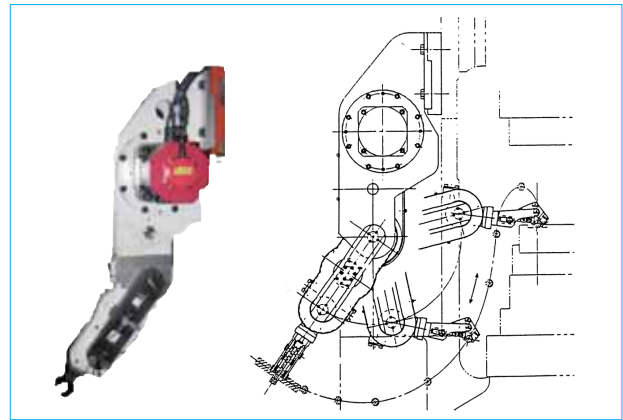


図5 ACサーボモータ駆動2節リンク式チャージ装置 (i-H@ndTM)
Charging device with two links driven by AC serve motor (i-H@ndTM)

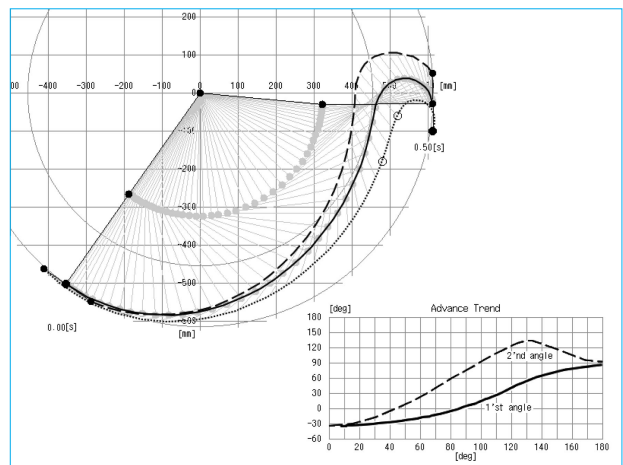


図6 チャージ装置動作パターンの編集画面例
Sample of control panel for charging motion pattern

ae, 温・熱間鍛造では素材が高温であることへの対策

ae,, スケールや金型潤滑剤の影響を受けにくい構造であること

ae'' 型替え時に素材サイズの変更に伴うアタッチメントなど交換部品の共用化および交換の容易さ

などが要求されており、高速での確実な運転にも、シンプルな構造が要求されてきた。

ただし、1台のプレスで縦打ち・横打ちの両方を行う場合、素材の姿勢を切り換えてプレス内に搬送する必要があり、この要求にこたえたチャージ装置も古くから実用化されているが、いずれも非常に複雑な構造となっており、上記要求とは相反するものとなっていた。ここでは、その問題を大きく解消し、搬送速度および操作性の向上をも狙って開発されたACサーボモータ駆動2節リンク式チャージ装置 (STF特許。商標 i-H@ndTM) を、図5に示す^{ae,,}。

このチャージ装置は素材を掴んで搬送する爪部 (縦打ち・横打ち兼用であることから、爪を90°反転する機構内蔵) およびリンク部から成り、ヒータから送られてくる素材を掴み、記憶された軌跡を描きながら素材をプレス側に搬送することができるという特徴を持っており、数年前に開発され客先にも納入されてきた。ここで最近新たな制御方法を開発したことにより、搬送軌跡は素材形状や型打ち方式によりタッチパネル上で設定変更が可能で、スムーズで多彩な搬送動作を実

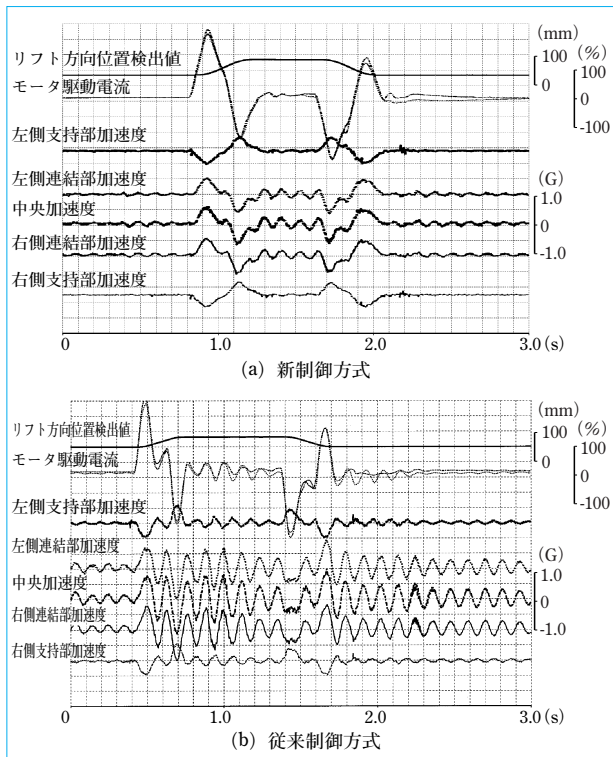


図7 フィードバー支持部の加速度比較
Acceleration comparison of support point for feed bar

現できるようになり操作性が大幅に向上した。図6に、動作パターンの編集画面例を示す。搬送軌跡上の通過点を2点ないし3点を指定すれば、サーボモータの消費電流ならびに平均トルクも最小になるような滑らかな動作パターンを自動的に生成する機能を新たに開発し標準装備した。同機能により、素材形状や型打方式が変更されても容易に動作パターンを編集することができ、現場での干渉チェックなどの微調整作業も円滑に行えるようになった。

本装置は16000 kN～30000 kNクラスに搭載可能であり、最大5 kgの材料を3秒サイクル以下にて搬送可能である。

4.2 ACサーボモータ駆動トランスファフィーダ

旧来はモータ駆動でカムを用いたメカニカルタイプが多く使用されていたが、多品種少量生産・柔軟性向上の観点からいろいろなタイプのトランスファフィーダが開発されてきた。近年では、ACサーボモータによる直接駆動方式が主流となっており、構造の簡素化が図れ、操作性およびフレキシビリティも大きく向上した。

ACサーボモータ式トランスファフィーダのストロークやタイミングはタッチパネルを用いて簡単に設定変更可能である。また、搬送条件を次のように選択可能とし、1台のプレスで幅広い対象製品を最適な条件で生産することができるという特徴を持つ²⁶⁾。

- ae, コンロッドのような薄物と等速ジョイントのような軸物でリフトストロークを切り換えて、薄物の場合は搬送速度を上げて生産するなど品番ごとに最適条件を設定、記憶し、容易に呼出しが可能である。
- ae,, 製品の形状および難易度によりアドバンスストロークの中間で停止時間を設け、金型潤滑時間を確保する。
- ae" 各ストロークのオフセット機能および微調整機能によ

り、作業時の調整が容易になる。

ae) トランスファおよびプレスともタイミングモードを切り換え、1台のプレスでトランスファマスタ方式とプレスマスタ方式の運転を行える。

a. P/M プレスマスタ方式

プレスは上死点で停止せず連続回転する。トランスファフィーダもプレスに同期しながら連続運転し製品を搬送する。主に、ギヤーなどの丸物生産に用いられる。

b. T/M トランスファマスタ方式

プレスは毎回上死点で停止する断続回転である。トランスファフィーダは連続運転を繰り返す。トランスファフィーダからの電気信号でプレスを起動する。丸物・薄物を問わず、幅広い製品に適する。

ただし、従来のACサーボモータ駆動トランスファフィーダの構造的な欠点として、駆動部ボックスが左右にそれぞれ配置されていることから、プレス入側および出側のスペースが制約され、製品搬送の設計自由度、特にチャージ装置の設計に制限を受けるという問題があった。STFではこの問題を解決し、さらにメンテナンス性、接近性および高速性をも大幅に向上させた前後分割型ACサーボモータ駆動トランスファフィーダ(特許出願中。商標 i-Tr@nsfer[®])を開発した。冒頭の写真はi-Tr@nsfer[®]を装備した20000 kN自動鍛造プレスの概観であり、本プレスには前述したi-H@nd[®]と組み合わせて使用されている。

本開発に当たっては、従来の制御方式に比べ(マイナス)20 dB (STF比)の制振作用を有する制御方式を新たに適用した。搬送動作中のフィードバーおよびフィードバー支持部の加速度比較を、図7に示す。図7□は新制御方式、図7□'は従来の制御方式による動作例である。従来の制御方式では高速運転時フィードバーの振動が大きく、安定搬送に支障をきたすケースがあったが、新制御方式によりその振動を効果的に抑制し、高速でも安定した搬送を可能とした。既に1台のプレスで縦、横打ちを兼用している前述の20000 kNプレス、および45000 kNプレスなどに搭載し、顧客に好評を得ている。

5 むすび

ae, 最近の温・熱間鍛造プレスに関する主な開発事例を紹介した。

ae,, 鍛造品のコストダウン・高速化・高精度化、省力化および鍛造作業環境の改善といった要求はゴールのない永遠の課題である。今後は鍛造品の複雑化(高付加価値化)なども加わり、一層の技術開発が期待されている。

今後もこれまでの開発実績をベースに鍛造機械メーカー側からの提案を積極的に行い、ユーザーと協力しながら理想的なプレス機械の実現に向けて取り組んでいきたい。

(参考文献)

- ae, 日本自動車工業会. 自動車統計月報. 自動車年鑑2006年—2007年版.
- ae,, 平石研二. 鍛造分科会. 第91回塑性加工学講座—鍛造加工の基礎と応用. p.143~157, July, 2003.
- ae" 平石研二. 鍛造分科会. 第76回研究集会—多品種少ロット鍛造への取り組み. p.35~44, Nov., 2003.

最新のクランクシャフトライン

The Latest Crankshaft Line

● 近藤 剛 一*
Koichi KONDO



図1 65000kN クランクシャフトライン
65000kN crankshaft line

近年自動車メーカーの海外展開に伴い、クランクシャフトの生産拠点多くも世界各地に展開する動きが活発になっている。そのようななか、クランク鍛造ラインに要求される能力・機能は高速で多様な製品を対象に含める場合、クランクシャフト以外の製品も対象とする場合および省スペースで限定した製品を対象とする場合、と多様化してきている。

住友重機械テクノフォート株式会社では、これらの要求にこたえ、この3年間に11台の各種のクランクシャフト鍛造プレスラインを製作している。ライン構成はプレス能力が45000 kNから65000 kN、生産速度が最高600個/時まで生産可能、またツイスタおよびコイニングプレスを設置した場合と、それぞれの生産条件に適合した鍛造ラインとなっている。

本報では、代表的な最新のクランクシャフト鍛造ラインの例と、それを構成する新しい要素技術を紹介する。

Along with the recent expansion to overseas markets by Japanese automobile manufacturers, an increasing number of production bases for crankshafts are being built in many areas worldwide. Under these circumstances, the capacities and functions required for crank forging lines have been diversified, such as the ability to forge various products at high speed, the ability to forge products other than crankshafts, and the ability to forge limited-production items in a small space. Over the last 3 years, Sumitomo Heavy Industries Techno-Fort Co., Ltd. has manufactured 11 crankshaft-forging press lines of different kinds in response to such demands. The features of the supplied lines are 1) the main press with the capacity of 45000kN to 65000kN, 2) the productivity of maximum 600 pieces per hour and 3) the in-line twister and coining presses, which are designed suited to each production condition. This report explains the representative examples of the latest crankshaft forging lines and the new elemental technologies adopted for them.

キーワード：自動車エンジン、クランクシャフト、鍛造プレスライン、ツイスト&コイニングプレス、トランスファフィーダ

1 まえがき

近年、自動車エンジンの小型化・高性能化に伴うクランクシャフトの鍛造化が全世界的に進んでいる。その鍛造品の比率は1990年頃には日本で50%強、欧州で50%弱、米国で数%であったが、その後拡大基調が続き、2008年には日本80%、欧州65%、米国55%に達する見通しである^①。

こうしたなかで、住友機械テクノフォート株式会社 (STF) はこの3年の間に11台 (日本4台、欧州1台、米国2台、

韓国2台および中国2台) のクランクシャフト鍛造用プレスラインを納入、または製作中である。

ライン構成は、プレス能力が45000 kNから65000 kNのもの、生産速度が最高600個/時まで生産可能なもの、またツイスタおよびコイニングプレスを設置したものと、それぞれの生産条件に適合したものとなっている。

次に、最新のクランクシャフト鍛造ラインの例と、それを構成する新しい要素技術例を紹介する。

表1 65000 kN 自動鍛造プレスの主要仕様
Major specifications of automatic forging press

型式	TFPA-6500	
加圧能力	65000 kN	
シャットハイト	1600 mm	
ストローク	520 mm	
ストローク速度	36 spm	
スライド調整量	10 mm	
ベッド左右寸法	2000 mm	
電動機	400 kW	
トランスファ フィーダ	送りストローク	360 mm
	掴みストローク	片側 120 mm
	持上げストローク	110 mm
	工程数	4
	ストローク数	最大 15 spm

表2 4000 kN 自動ツイスト&コイニングプレスの主要仕様
Major specifications of automatic twisting & coining press

型式	TW/CP2-400	
加圧能力	4000 kN	
シャットハイト	1620 mm	
ストローク	500 mm	
ツイスト角度	最大	65 度
ツイストトルク	片側	36 kN・m
ベッド左右寸法	2400 mm	
トランスファ フィーダ	送りストローク	750 mm
	掴みストローク	片側 100 mm
	持上げストローク	100 mm
	工程数	3
	ストローク数	最大 15 spm

2 ライン構成例

図1に、最も種々のクランクシャフトを生産対象とする代表的ラインを示す。このラインは直列クランクシャフトを最高450個/時およびV6、V8クランクシャフトを最高400個/時で生産する能力を持ち、プレス内の搬送は専用のトランスファフィーダで、また材料供給プレス間の搬送および製品取出しは汎用ロボットにより製品を自動搬送する。オペレータは、運転中大型打ち状況や各装置の動きを監視していて、アラーム発生時にその復帰操作を行うだけである。

本ラインの主機65000 kN鍛造プレスは、「つぶし」、「荒打ち」、「仕上打ち」および「バリ抜き」の4工程を持ち、製品は1個飛びに送られる。後工程にある4000 kNツイスト&コイニングプレスは、V型クランクシャフトのピン配列を行うツイスト工程と、製品精度を矯正する二つのコイニング工程の3工程を持っている。ツイスト&コイニングプレスについては、製品は連続して送られ、トランスファフィーダの爪によりツイスト後コイニング方向に合わせて回転の姿勢を変える。

本ラインのプレスおよびトランスファフィーダは、次の特徴を持っている。

2.1 65000kN自動鍛造プレス

表1に、その主要仕様を示す。

インダクションヒータで加熱された素材は、ロボットによりチャージ装置上に供給されて、プレス内に送られた後は、トランスファフィーダにて「掴み」、「持上げ」および「送り」の3次元動作により、各工程へ自動搬送される。

送られた素材の型打ちが終了し、スライドが上昇すると、スライドと機械的に連動して動く移動式スプレー装置により、自動的に金型の冷却および潤滑が行われる。

バリ抜き後、下金型上にある製品はトランスファフィーダにて、プレス出側ディスクチャージ装置によりプレス外へ搬送される。ディスクチャージ装置上の製品は、プレス間ロボットにより、次工程のツイスト&コイニングプレスのチャージ装置上に置かれる。一方、バリはトランスファフィーダの次サイクル時に取り出され、バリコンベヤを経てパレットに排出される。次に、鍛造プレス本体の主な特徴を述べる。

2.1.1 高剛性で、信頼性の高いフレーム[※]

クランクシャフト鍛造用に、特に剛性を高めた特殊タイプで、フレームは鋳鋼製3分割構造とし、強力なタイロッドで焼締めし、フレームに圧縮応力を与える構造となっている。

フレームの強度は、有限要素法による解析（応力・変位）と、油圧ジャッキを使用して各部の応力の実測確認により、信頼性の高いフレームとなっている。

2.1.2 高い製品精度を実現するスライド構造[※]

大きな偏芯荷重に耐えるべく、コンロッド幅は汎用機より大きくなっている。

長物品の鍛造にとって重要である前後方向の製品精度向上を図るべく、スライドは鋳鋼製エクステンションテール付きとし、Xタイプスライドガイドを採用している。

油圧モータで駆動されるウェッジ式スライド調整装置により設定された値に自動調整されるなど、操作性を高めている。

2.1.3 高い耐久性と信頼性

鍛造プレスの心臓部であるエキセントリックシャフトに対し、十分な剛性と強度を与えるべく、ジャーナル径は汎用機より太いものとしている。

ロックアウト装置はベッドおよびスライドともカム式で、応答性の良いタイムドロックアウト方式を採用しているのので、信頼性に優れている。

2.2 4000 kNツイスト&コイニングプレス

表2に、その主要仕様を示す。

ツイスト&コイニングプレスに運ばれた製品は、鍛造プレスと同様にチャージ装置、トランスファフィーダおよびディスクチャージ装置によって自動搬送される。

ツイスト&コイニングプレスは、「ツイスト」、「コイニング1」および「コイニング2」の3工程を持っている。ツイスト成形が必要でない製品は、ツイスト工程にアイドル台を設け、設定されたモードによりプレスはツイストモーションをすることなく、次工程のコイニング工程に運ばれ、コイニング成形後搬出される。次に、本プレスの特徴を述べる。

2.2.1 高い生産性

ツイスト成形と2工程のコイニング成形を同時に1台のプレスで行うことを可能としたコンパインタイプのプレスとすることで、V型クランクシャフトを9秒サイクルで生産する高生産性と、省スペースを実現している。

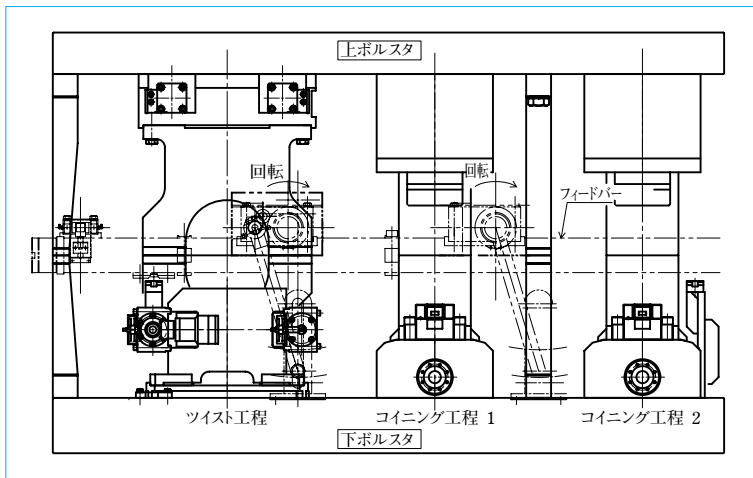


図2 ツイスト&コイニングプレス用ボルスタ
Bolsters of twisting & coining press

鍛造プレスと同様にボルスタとフィードバーをQDC (Quick-Die-Change) 装置により、10分以内で交換可能であり、段取り時間の短縮を図っている。交換時のボルスタとフィードバーを、図2に示す。

2.2.2 信頼性と操作性の高いプレス構造

加圧用のメインシリンダ、2個の引戻しシリンダおよびツイスト専用のツイストシリンダは、それぞれクラウン上に固定されていて、ポンプとバルブブロック間の距離を短くすることで、油圧駆動系の信頼性を高めている。

過大な偏芯荷重の発生を防止するべく、各工程別の設定荷重に従った加圧完了圧力を検出し、加圧を完了させている。また、スライド左右の傾きが規定値以上になった場合に異常を検出し、スライドを停止させる制御を行っている。

2.2.3 容易な精度調整

ツイスト角度はあらかじめ設定された値に自動調整するとともに、その変更操作は操作盤からの遠隔制御としている。

各コイニング工程には、下金型取付け高さをハンドル操作で調整するウェッジ調整機構を設けている。

2.3 トランスファフィーダ

それぞれのプレス内の製品搬送を行うトランスファフィーダの構造を、図3に示す。

「掴み」、「持上げ」および「送り」の3次元動作を、各々単独のACサーボモータで行う駆動ユニットを、プレス左右の搬送ラインより上に取り付けた、6軸上部懸架式トランスファフィーダであり、次の特長を持っている。

2.3.1 高速安定性と高い耐久性

トランスファ単体では、最高30 spmを実現している。

各軸ともボールネジ、リニヤガイドを使用した直動式の高剛性シンプルデザインとしている。

上部懸架式でボックス内にすべての駆動およびガイド部を収納し、搬送ラインには摺動部がなく、鍛造スケールなどの影響を受けにくく、高い耐久性を持っている。

2.3.2 高い操作性

操作盤上のタッチパネルにより、各ストロークおよび速度変更を容易に行うことができる。

品番に合った各ストローク、タイミングおよび速度はあらかじめ記憶され、品番を呼び出すことで自動的に設定される。99品番の設定が可能である。

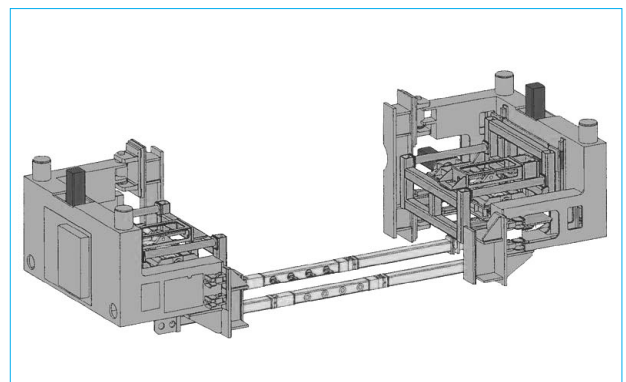


図3 トランスファフィーダ
Transfer feeder

フィードバー位置のオフセット、微調整機能を持っている。

2.3.3 高い安全性

通常運転の負荷状態を記憶し、異物をクランプした場合は異常負荷と見なす過負荷検出を行っている。

左右の同期を確実にするべく、左右のサーボモータの位相差を常時監視している。

外部負荷に対する保護として、固定フィードバージョイント部に機械式オーバーロードプロテクタを装備している。

3 新しい要素技術

新しい二つの要素技術について述べる。

3.1 高サイクル鍛造に対応する金型潤滑装置

複雑で深いインプレッションを持つクランクシャフトの鍛造を高サイクルで実施するには、効率の良い金型冷却と金型潤滑液の塗布および金型内の鍛造スケール除去が必要である。6秒サイクルの生産を可能にしたスライド連動の移動式スプレー装置の特徴を次に示す。その構造を、図4に示す。

ae, スプレーヘッドは中央にエアブロー専用ノズルを設け、金型内に残ったスケールおよび金型潤滑液を効率よく吹き飛ばすことができる。その両サイドには金型潤滑液とエアを混合し吹き付けるノズルを設け、金型インプレッション部を均一にカバーしている。(スプレーヘッド構造はSTF特許)

ae,, 吹付け時、金型長手方向にノズルを往復運動させるこ

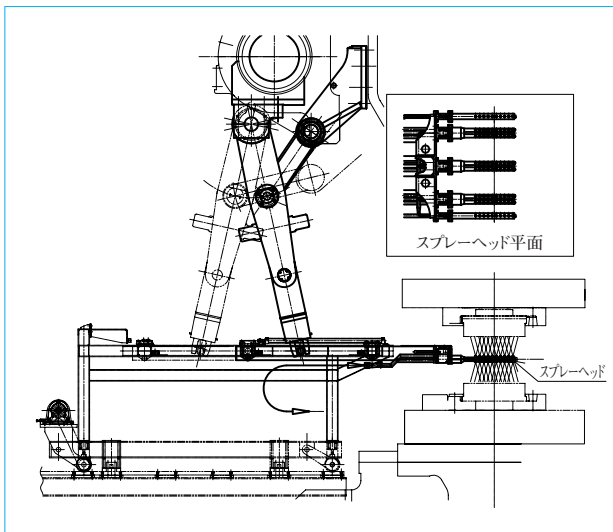


図4 移動式スプレー装置
Movable spraying type die lubricator

とで、特に型彫りの深いカウンタウェイト部にも均一に金型潤滑液を塗布している。

- ae” スライド部はスプレーヘッドと合わせて軽量化を図り、駆動レバー部へ作用する負荷を軽減、レバー部は十分な剛性を持たせている。

3.2 モニタリングシステム

鍛造プレス内のトランスファフィーダによる製品の搬送は、従来、赤外線検知器によるミスフィード監視および搬送爪の動作検知によるミスクランプ監視を行っている。しかし、正確に金型インプレッション内に製品が収まったことを検出することは困難であった。特にトリミング工程では、製品が金型に正確な位置に収まらない状態でプレスすると、金型の破損につながる。この誤打ちが発生するとその処置に時間を要するとともに、金型の製作費用も高額となる。このことから、精度の高い監視装置を求める要求が高かった。

その要求にこたえて高速の画像センサによる監視装置を適用した例を、図5に紹介する。

検出の方法を次に示す。

- ae, 正常に運ばれた製品を画像センサで捕らえ、その限界位置を数箇所チェックバーにて設定する。
- ae,, 図に示すように製品の位置が正常範囲を超えて、チェックバーとラップするとNG信号を発する。
- ae” その判定を行うシャッタタイミングは、製品を金型上に卸し離れたタイミングで、トランスファフィーダから信号を送られる。
- ae» プレスはトランスファフィーダがアンクランプ動作完了近くのタイミングで起動することから、スライドが動き始めるまでの約100 msの間に判定を行い、NGの場合はプレス起動をキャンセルしプレスを停止させる。

4 むすび

- ae, 自動車メーカーの海外展開に伴い、クランクシャフトの生産拠点も世界各地に展開する動きが活発になっている。
- ae,, クランク鍛造ラインに要求される能力・機能は高速で

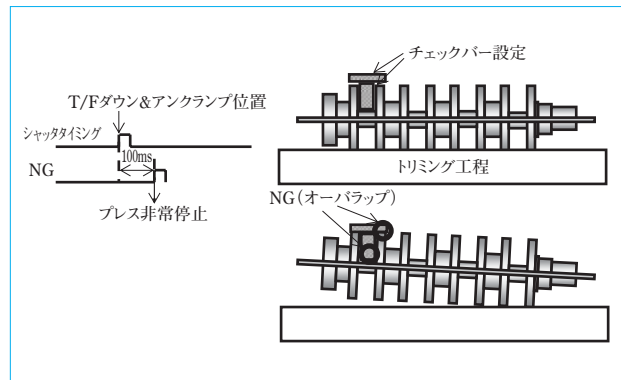


図5 モニタリングシステム
Monitoring system

多様な製品を対象に含めるもの、クランクシャフト以外の製品も対象とするものおよび省スペースで限定した製品を対象とするもの、と多様化している。本報では、これに対応した次の製品を紹介した。

- _ 各種のクランクシャフトを効率良く、高精度で生産する65000 kN自動鍛造ライン
- ’ 6秒サイクルの生産を可能にしたスライド連動式スプレー装置
- a 確実な監視を実現した画像センサによるプレス内搬送監視装置

今後、これまで培ってきた、信頼性のある大型鍛造プレス製作する技術および効率よく生産する自動化装置を製作してきた経験を生かし、さまざまなユーザの要求にこたえる、最適ラインの開発をさらに進めていきたい。

(参考文献)

- ae, 鉄鋼新聞. 2006年5月8日.
- ae,, 西川淳二, 川口猛, 尾崎豊, 近藤剛一. クランクシャフト用6000 tf自動プレスライン. 住友重機械技報, vol.37, no.110, p.48~52, 1989.

コンパクト鍛造プレス

Compact Forging Press



本機は、自動車メーカーがグローバルに展開していくために開発された鍛造プレスである。

既に、国内、海外の工場に納入され稼働している。

特 長

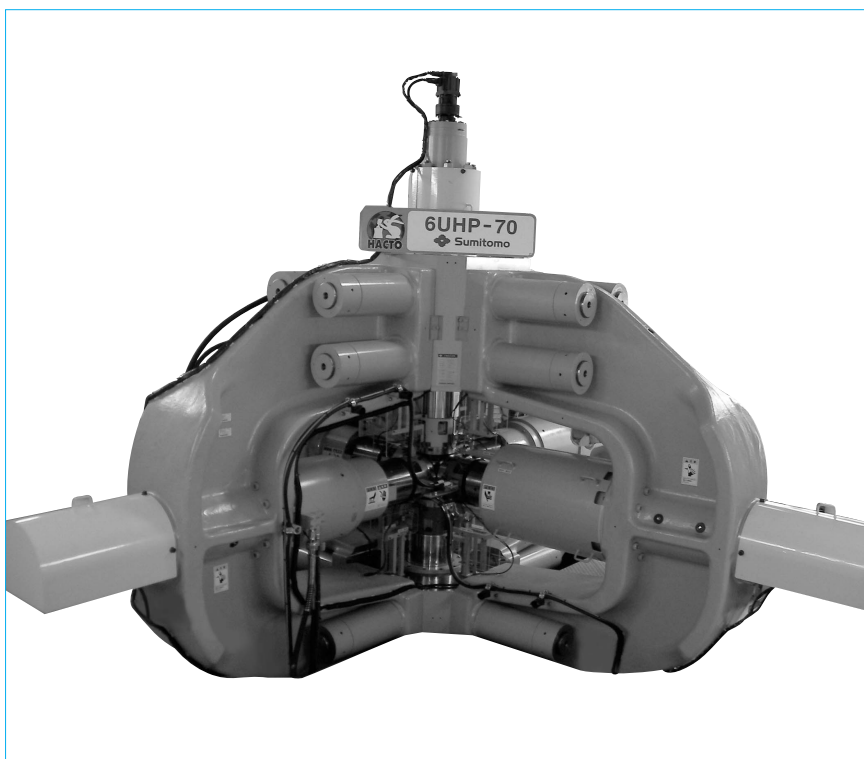
- ae, イニシャル設備コスト、重量および高さの圧縮、リードタイムの短縮を目標にした。
- ae,, 必要とする鍛造品を、必要な時に・必要な場所で・必要な量、生産できることを目標にした。
- ae" コンロッドレス構造の採用により、プレス高さ低減および低重心化を実現している。
- ae» 遊星減速機の採用により、駆動機構のコンパクト化およびクリーン化を実現している。
- ae... 湿式クラッチ・ブレーキおよび油圧バランスの採用により、低騒音・低振動化を図り、環境に配慮したプレスを実現している。
- ae% 構成部品点数の簡素化およびミニマム化により、保守・点検作業の容易化をめざした。

ae□ 部品の共通化およびユニット化により、シリーズ化を図った。

(住友重機械テクノフォート株式会社 西原 秀司)

6軸超高压発生装置

6 Axes Ultra High Pressure Generating Device



固体超高压発生装置は、超高压の擬似的静水圧力場を形成するものである。これにより地球深部の超高压高温下の条件を実現することが可能であり、地球内部構成物質の合成と物性測定に使用されている。これまでは1軸による超高压発生装置により実験が行われており、焼結ダイヤモンドアンビルを使用することで72万気圧程度まで圧力発生が可能となった。しかし、これまでの1軸による装置では、次の要因により、100万気圧を超える圧力場を形成することが困難と言われている。

- ae, 高負荷に伴う工具摩擦増大により不均等加圧となる。
- ae,, 高負荷による不均等加圧により、非常に脆い焼結ダイヤモンドアンビルが損傷する。

これを解消するべく、各軸独立駆動の6軸超高压発生装置を製作した。

主要仕様

- 全 長 6120 mm
- 全 幅 6120 mm

- 全 高 5500 mm
- フレーム 6分割タイロッド一体式
- 軸 数 6
- ストローク 200 mm
- 出力(油圧シリンダ) 6350 kN/1軸
- 出力(微小変位装置) 1000 kN/1軸

特 長

- ae, 従来設備における1軸加圧を、加圧6面体の各面をそれぞれ独立に加圧する6軸加圧とすることで、低圧から高压の全域において均一に加圧することが可能となった。
- ae,, 加圧装置に油圧シリンダとACサーボ駆動のボールねじを組み合わせることで、加圧面位置制御 $\pm 5 \mu\text{m}$ の微小変位の制御を可能とした。
- ae" 前述加圧装置を導入することにより、各軸の油圧による加圧制御のもとで位置制御を同時に行えることから、加圧6面体を均一に加圧できる。

(住友重機械テクノフォート株式会社 田幡 諭史)

COMPANY
PROFILE

住友重機械テクノフォート株式会社

Sumitomo Heavy Industries Techno-Fort Co., Ltd.

DATA

本 社	愛媛県新居浜市惣開町 5-2	び試運転。
設 立	2002年 6月 1日	従業員
資本金	4億8000万円	事業所
事 業	プレス機械、製鉄機械などの設計、製造、販売、改造、修理、点検および技術者・労働者派遣。	本社工場
	大型産業機械の委託製造、組立、据付けおよび	営業所
		資 格
		ISO 9001 (1999年) ISO 14001 (1999年)

オールトヨタ技術開発賞を受賞

2007年2月、住友重機械テクノフォート株式会社（STF）は、自動車トップメーカーのトヨタ自動車株式会社から「オールトヨタ技術開発賞」を設備部門で受賞した（図1）。



図1 オールトヨタ技術開発賞
Technology & Development Award
of TOYOTA MOTOR CORPORATION

この賞は、トヨタ自動車の世界数百の仕入れ先が取り組む新技術の開発のなかからとび抜けた開発成果を収めた企業がノミネートされ、選ばれるものであり、2006年度は6社が受賞した。

STFの受賞は、「コンパクト鍛造プレス」である。

トヨタ自動車のグローバル化・現地化戦略に参画

トヨタ自動車は、現在170以上の国に展開する「世界企業」である。進展に合わせ、「需要のある場所で生産する」という方針のもと、生産拠点も現地化を進め、27ヵ国/地域52拠点を数える。開発・設計から生産、販売・サービスまで、一貫したグローバル化と現地化を実現している。

自動車産業がグローバルに展開するには、世界のどこでも適正な品質と価格を維持、確保できるという生産システムを

確立しなければならない。なかでも「大量・集約生産」の鍛造ラインを少量でも適正な価格で生産できる「少量・現地生産」に転換することは不可欠であった。

生産の現地化に当たり、トヨタ自動車は設備の開発テーマとして「シンプル」、「スリム」および「コンパクト」の三つを設定した。「納期」、「大きさ」および「コスト」を半分にするというのが、STFに与えられた課題である。

STFとトヨタ自動車の合同開発プロジェクトチームが結成され、緊密なる連携のうえに開発が行われることになった。

開発では、従来の概念をゼロにして、絞り込んだ目標に向けてセグメントの再構築が徹底的に行われた。

最初に、開発機は製品ごとの専用鍛造ラインとし、限界まで金型サイズおよびダイセットサイズを小さくした。次に、鍛造プレスの基本仕様や構造に着目した。鍛造能力やスライドストロークの見直しから始まり、本体構造にまで踏み込んで行った。

従来の鍛造プレスは、エキセン軸の回転をコネクティングロッドおよびリストピンを介してスライドの往復運動に変えていたが、設備を大型にする最大要因であった。これを単純でコンパクトな駆動機構にすることにより、プレス高さや重量および納期を従来機に比べ1/2くらいまで低減した。

なお、コストもコンパクト化に伴い大幅に削減した。

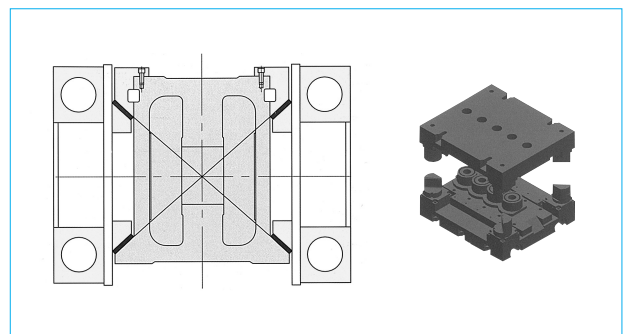


図2 Xタイプスライドガイド
X-type slide guide

鍛造プレスの雄として

住友重機械工業株式会社の鍛造プレス部門が本格的な鍛造プレスを自社開発で完成させたのは1967年のことである。

以来40年、1971年の自動プレスライン、同年の世界最大の鍛造プレスライン、1991年の世界初のツイスト&コイニング一体型プレス装備高速全自動鍛造プレスライン、1994年のプレスマスタ高速トランスファで世界最高速50 spm達成等々、「世界初」と「世界最大」の記録を続け、世界トップレベルの地歩を確たるものになっている。

2002年6月、鍛造プレス部門は住友重機械テクノフォート株式会社（STF）として独立した。「テクノフォート」とは「技術の砦」の意、40年にわたって蓄積した設計・製造技術をさらに発展させようとの気概を込めたものである。

鍛造プレスは、70%が自動車の重要部品製造に使われる。本報で、「クランクシャフトライン」の論文が掲載されている理由である。

業界への技術の波及

プレス業界のリーディングカンパニーのSTFは、多くの独創的技術で業界をリードしてきた。

本報に掲載の論文にその幾つかが紹介されているが、ここでは「Xタイプスライドガイド」について言及しておきたい。

従来、プレススライドは四隅の8ヶ所でガイドしてきた。この方法では温度の影響を受けやすい。STFが開発した方法では対角線のX字型でガイドする。こうすると、温度の影響を受けにくい。この方法は、現在ではSTFプレスの特徴の一つとして業界に認知され、定着している（図2）。

最高水準の製造設備

300 tの加工品用のプラノミラー（図3）、同じく300 tの加工品用の横中ぐり盤をはじめ、アルミ専用加工の横型マシニングセンターおよび立型マシニングセンター（最大幅3250 mm高さ1400 mm対応）など、最高レベルの設備を備える。

30%の生産性向上を目指しての5面加工機などの新設備導入、超大型加工を目指す高精度設備導入および高付加価値化を目指す高硬度深掘加工技術確立など、プレス事業の革新を進めている。

また、アルミ加工もアルミ高速高精度加工技術を確立することで、アルミ事業の拡大を急いでいる。

ISO9001およびISO14001を取得済みである。

知識創造の企業をめざす

住友重機械グループは、「一流商品で利益を上げ、世界市場で信頼を確実に獲得して行く」を経営の基本にしている。

その住友重機械グループの基幹企業の一つであるSTFについては、プレス事業の発展が不可欠である。そのためにも商品のモジュラー度を向上させ、安定性、操作性および保全性だけでなく、環境を重視し、さらに進化したプレスを開発し、幅広くお客様に提供していくことが必要である。

本報の論文で採り上げている、「湿式クラッチ・プレーキ」、「A Cサーボモータ駆動トランスファフィーダ」および「A

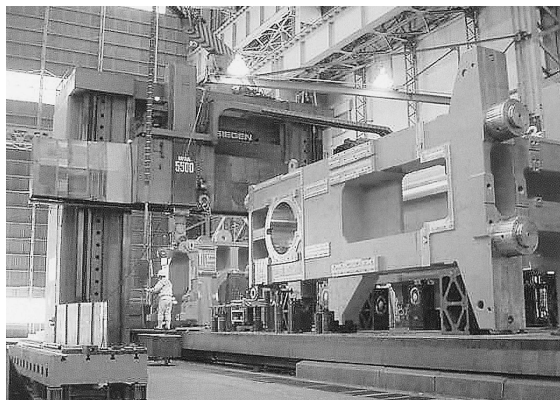


図3 プラノミラー
Planomiler

Cサーボモータ駆動2節リンク式チャージ装置」など、そして「コンパクト鍛造プレス」など、このモジュラー度向上に繋がるものといえる。

工業用途に期待される超高压技術

STFは、1975年に15000 t超高压発生装置を国立大学法人大阪大学に納入以来、そのニーズに合った研究用固体静的超高压発生装置を国内外の大学および研究機関に納入している（図4）。

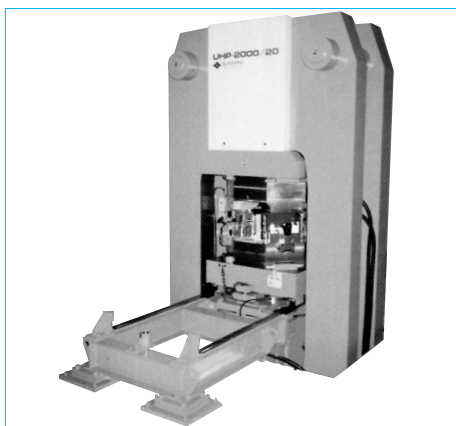


図4 超高压発生装置
Ultra pressure generating device

この分野の長高压発生装置の目的は、大きく分けて二つある。一つは地球深部の状態の解明、他の一つは新物質の合成である。

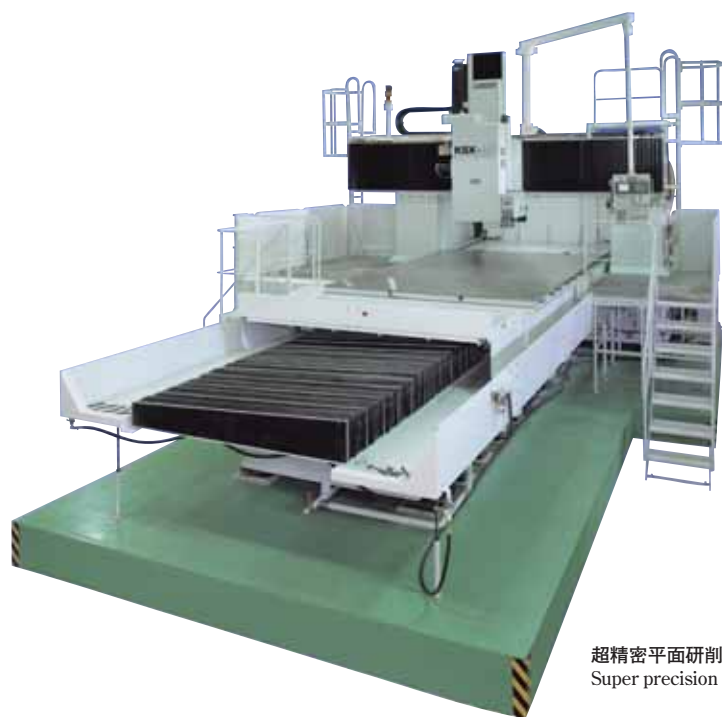
前者においては、放射光を利用した「その場観察」ができる装置をspring 8に、100万気圧を狙った超高压発生装置を、国内外の大学・研究所へ地球物理学分野の実験装置として納入している。後者においては、比較的低压（20万気圧程度）ではあるが高压空間のボリュームアップを要し、装置の大型化および高压発生時の短時間化が必要となる。これに応じて、STFは新たに（1.1.1）型6分割柱式超高压発生金型を開発、素材メーカーに納入し、評価を得ている。（技報編集事務局）

取材協力 取締役・開発部長 水野宗人
取締役・製造部長 高尾美好
取締役・業務部統括部長 渡邊純樹
編集委員 西原秀司

超精密平面研削盤 KSXの平面生成とクラウニング

Super Precision Surface Grinding Technique in KSX

●市原 浩一*
Kouichi ICHIHARA



超精密平面研削盤 KSX
Super precision surface grinding machine KSX

住友重機械ファインテック株式会社は大型門形平面研削盤のトップメーカーとして40年を超える製造実績を持ち、工作機械メーカーをはじめとして、液晶半導体装置メーカー、自動車業界および金型業界に多数納入している。近年液晶テレビに代表されるように、広範囲にわたる高い平面度を要求される部品が増加している。

本報では、広範囲の平面度を実現する大型平面研削盤の超精密平面加工技術について、KSX-2530に採用されている技術を織り込みながら紹介する。加工表面の断面形状の分析から平面度と機械の影響因子との関係を概観し、平面度の重要因子である送り直度およびワーク熱変形のメカニズムについて述べる。また、外観不良に影響しているびびり振動のメカニズムについて考察する。工作機械の案内面加工に重要なクラウニング性能についても紹介する。

Sumitomo Heavy Industries Finetech, Ltd. (FTEC) has been manufacturing large-sized double-column type surface grinding machines over 40 years as a leading company in this field. And FTEC's products have been favorably accepted and held in the highest regard by FTEC's customers like the machine tool manufacturers, equipment manufacturers for flat panel display devices, semiconductor, automobile and mold. Recently, the number of parts that require highly accurate flatness over large surface areas, such as flat panel display televisions, has been increasing. This report introduces super precision surface grinding technologies for large size surface grinding machines, while mentioning the technology adopted for KSX-2530. The mechanism of critical factors have been surveyed, such as the cross sectional shape, the straightness of motion, the thermal deformation of workpieces. Also chatter vibration effecting cosmetic defects is shown. Finally the performance of convex and concave curve grinding is reported, which is an important factor in grinding the guide surface of machine tools.

キーワード：クロスレール^{たわ}、撓み、クラウニング加工、熱変形、びびり振動

1 まえがき

住友重機械ファインテック株式会社 (FTEC) では1960年から大型門形平面研削盤の製造を開始し、国内では90%以上のシェアを持ち、工作機械メーカーおよび液晶半導体装置メーカー、自動車業界に500台を超える納入実績がある。工

作機メーカーでは、送り精度のキーコンポーネントであるベッド、クロスレールおよびラムなどの案内面の最終仕上げ用マザーマシンとして使用されている。また、近年のデジタル放送化を背景に大型液晶テレビの需要が高まり、これに使用されるガラス基板の大型化が進行している。この製造装置である露光装置の台座部品などの大型化により、加工する平面

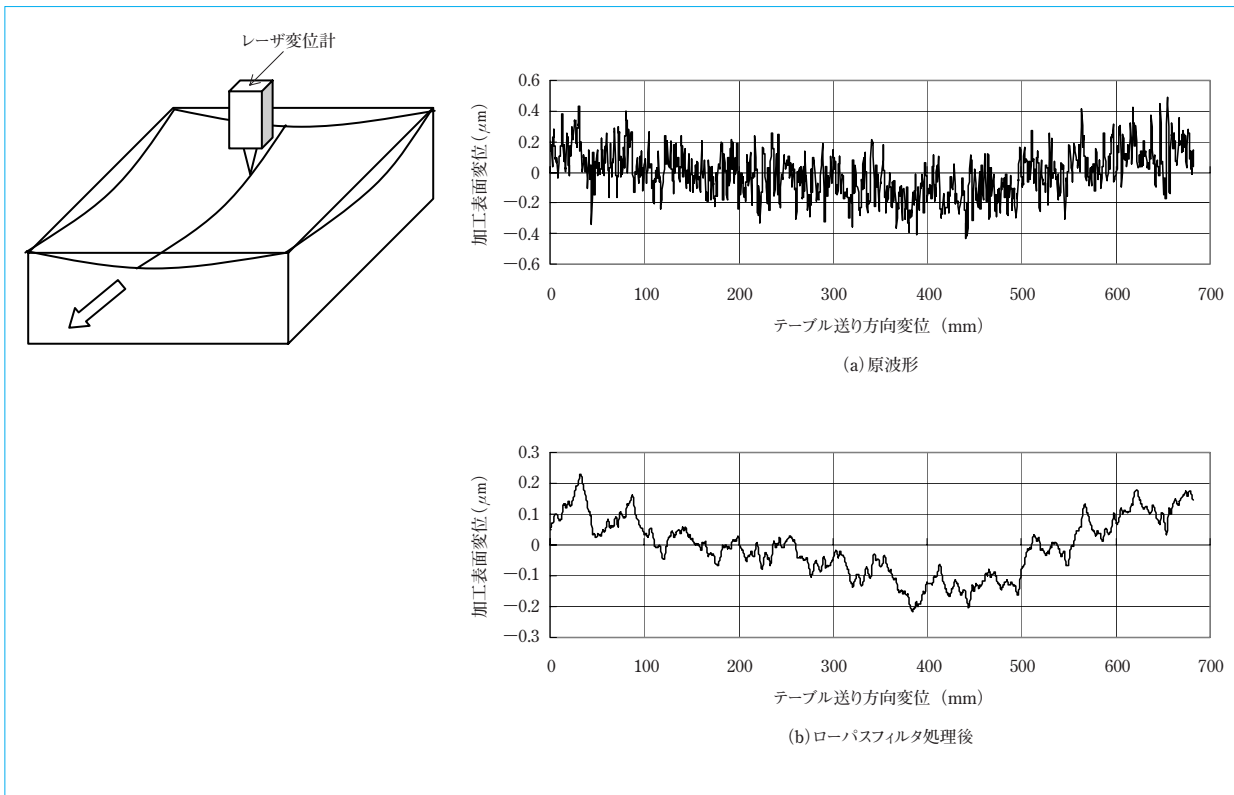


図1 表面断面形状
Sectional shape of ground surface

研削盤もワイドスパン傾向にあり、数 $\mu\text{m}/\square 3\text{m}$ と広範囲の高い平面度が要求されている。

本報では、広範囲の平面度を実現する大型平面研削盤の超精密平面加工技術について、平面精度の重要因子である送り精度、ワーク熱変形およびびびり振動を中心に、KSX-2530に採用されている技術を織り込みながら述べる。また、工作機械の案内面加工で重要なクラウニング性能についても紹介する。

2 超精密大形平面研削盤KSX-2530の特長

超精密大型平面研削盤KSX-2530は幅広かつ高精度が要求される平面研削用途向けに開発され、高剛性、高回転精度、高い送り真直度、高い熱的精度安定性および低振動特性を特長として高い平面度 ($5\mu\text{m}/\square 2\text{m}$ 以下) を実現している。

箱型リブ構造採用によりコラム、クロスレールの剛性を向上させ、砥石軸に油静圧軸受を採用し、ビルトインモータによるダイレクト駆動と砥石軸に内蔵した動バランスにより両振幅 $0.05\mu\text{m}$ 以下の回転精度を実現している。ベッドおよびクロスレールの案内面にはクラウニング加工を施し、自重および移動荷重の撓み量を補正し、さらにテーブル、サドルおよび摺動台の送り案内機構には対向リセス形の油静圧案内を標準装備し、油膜の平均化効果により案内面の表面粗さ、周期的なうねり変動成分を吸収して高い送り真直度を実現している。静圧案内、砥石軸の潤滑油および研削液は 0.1℃ 単位の高精度温度制御装置を装備して、研削液テーブル内部冷却、研削液のテーブル面内均一散布方式と併せ、機械本体とワークの熱変形を抑制して高い平面度を実現している。

表1 表面品質欠陥と影響因子
Defects of surface quality on flatness and effective factors

平面品質欠陥	欠陥モード	影響因子
面粗さ	表面粗さ	砥石粒度 砥石周速 ドレス条件
平面度不良 (幾何精度)	無周期うねり (低周波)	送り真直度 機械剛性 ワーク熱変形 機械熱変位
外観不良 (びびりマーク)	周期性うねり (高周波)	砥石振れまわり 機械振動

3 平面精度と影響因子

3.1 平面精度

平面研削盤の究極の目標は凹凸がなく真平な超平面であるが、実際は機械の送り精度、剛性、砥石の粒度、ドレス条件およびワーク材質などの各種要因により、理想平面からの誤差が生じる。図1□は、テーブル上に置いた研削後のワーク加工表面を砥石頭に設置したレーザ変位計にて、テーブル送り方向にスキャンしたときの表面の深さ変化の原波形の一例である。横軸は、テーブル速度から換算したテーブル方向の移動量である。この波形に対しローパスフィルタ処理を行って表面粗さ成分を除去した波形を、図1□に示す。V字形の真直度曲線の上に、数 10mm ピッチの周期性があるうねりが乗った波形となっている。一般的に、研削表面の断面形状は表面粗さと数 10mm ピッチの周期性うねりと平面度（幾何精度）に影響を与える周期性が低いうねりの三つの成分から構成されている。表1は、これら三つの成分に影響すると考えられている因子をリストアップしたものである。次に、各因子について述べる。

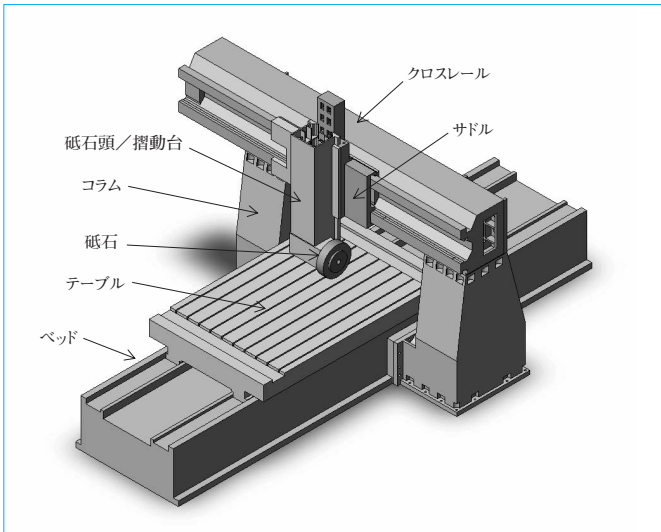


図2 門形平面研削盤の基本構造
Basic structure of double-column type surface grinding machine

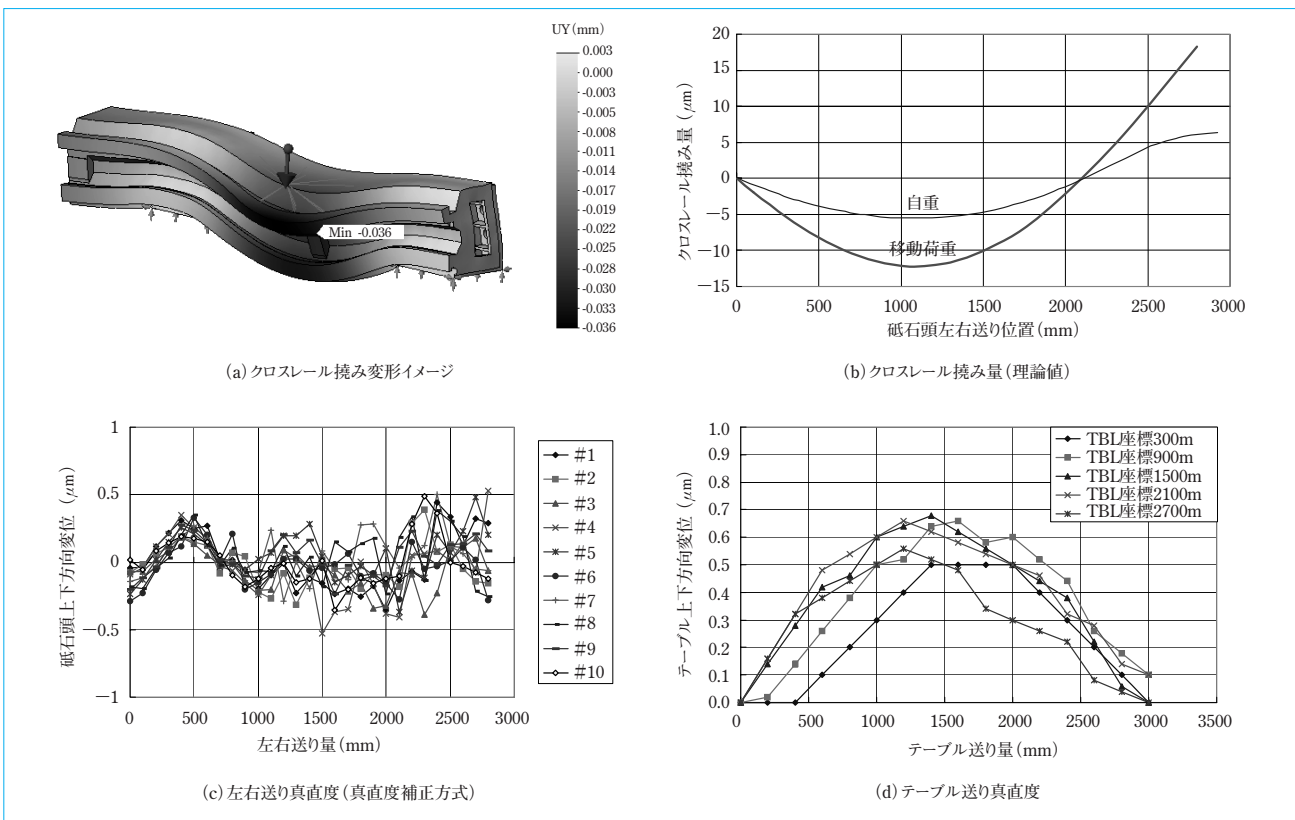


図3 送り真直度
Straightness of straight line motion of horizontal travel and table travel

3.2 送り真直度

平面研削盤によって加工されるワーク平面精度は運動転写(母性)原理から左右送りの真直度およびテーブル送りの真直度に大きく影響され、また研削中の研削熱によって生じるワークの熱変形やテーブルをはじめとするコンポーネントの熱変形の影響も受ける。

図2は、門形平面研削盤の基本構造である。FTECの超精密研削盤は送り案内機構に対向リセス形の油静圧案内を標準装備し、潤滑油の油膜により案内面を上下左右方向からホルドすることにより送り方向に対する直交成分のロストモーションがなく、油膜厚さの最適設定により油膜層の剛性を上げてモーメント荷重によるテーブル、サドルおよび摺動台の姿勢変化を抑制している。また、油膜は案内面の表面粗さや

周期的なうねりを吸収して、テーブルや摺動台がベッド、クロスレールおよびサドルの基準案内面に忠実に沿った、摩擦変動の少ない送り運動が可能となっている。

上述のように、ベッドおよびクロスレールの基準案内面の真直度は送り精度に直接影響する重要因子である。左右送りの基準案内面となるクロスレールは、最近の液晶業界に代表されるように、幅広ワークの要求が高まり、これに伴って研削盤の門間もワイドスパン化している。クロスレールはコラム間に支持された梁部材であり、クロスレールの自重撓みおよび砥石頭の移動に伴う移動荷重による撓みが発生する。撓み量はクロスレールのスパン長の3乗に比例し、ワイドスパン化により左右送り運動の真直度と与える影響は高まっている。図3(a)および図3(b)はKXS-2530(門間3m)のクロス

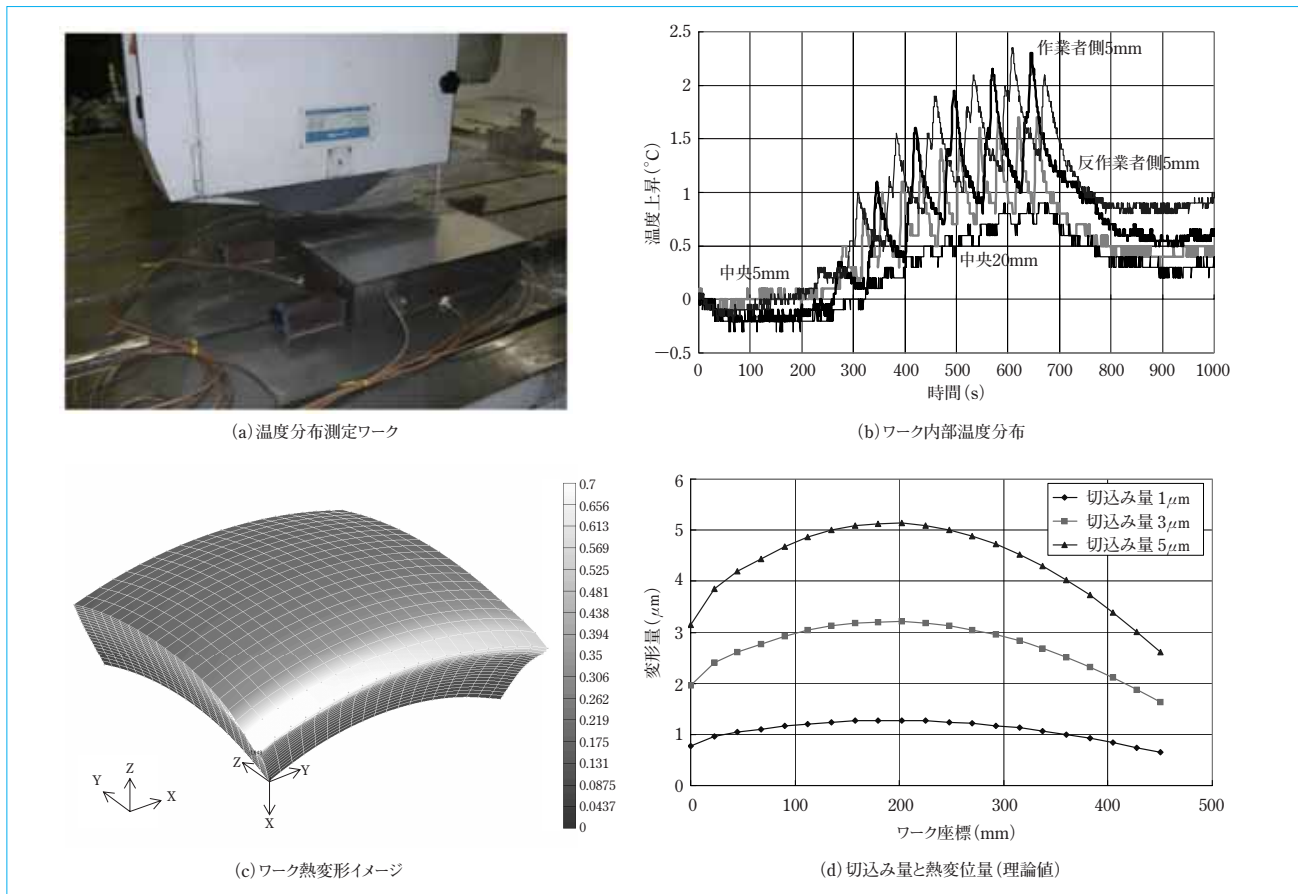


図4 ワーク熱変形
Work deformation by grinding process heating

レールの撓みの計算結果であるが、砥石頭の移動荷重の影響の方が大きいことが分かる。

砥石頭はクロスレール基準面に沿って運動することから、この撓みにより鉛直方向の変位誤差と砥石頭の姿勢変化による誤差が発生する。FTECでは、設計段階でこの撓み曲線を計算して、この撓み形状をキャンセルするように基準面のクラウニング加工を行っている。これにより、門間3 mを超えるワイドスパン仕様でも、門間範囲で数 μm の左右送りの真直度を実現している。さらに、高精度仕様には砥石頭の左右運動に同期させての砥石頭のリニアスケールフィードバック制御により、 $0.1\mu\text{m}$ の位置決め分解能で上下させることで、真直度を補正する方式も開発済みである。図3(a)は、この方式でのレーザ干渉計による真直度測定結果である。約2時間10往復の間欠測定で、 $1\mu\text{m}/2.8\text{m}$ の送り真直度を実現している。

テーブル送りの真直度は、テーブルが摺動するベッド基準面の真直度に大きく影響を受ける。ベッドの基準面の面当たりはキサゲ作業により調整され、基準面の真直度曲線は各レベルパッドの高さ調整によりレベル計で $0.5\mu\text{m}/1\text{m}$ の真直度に調整される。テーブル左右の静圧案内の平均化効果により、さらに真直度が向上する。図3(d)は、テーブルを前後運動させた場合のテーブル上面に設置したレベル計の水準の変化から求めたテーブル送りの真直度の一例である。

ベッド基準面は、ベッドの温度変化により熱変形を生じ真直度が悪化する。温度変化の要因としては静圧案内面に供給される潤滑油温、研削液温、テーブル温度および室温が関係

している。FTECでは、これら各部温度とテーブル送りの真直度の関係を実験計画法による重回帰分析を行って変動量が最小となる最適温度に設定し、環境温度である室温を除き、各温度は $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ の精度で温度制御し熱変形を抑制している。テーブルの熱変形を抑制するべく、テーブル内部冷却も実施している。

3.3 ワーク熱変形

砥石がワーク表面を削るときに発生する研削熱によるワークの熱変形は、平面度などの形状精度を悪化させる要因の一つと考えられている。加工中にワークに伝達される研削熱と放熱条件の違いにより、ワーク加工表面の凹心部の温度が最も高くなり、深さ方向にも同様な温度分布が生じる。その結果、凹心部の熱膨張量が周辺に比べ増加して中高となって凹心部のオーバカットが発生し、研削後は熱収縮により中心部が中低の形状となると考えられている。しかし、定量的な熱変形量はよく分かっていないのが実態である。

図4(b)はこの熱変形量を把握するべく製作したテストピースで、研削中のワーク内部の温度分布を測定できるように熱電対が埋め込まれている。図4(b)は、スパークオン後6往復間の研削面から深さ5 mmの位置の温度分布の時間波形の一例である。砥石が熱電対の上を通過するたびに、温度が上昇していくことが分かる。しかし、予想に反し中央部の温度上昇は作業側および反作業側の周辺部より低くなっている。これは、砥石通過後の温度の低下速度が周辺に比べ速いことから、熱の拡散速度の違いと考えられる。つまり、研削熱が内部に向かって拡散してしまい、表面の温度が上がり難

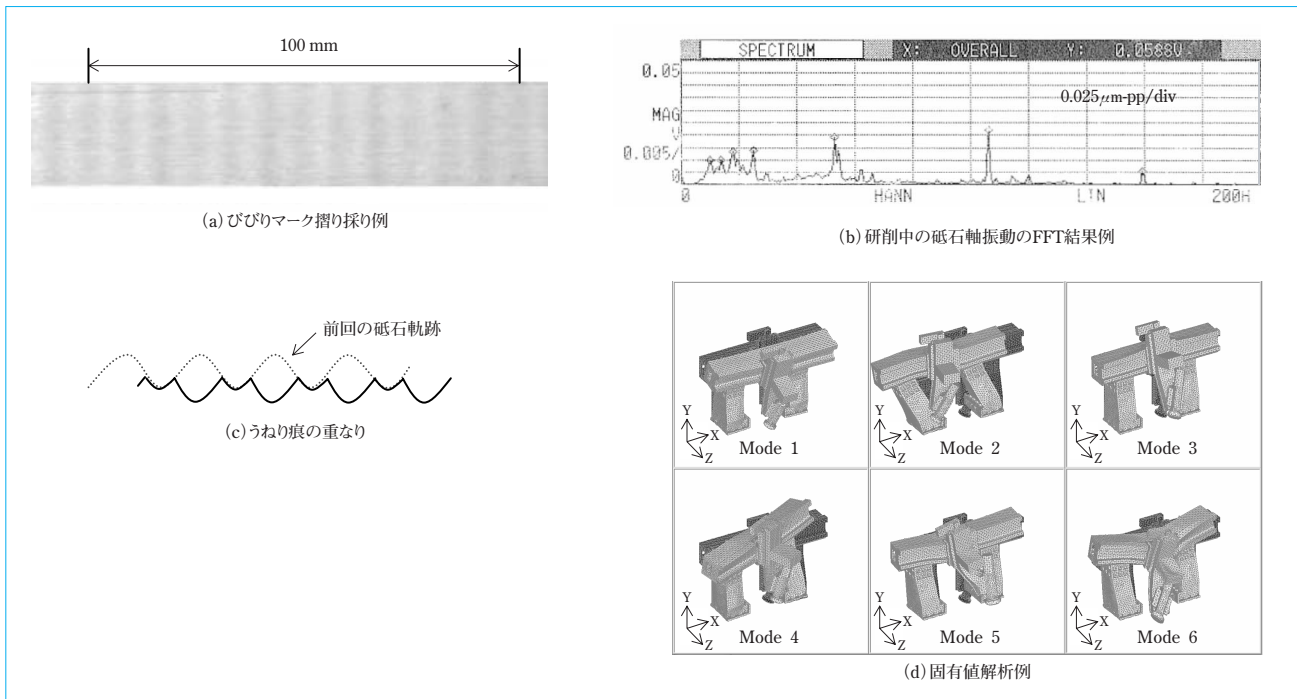


図5 びびり振動
Chatter vibration

いと考えられる。これは、逆に内部の温度上昇を生じ易いと言える。

この実験結果からワーク内部の温度勾配が明らかとなり、ワークに伝達される熱流束および熱伝達係数が定量化された。これらのパラメータを用いて、このテストピースの5往復させたときの熱変形量を計算した結果が図4□aおよび図4(d)である。深さ方向での熱膨張差が曲げ応力を生じ、ワーク全体が凸状に変形することが分かる。切込み量 $5\mu\text{m}$ の場合外周と中心部の差は $2\mu\text{m}$ に達し、幅広ワークの熱変形の影響が無視できないことが分かる。FTECでは、ワーク形状から熱変形量を予測して補正する機能を現在開発中である。

3.4 びびり振動

研削面に現れるびびりマークの外観不良は、案内面を持つ部品にとって送り運動性能を左右する要因として真直度および表面粗さとともに面精度の重要なパラメータである。びびりマークは数mm～数10mmピッチの縞模様として観測されるが、これは研削面に形成された微小な周期的うねりが原因と考えられている。一般的に、うねりの波高値は面粗さより小さく、経験値として $0.2\mu\text{m}$ を越えるとき昔ながらの光明丹をブロックゲージなどに塗って加工面に摺り合わせる摺り採りと呼ばれる技法を使うと、びびりマークが浮き出て肉眼で分かるレベルとなる。図5□が、びびりマークの一例である。

うねりの原因は、砥石とワーク表面間の周期的な干渉量の変化、つまり微小振動と考えられる。図5□は、研削中の砥石頭の上下振動のFFT結果の一例である。振動計は、動電式速度型を使用している。砥石回転周波数は12.5 Hzであるが、いろいろな振動成分が含まれている。びびりマークとして研削面に現れる振動成分は、この内の100 Hz以下の一部の成分である。オーバオール振幅値より個別の振幅値が重要で、特にハーモニック成分を生じ易い砥石回転周波数がびびりマ

クとして出やすい。切込み量が $1\mu\text{m}$ 前後の仕上げ研削時は、図5□aに示すように前回研削面の谷が取りきれず残って、見かけ上は砥石回転周波数の2倍（うねりが深い場合は3倍）の周波数が出ている。

砥石回転周波数の振動は、砥石の振れ回りによる影響が大きい。研削盤ではツルーイングおよびドレッシング動作により切刃の目立てと砥石を真円に近づける成形がなされるが、なお砥石材質の不均一性からくる偏重心による振れ回りの影響が残る。偏重心の影響は、砥石フランジのバランスウエイト調整や砥石軸に内蔵された動バランスにより、砥石軸レベルで両振幅 $0.01\mu\text{m}$ 以下に調整可能である。しかし、僅かに残った砥石回転周波数の振れ回りの励振力により、機械が加振される。また、駆動源であるモータも低振動モータを採用しているが、その振動の影響も多少受ける。振動レベルを下げるには、励振力の低減だけでは不十分である。FTECでは、これら励振力の影響を受け難い振動特性を持った構造設計にFEMの固有値解析と周波数応答解析を用いて共振点の分析を行い、これを構造設計に反映している。また、並行して実機のモーダル解析を行い、固有振動数および減衰比の情報をFEMモデルにフィードバックしてモデル精度を高め、設計に反映している。

図5(d)は、FTECの代表的な門形研削盤の固有値解析を行った振動モードの結果の一例である。基本的には砥石回転周波数が励振力の周波数となるが、過去に形成された研削痕のうねりを砥石がトレースすることによる励振力も加わり、前述のうねり痕の重なりに示したように、2, 3, 4倍の高調波成分が発生し、これが強制振動成分となってサブミクロン以下の振動を発生させている。FTECでは、回転周波数の2倍以上の固有振動数を目標として、剛性と質量バランスを見ながら構造設計している。

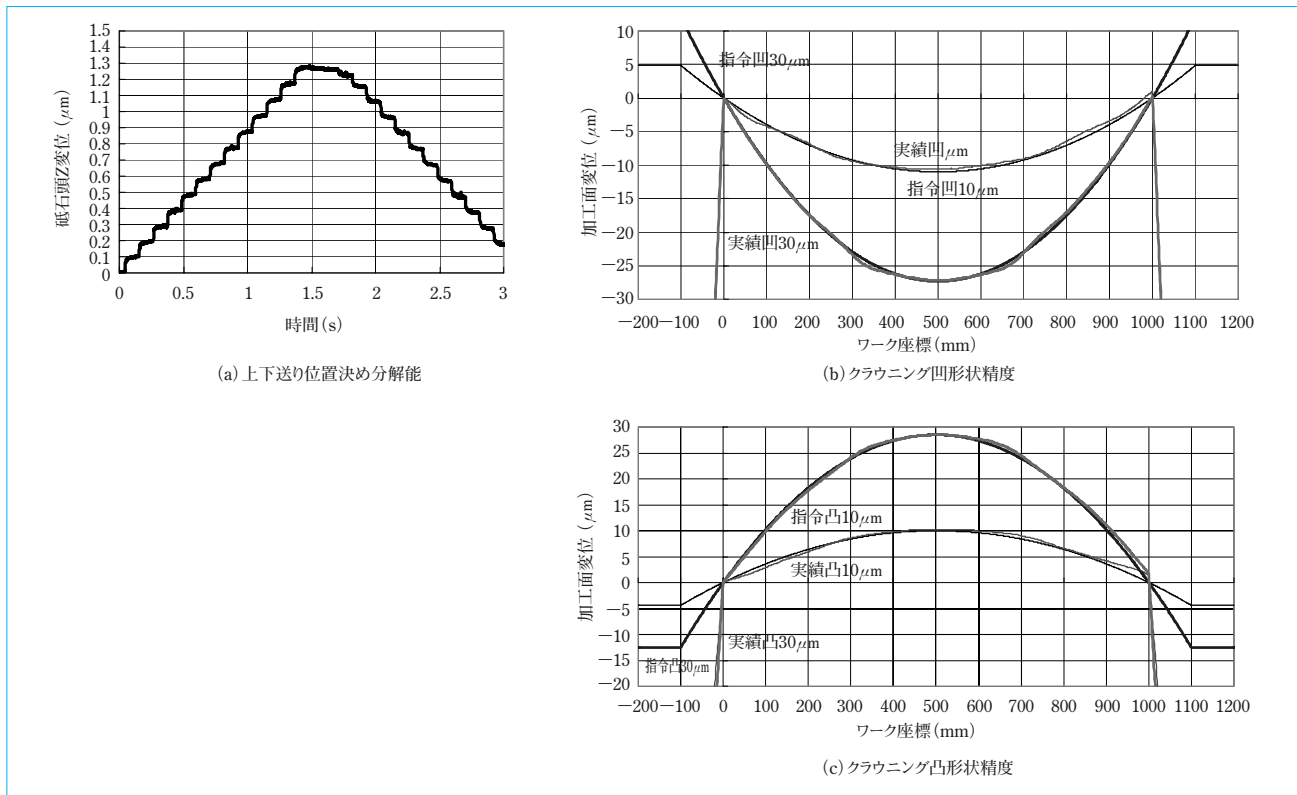


図6 クラウニング加工性能
Performance of convex and concave curve of grinding processing

4 クラウニング加工性能

工作機械に用いられるベッドおよびクロスレールは、その自重およびテーブル・主軸頭の移動荷重によって中央部では数 $10\mu\text{m}$ の撓みが生じ、送り運動の基準となる案内面も同様に变形して真直度が悪化する。そこで従来から撓み量を予測して、これを補正するような形状に加工するクラウニング加工が行われている。FTECの門形平面研削盤は、工作機械のマザーマシンとしてこれら案内面を高精度に仕上げるクラウニング加工機能を装備している。テーブル送り方向に同期した砥石頭の垂直方向と左右方向のクラウニング加工、および左右送りに同期させた垂直方向のクラウニング加工が可能である。クラウニングの位置決め分解能は、リニアスケールフィードバック仕様のもので $0.1\mu\text{m}$ である。図6□に、上下送りの位置決め分解能の波形を示す。 $0.1\mu\text{m}$ ステップの送り動作が確認できる。図6□は、テーブル速度 $30\text{m}/\text{min}$ の条件で 1m のワーク表面上に凸 $10\mu\text{m}$ および $30\mu\text{m}$ のクラウニング加工を行ったときの指令と実績の結果の一例である。図6□aは、逆に凹 $10\mu\text{m}$ および $30\mu\text{m}$ の場合の結果である。ほぼ、指令通りのクラウニング加工が可能である。クラウニング量が大きくなると中央での指令との誤差が若干発生するが、これはクラウニング量に比例して研削時間が長くなり、ワークの熱変形によるオーバカットの影響ではないかと考えられる。

5 むすび

ae, 加工表面の断面形状の分析より、平面品質欠陥が面粗さ、平面度不良および外観不良の3項目から成ることを

示した。最近のテーブルのワイドスパン化は、平面度不良の影響因子である左右送り真直度の悪化を招いている。この対策として、クロスレールのクラウニング加工および制御的な真直度補正により $1\mu\text{m}/2\text{m}$ の高い送り真直度を実現できていることを紹介した。

ae, ワーク熱変位量について実験とシミュレーションから面変位に数 μm の分布が生じ、一桁台の平面度実現には熱変位の抑制および補正の重要性を指摘した。さらに、外観不良の重要因子であるびりマークについては砥石軸の振動との関係を概説して、FTECの周波数特性を考慮した構造設計の考え方を紹介した。

ae, 工作機械の案内面加工に重要なクラウニング性能についても紹介した。

これからも、究極の理想平面に向けて技術開発を推進していく所存である。

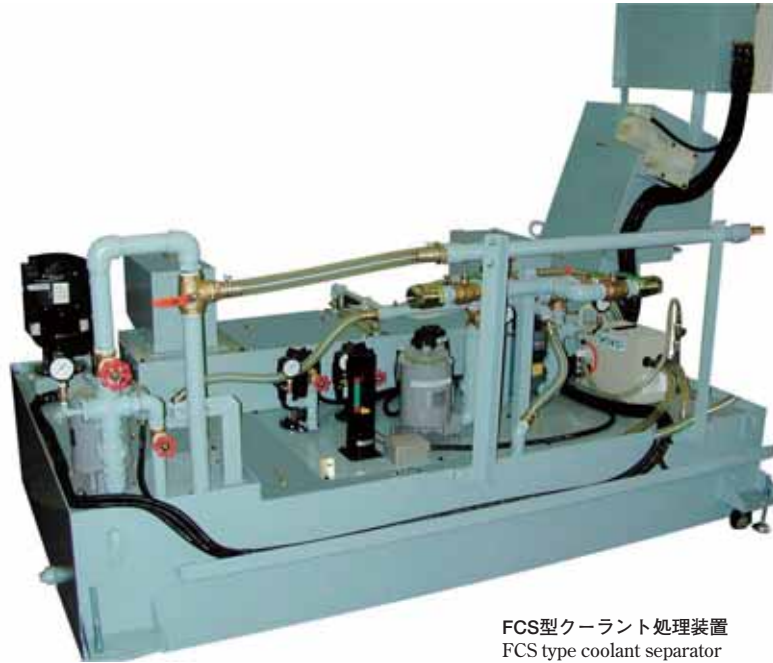
(参考文献)

ae, 木下直治, 高沢孝哉. 精度設計と部品仕上げシステム技術. 日経技術図書, 1989.
ae, 青山藤詞郎. 静圧軸受設計と応用. 工業調査会, 1990.
ae, 星鐵太郎. 機械加工の振動解析. 工業調査会, 1990.
ae, 星鐵太郎. 機械加工びり現象解析と対策. 工業調査会, 1977.

FCS型クーラント処理装置の開発

Development of FCS Type Coolant Separator

●大兼久 満*
Mitsuru OOKANEKU



FCS型クーラント処理装置
FCS type coolant separator

現在増加しているアルミ加工分野の中で、クーラントシステムについてユーザが不満または苦勞している箇所に焦点を絞り、これらを解決するべくマシニングセンター用クーラントシステムを開発した。

メンテナンスを減らし、ユーザの勞力を軽減させ、工場内環境改善に寄与するシステムである。具体的にはクーラント液の長寿命化、タンクの清掃不要および含水量の少ない切粉排出を実現した。本開発は、直接ユーザの声を聞きながら改良を加えるべく、ユーザと共同開発の形式で進行させた。検証の多くは実稼働ベースで行うことができ、現結果を得た。開発当初に設定した目標値はすべてクリアすることができ、ユーザからは高い評価を受けた。

This report describes the coolant system that has been developed to solve customer dissatisfaction with coolant systems for machining centers of aluminum processing, which has been growing. The target is to reduce the maintenance cost, to save the customers' workload, and contribute to improving the factory environment. Sumitomo Heavy Industries Finetech Ltd. has achieved a longer product life of the coolant, the elimination of the need to clean the tank and the discharge of cutting chips with smaller moisture content. The development was conducted in cooperation with customers in order to make improvements. And many of the verification tests were performed based on actual operations. As the new system has met all the target values set in the initial stage of the development, it has been highly evaluated by customers.

キーワード：アルミ加工，スラッジ，クーラント液，長寿命化

1 まえがき

自動車業界ではアルミ製エンジンが主流となり、シリンダブロックおよびシリンダヘッドなど、アルミ鋳物の加工が増加している。これらの加工職場のクーラント装置は加工機（マシニングセンターなど）の付属品であることが多く、クーラント液の清浄度、寿命およびクーラントタンクのメンテナンス性に関しあまり考慮されていないことが多い。

このことから、6～12ヶ月ごとのタンク清掃およびクー

ラント液更新を余儀なくされている。職場の環境はクーラント液の腐敗臭が漂い、床にヌメリが発生し危険な状態となっている。また、エンジンの低燃費および高性能化による部品の加工精度の向上に伴い、クーラント液の高精度ろ過の要求が高まっている。さらに、環境問題からクーラント液およびフィルタエレメントなど消耗品の少ないクーラント装置の要求も高まっている。

本報では、 æ 、クーラント液の長寿命化、 æ 、タンクの掃除不要および æ 含水量の少ないアルミ切粉の排出を可能としたク

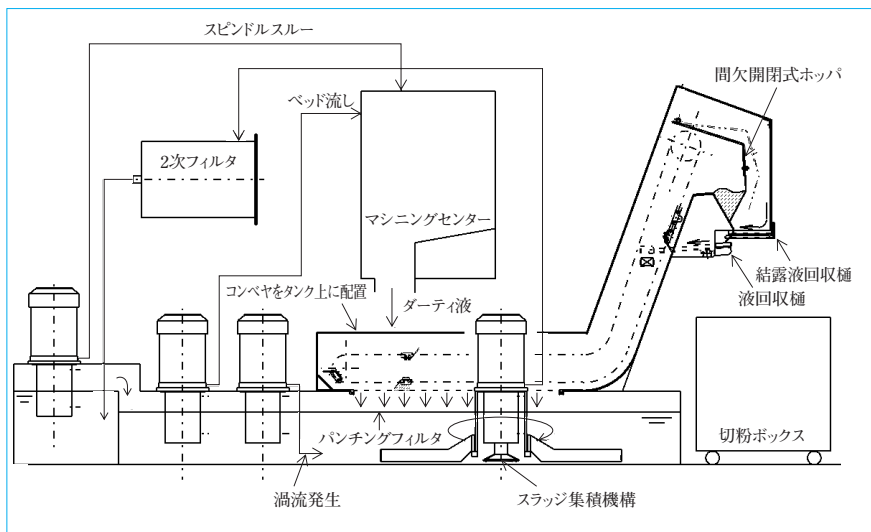


図1 システムの構造
Composition of system

ーラントシステムに、高精度で長寿命のフィルタシステムと浮遊スラッジの回収を可能とする浮上油回収装置をセットにしたFCS (Fine Conveyor System) 型クーラント処理装置の開発を行った。

なお、本開発はガソリンエンジン製造メーカーと共同で実施した。

2 FCSの構造

FCS型クーラント処理装置の構造図を図1に、仕様を表1に示す。

加工機より排出される液は、通常、切粉 (0.5 mm以上と定義)、スラッジ (0.5 mm未満と定義) および加工機の潤滑油が含まれる。本クーラント装置は、それぞれ別に、これらの不純物を独立分離させる構造を持つ。

2.1 コンベヤ部構造

基本構造は掻上式のコンベヤと同一であるが、コンベヤをタンク内の液に浸漬させず、タンク上に配置してタンク内の液面と分離させている。

コンベヤフレーム底板はφ0.5 mm穴のパンチングフィルタを有し、加工機から排出される液のうち切粉のみを瞬間ろ過し、コンベヤヘッド部まで搬送する。φ0.5 mm穴のパンチングフィルタは表面に特殊硬化処理を施し、耐磨耗性能を向上させている。コンベヤヘッドまで搬送した切粉は間欠閉閉式ホッパに貯蔵され一定時間水切りを行い、その後排出する。間欠閉閉式ホッパは、コンベヤチェーンに付属するドグにより駆動する。コンベヤヘッド部にはフレーム内部の結露液を回収する機構も取り付け、切粉ボックスに落下する液を最小限にした。φ0.5 mm穴のパンチングフィルタを通過したスラッジおよび液は、その直下にあるクーラントタンクに落下する。

2.2 タンク部構造

ここでは、コンベヤのパンチングフィルタを通過した液が落下する1次クリーンタンクの構造について述べる。

タンクは平面で見ると正方形または長方形で、その四隅は250 mm以上のコーナーRの構造を持つ。また、このタンク

表1 主要仕様
Major specifications

対象加工機	マシニングセンター
冷却水	水溶性切削液 エマルジョンタイプ
処理流量	450 L/min
ろ過精度	1次ろ過 目開きφ0.5 mm 430 L/min
	2次ろ過 20 L/min スピンドルスルー対応
対象ワーク	アルミ鋳物
切粉形状	粒状 短カール状
切粉搬送量	18 L/h (最大)
電源	200/200/220 V 50/60/60 Hz

コンベヤ仕様

構造	底面フィルタ 掻上げ式
処理流量	450 L/min
モータ	0.1 kW 4P
コンベヤ速度	1.4 m/min (50 Hz)
	1.7 m/min (60 Hz)
パンチング穴	φ0.5 mm
水切り機構	間欠閉閉式出口ホッパ

タンク仕様

1次クリーンタンク	容量 540 L 有効容量 230 L
2次クリーンタンク	容量 160 L
渦流発生ポンプ	1台 200 L/min
フィルタ送りポンプ	1台 40 L/min
M/C送り低圧ポンプ	3台 計430 L/min
スピンドルスルー用高圧ポンプ	1台 20 L/min
2次フィルタ	目開き 20 μm
タンク内攪拌機構	渦流式 1次クリーンタンクのみ
スラッジ集積機構	旋回羽根式 1次クリーンタンクのみ

は同一層に渦流を発生させることから、複数の噴射ノズルと、そこに圧力液を供給するポンプを有する。噴射ノズルは、タンク底付近で液を一方方向に回転させる方向に配置している。

噴射ノズルから吐出される圧力液により、タンク内の液は回転し、渦流となる。この結果、液中のスラッジは、渦流の中央部吸引作用によりタンク中央部に集積する。タンク中央部には2次フィルタに圧送するポンプの吸引部があり、集積したスラッジは2次フィルタに送られる。

渦流発生についての住友重機械ファインテック株式会社 (FTEC) 基準を次に示す。

タンクの長辺および短辺の限界比率 1.5 : 1



図2 スラッジ集積機構の効果
Effect of sludge accumulation system

タンクの限界平面積 4 m²

タンク限界容量 1600 L

噴射ノズル1本当たりの吐出量 50 L/min以上

噴射ノズル1本当たりの受持ちタンク容量 250 L

必要な噴射ノズル本数 タンク容量/250 L

ただし、このままでは中央に集積したスラッジは部分的にしかポンプに吸引されず、その他は中州状となり堆積してしまう(図2□)。従来型の渦流を利用したクーラントタンクは、タンク外周部にスラッジ堆積はないが、中央部付近にスラッジが堆積し成長することから、問題を発生させる事例が多かった。本開発品では、渦流を駆動源としたスラッジ集積機構を付属させることにより、この問題を解決した(図2□)。

2.3 スラッジ集積機構

構造図を、図3に示す。2次フィルタ圧送用ポンプの吸引部付近に中州状に堆積するスラッジをすべて掻き寄せ、ポンプに吸引させる機構をスラッジ集積機構と称する。

この機構はポンプの吸引部を中心とし、自由に回転する羽根(最低3枚)をタンク底部に配置させ、渦流により回転させる。羽根はゴム製のスクレーパを有し、タンク底を常時掻き取る作用をする。また、羽根は回転中心に対しオフセットさせているので、掻き取ったスラッジを回転中心に巻き込む作用を持つ。これらによりタンク底にはスラッジを堆積させず、すべてポンプに吸引させ2次フィルタに圧送可能となった。

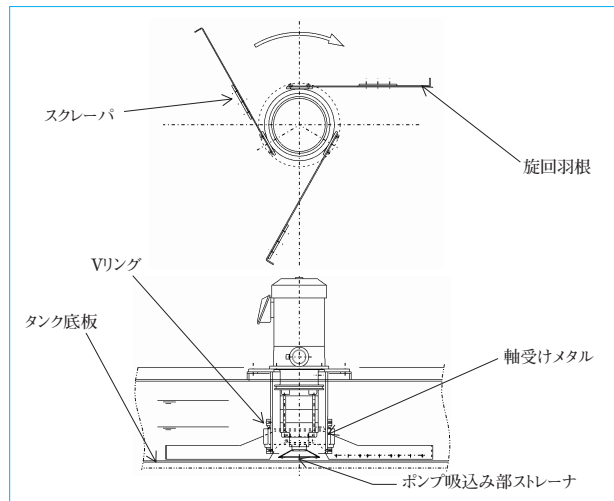


図3 スラッジ集積機構
Sludge accumulation system

2.4 2次フィルタ

タンク内の渦流やスラッジ集積機構の効果により、タンク底に沈殿するスラッジをすべて2次フィルタに圧送するので、2次フィルタには大きな負荷をかけることとなる。本開発品の2次フィルタは大容量、高精度および長寿命を可能とし、逆洗可能でろ過精度20 μmのエレメントのものを採用した。また、このフィルタは逆洗とは別に取外し洗浄すればある程度再利用可能な材質となっており、環境面にも配慮できている。

2.5 浮上油回収装置

浮上油回収装置にはディスク式およびベルト式などいろいろな形式のものが販売されているが、共通の欠点として浮遊スラッジが多いと油水分離タンクで詰まりを起し、頻繁なメンテナンスが必要となることがあげられる。本開発品では、コンベヤ式浮遊スラッジ回収機構を持つ、液面吸引式の浮上油回収装置を採用した。

3 性能評価

冒頭で述べたように、本開発はガソリンエンジン製造メーカーと共同で行った。FTECで試作機を製作し、納入後共同で性能検証を実施した。評価は、従来より使用していた旧クーラント装置と、そのクーラント装置を撤去後設置した本開発品との比較とした。条件を揃えるべく、処理流量や加工条件はほぼ同一とした。

3.1 クーラント液の長寿命化

クーラント液の状態評価法は種々あるが、代表的なものを次に示す。

- ae, 液中の生菌数
- ae,, 他油混入量
- ae'' カビおよび酵母菌数
- ae» 切削性の低下
- ae... 液の清浄度

クーラント液の寿命は日頃の濃度管理、HP管理および温度管理などにも大きく左右されることが知られているが、本開発では最も一般的な液中の生菌数で評価することとした。また、生菌数やその他の液分析調査は実際に使用した油脂メ



図4 タンク底のスラッジ沈澱状況
Sludge condition of tank bottom

ーカーに依頼した。

菌類の増殖を抑制するには、エサとなる有機質を含む機内の汚れや巣となる切粉およびスラッジ溜まりを減らす必要がある。コンベヤをタンク液中に浸漬させずフレーム内部に切粉による汚れを付着させない構造や、タンク内にスラッジを溜めずクリーンな状態を保つ構造としたのは菌類の増殖を抑えることが目的の一つである。また、タンク内の液を攪拌し、液面に変化を与えて活性化させることにより、嫌気性菌の増殖を抑制する方法がある。本開発品は、タンク底のスラッジを中央に集める目的で液に渦流を発生させているが、嫌気性菌の増殖を防ぐ役割も果たしている。

通常、クーラント液 1 mL中の生菌数が 10^5 個になると腐敗臭を発生し、 10^7 個になると液交換を判断するケースが多い。

結果は、本開発品は2.5年間 10^3 個以下を維持し、目標値である2年以上液交換不要をクリアした。旧クーラント装置は、約10ヶ月間で生菌数が 10^7 個となっていた。

3.2 タンクの掃除不要

開発品は約6ヶ月ごとにタンクの液を抜き、目視にてスラッジ堆積状況を確認し評価した。

結果は、スラッジ集積機構導入後、液交換までの2年間、タンク底のスラッジ堆積高さは0~3 mmで安定し続け、目標値である2年以上掃除不要をクリアした(図4)。旧クーラント装置は、1年間でタンク底に100 mm以上のスラッジが堆積していた。

3.3 含水量の少ないアルミ切粉の排出

評価は、コンベヤより排出される切粉を切粉台車に溜め、切粉台車底に溜まった液量をビーカーにて計測し、これをワーク1台当たりの液量に換算し比較した。切粉台車の大きさは600 (W) × 1200 (D) × 670 (H) mmで、容量は約470 Lである。表2の結果より、本開発品は4 mL、旧クーラント装置は50.4 mLであり、目標値である1/2を大きくクリアし、1/12.6となった。(92%削減)

なお、コンベヤ底のパンチングフィルタについては、断面層を電子顕微鏡にて確認、表面はマイクロピカース硬さ検査を実施し、使用後も表面の硬化処理層は十分に確保できていることを確認した。

表2 液の持出し量
Carried-out liquid volume

	本開発品		旧クーラント装置	
	1回目	2回目	1回目	2回目
液持出し量 (L)	2.1	1.5	13.0	13.0
加工台数	450	450	266	251
ワーク1台当たりの液持出し量 (mL)	4.7	3.3	48.9	51.8
平均 (mL)	4.0		50.4	

3.4 2次フィルタ用エレメント交換頻度の低減

本開発品で採用したフィルタの特長は濾布の表面積が大きく、逆洗可能であり、スラッジ収容空間も大きいことである。これらによりフィルタ交換サイクルを6ヶ月にすることができ、目標値の2ヶ月以上交換不要をクリアした。旧クーラント装置は、カートリッジ式で約8稼働日で交換していた。

4 むすび

ae, 菌類の増殖を抑えることができ、液寿命を10ヶ月から2.5年に延ばすことができた。また、結果的に加工機のスピンドル部やベッド周辺の汚れが減少した。ただし、刃物寿命との関係は今回検証できていない。

ae,, 2年間にわたり、タンク底のスラッジ堆積高さを0~3 mmで安定させることができた。

ae''' コンベヤより排出される切粉の含水量は、旧クーラント装置の1/12.6という大きな成果を出すことができた。この結果は、切粉再生時に役立つだけでなく、運送時の重量軽減による経費削減につながる。また、クーラント液使用量(補給量)の減少となり、これも経費節減となる。

ae''' 以上の結果により開発当初の目標はすべてクリアすることができ、工場内の環境改善に役立つことが実証できた。また、2次フィルタおよび浮上油回収装置については詳細を省略するが、十分な成果を確認することができた。タンク上にコンベヤを配置させる構造上、加工機からの液受入れ位置が高いという課題は残されているが、工場内の改善に真剣に取り組んでいるユーザからの問い合わせは多い。

今後は、この技術を鉄系切粉にも横展開させ、多くの工場での環境改善活動に貢献する所存である。

最後に、共同開発において、多大な協力と支援を得たガソリンエンジン製造メーカーおよび関係者に感謝の意を表す。

(参考文献)

ae, 切削油技術研究会. 切削油の上手な使い方. 第63回切削油技術研究会総会資料, p.76~86. 2001.

テーブル固定立軸円テーブル形平面研削盤 SVR70Fの開発

Development of Vertical Rotary Surface Grinder SVR70F

●古川 竜 治*
Ryuji KOGAWA



テーブル固定立軸円テーブル形平面研削盤 SVR70F
Vertical spindle rotary surface grinding machine SVR70F

1 はじめに

IT関連業界においては、サファイアガラス、石英、シリコンおよびセラミックスなど脆性材料の高精度加工の需要が拡大している。液晶業界においては、ノートパソコンおよび携帯電話などの小型・軽量化に伴い、液晶パネルの薄型加工が求められている。近年、これらの従来加工プロセスであるラップおよびポリッシュでは、サイクルタイムが長く、研削による代替の要求が高まり、平面研削盤においても薄型ワーク対応、高平坦精度および高仕上げ精度の要求がますます高まっている。

現状の立軸円テーブル形平面研削盤SVRシリーズはテーブル移動タイプであるが、機械剛性および送り精度の点で加工精度に限界がある。例えば、サファイアガラス(2°角)の研削では厚み0.4 mmが限界でさらに薄くするとクラックが発生する。また、表面粗さについても $1\mu\text{mR}_a$ 以下の要求に対して非常に困難なケースが多い。そこで住友重機械ファインテック株式会社(FTEC)では、機械剛性、ならびにといし頭の送り精度を高めた薄板脆性材料を対象としたテーブル固定タイプの立軸円テーブル形平面研削盤SVR70Fを開発した。表1に、SVR70Fの主要仕様を示す。

本報では、開発した研削盤の構成要素、性能および加工結果について述べる。

2 主要構造

立軸円テーブル形平面研削盤の構成要素は、といし頭、コラム、ベースおよび主軸などの本体構造物、それらの支持機構および上下方向の送り機構の三つに大別することができ

る。これらの構成要素の材質、形状および形式などを種々に設計することにより、研削盤の性能が決定される。

2.1 本体構造

ベース、コラムおよびといし頭の本体構造は、十分な静剛性と減衰性を持つ箱形鋳物構造としている。

2.2 といし頭送り機構

といし頭の上下送りは六面对称滑り案内面および重心駆動方式を採用し、スティックスリップの少ない高精度な送りを実現している。といし頭の上下駆動は、ACサーボモータで遊星歯車減速機を介して精密級ボールネジを駆動している。また、主軸駆動用モータをといし頭後部に設置して、といし頭の前倒れ荷重を相殺している。

2.3 といし軸受構造

といし軸受部は、研削面品位を決定づける上でも最も重要な位置を占める。FTECでは、といし軸受部に超精密級アンギュラ軸受を採用し高回転精度を図るとともに、従来のSVRより軸受間距離を広げて高剛性を実現している。また、といし軸の伸びを抑えるべく、といし軸の中心に研削液を供給する構造としている。さらに、といし回転数をインバータ制御し、周速を可変にすることで、普通といしからダイヤモンドホイールまで使用可能としている。

2.4 テーブル構造

テーブルの回転案内面は、オイルバス潤滑方式の精密仕上げ案内面を採用している。テーブルは、サイクロン減速機付きモータでテーブル中心を直接ベルト駆動する方式を採用している。といし軸の軸芯とテーブル上面の直角精度出しは、テーブル3点支持調整により簡単に行える。また、電磁チャックの発熱による熱膨張の影響を抑えるべく、永電磁チャ

表1 主要仕様
Major specifications

電磁チャック径	700 mm
といしの外径	380 mm
最大振り	820 mm
最大加工高さ	200 mm
最大搭載質量	350 kg
テーブル回転数 (無段変速)	3~30 min ⁻¹
といし軸回転数 (無段変速)	500~1800 min ⁻¹
といし頭送り速度	300 mm/min
切込み送り速度 (間欠/連続)	0.001~0.5 mm/min
手動バルス送り	0.001/0.0001 mm/div
機械の高さ	約2600 mm
所要床面積 (本体のみ) 長さ×幅	約2000×2300 mm

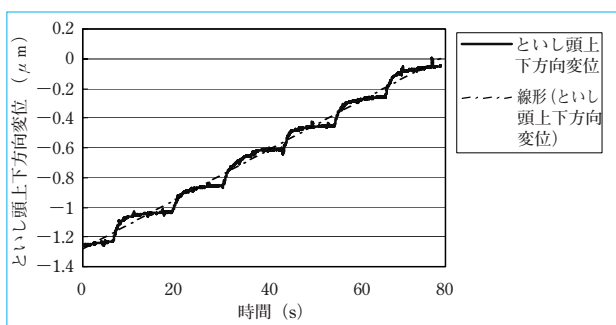


図1 といし頭連続送り結果
Results of spindle infeed

ックを採用し、チャック平面の熱変位を抑制している。

2.5 ワーク保持装置 (特別仕様)

ワーク保持は、多孔質セラミックスの真空吸着盤と独自の真空吸気方式を採用して、非磁性体である薄板脆性材料の安定した保持を可能としている。吸着部は、様々な形状や厚みに対応し高精度仕上げ加工も容易である。

2.6 非接触定寸装置 (特別仕様)

研削中の薄板脆性材料の厚みを抑えるべく、非接触エアゲージを用いインプロセス計測することでワークの割れおよび欠けを抑制している。また、表面状態や材質に依存せず、研削中でも高精度の厚み計測が可能である。厚み精度としては、基準厚み±3μmである。

2.7 ダイヤモンドホイール

装置として高い剛性や微小な切込み機能も重要であるが、一方より高品質な加工面を実現するには、最適なダイヤモンドホイールが重要である。高いスループットを実現するには、加工工具の安定した切れ味の継続性が重要であり、可能な限りドレスインターバルの長いダイヤモンドホイールが必要である。本機では、セグメント形状のダイヤモンドホイールを採用している。

2.8 操作性

といし頭はNC制御装置により制御されており、テーブル含め各操作はオペレータ側に集中操作盤を設け、各種モードの操作を容易に選択できる。

3 といし頭の送り精度測定結果

図1は、といし頭の連続送りの測定結果である。1μm/minの連続送り指令に対するといし頭の追従精度をといし軸先端



図2 研削加工後の石英ガラス
Grinding results of fused silica

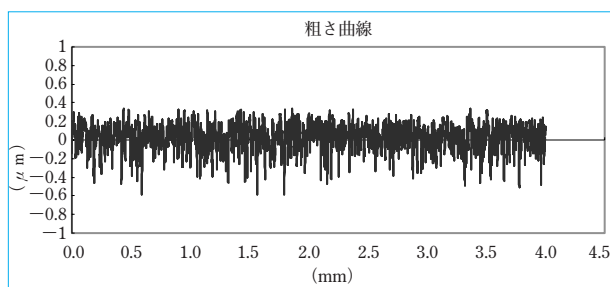


図3 研削加工例
Example of grinding results

に取り付けた、静電容量センサで計測した結果である。連続送りは、極めて安定的に1μm/minを実現している。

4 研削加工

本装置により、250×300 mmの石英ガラスをダイヤモンドホイールで研削した結果、厚み0.1 mm、表面粗さ0.12 μmRaとなった。図2に、加工後の石英ガラスを示す。図3に、研削の加工例を示す。加工品質は、といし性能、加工条件およびワーク保持方法に大きく左右されることから、今後これらに関する研究を進めていくことにより、さらに高い水準の製品品質を達成する見込みである。

5 おわりに

ae, 薄型脆性材料の高精度および高効率研削を可能とした、テーブル固定立軸円テーブル形平面研削盤を開発した。

ae,, 本装置は、主軸の連続送り速度 1 μm/min を達成した。また、石英ガラスをダイヤモンドホイールで研削した結果、厚み0.1 mm、表面粗さ0.12 μmRaの加工精度を達成した。

今後も、多様化する市場ニーズに対応した商品を提供していく所存である。

(参考文献)

- ae, 古川竜治. CNC超精密円形平面研削盤KSL-F1020 (x). ハイテクインフォメーション, 105号, 1999.
- ae,, 古川竜治, 磯部章, 富田良幸, 岩瀬昭雄. シリコンウエハ用超精密両頭研削装置の開発. 住友重機械技報, p.10~13, vol.148, no.143, 2000.

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

Study on Relationships between Surface Quality and Contamination in Grinding Fluid

●西澤 信也* 藤田 能裕*
Shinya NISHIZAWA Yoshihiro FUJITA

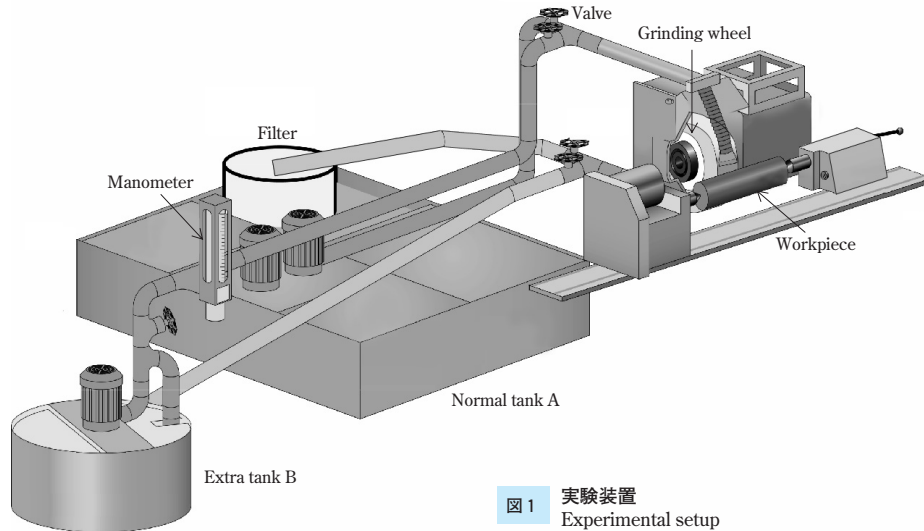


図1 実験装置
Experimental setup

1 はじめに

現在、研削加工におけるクーラント液の汚染度と加工精度および表面精度について相対的な関係は明確になっていない。そのことから、顧客が浄化装置を選定する基準は過去の実績や経験的なものが多く、顧客が求める加工精度および表面精度に対し、クーラント液の浄化装置は必要以上の性能である場合が多い。

本研究テーマである「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」では、クーラント液の汚染度と表面品位との相対的な関係を明確にすることで、加工精度および表面精度による適正なクーラント液の汚染度が定義でき、顧客のニーズにあった適正な浄化装置を社会に供給することが可能となる。

本報では、表面品位を決定づける一要因として、研削液に含まれるスラッジと砥粒に着目した。そして、加工後の工作物の表面に見られるスクラッチに焦点を絞って、スラッジまたは砥粒による研削液の汚染が仕上面に与える影響を、工作物表面粗さ、スクラッチの個数および研削抵抗から評価し検討を行った。

2 実験方法

本実験の実験装置を、図1に示す。主な実験条件を、表1に示す。円筒研削盤のタンクAとは別に、実験用のスラッジまたは砥粒を混入させるべくタンクBを設置した。タンクBでは中心にあるポンプが研削液を吸い上げると同時に回転させていることから、常に攪拌状態である。なお、スラッジおよび砥粒以外の不純物は混入しないようにした。

スラッジ濃度は、研削を行う際に発生するスラッジを蓄積させることにより増加させている。一方、砥粒濃度を増加させる際は、砥粒を混入させるべくドレッシングを行い、ドレ

ッサの総切込み量を変化させて濃度を調整した。

スラッジおよび砥粒濃度は、ノズルから採取した研削液をフィルタに透過させ、フィルタ上に残留したスラッジおよび砥粒を光学顕微鏡で観察し、100 mL中に存在する総数として換算した。

3 実験結果

3.1 工作物表面粗さと研削抵抗

図2に、一例として研削液のスラッジ濃度と研削抵抗の関係を示す。スラッジ濃度が増加しても、研削抵抗に変化はない。また、工作物表面粗さについても変化は見られなかった。一方、砥粒も同様に測定を行った結果、濃度が増加しても工作物表面粗さと研削抵抗に変化は見られなかった。このことから、スラッジおよび砥粒が研削液に混入しても、工作物表面粗さと研削抵抗に対する影響は極めて少ないと考えられる。

3.2 形成されたスクラッチの評価

研削加工後の工作物表面をルーペで観察し、傷があると思われる箇所の断面形状を触針式表面粗さ計で測定した結果が、図3□である。傷がない場所からの傷の深さを D_s とし、 D_s が $3\mu\text{m}$ 以上の傷をスクラッチとした。

また、図3□'および図3□aは、スクラッチを光学顕微鏡で観察したものである。

図3□'は、スラッジが原因で発生したと思われるスクラッチであり、スラッジにより発生するスクラッチは直線的な鋭い傷が特徴である。図3□aは、砥粒が原因で発生したと思われるスクラッチであり、砥粒が干渉した曲線的な形状が見られ、スラッジが原因のスクラッチと違いがあることが判明した。

3.3 研削液の汚染度とスクラッチ発生個数の相関

図4は、スラッジの濃度増加に伴うスクラッチ個数の変化

表1 加工条件
Grinding conditions

Grinding wheel	WA60K8V ϕ 400×50 mm
Workpiece	SCM415 hardened by carburization and quenching Effective depth of hardening layer, 0.8~1 mm
Grinding fluid	Solution (Concentration 1:20)
Grinding fluid flow	30 L/min
Dressing conditions	20 μ m×2 pass, 10 μ m×6 pass, 5 μ m×4 pass (4 mm/s) 1 μ m×4 pass, zero×6 pass (1 mm/s)
Peripheral wheel speed	$V_s=28.7$ m/s
Peripheral workpiece speed	$V_w=0.16$ m/s
Set depth of cut	$\Delta = 6.0$ μ m ($t \leq 10$ s)
	$\Delta = 18.6$ μ m ($10 \text{ s} \leq t \leq 45$ s)
	Spark-out 30 s

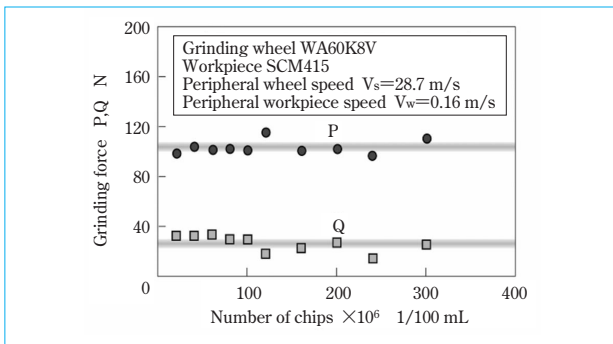


図2 スラッジ濃度と研削抵抗の相互関係
Correlations between grinding forces and concentrations of chips

である。スクラッチを深さ D_s によって4段階に分類した。スラッジ濃度が増加するとスクラッチ個数は増加し、 $50 \times 10^6/100$ mL程度を超えるとほぼ一定となる。 D_s が 7μ mを超える深い傷にはあまり濃度との関係が見られない。

図5は、砥粒濃度増加に伴うスクラッチ個数の変化である。スラッジと同様、 D_s が 7μ mを超える深い傷にはあまり濃度との関係が見られないが、濃度の増加とともにスクラッチ個数は急激に増えていることが分かる。

スラッジ濃度が $50 \times 10^6/100$ mLでスクラッチが20数個程度発生するのにに対し、砥粒濃度は $5 \times 10^6/100$ mLで80程度ものスクラッチが発生している。このことから、スクラッチ発生への砥粒の影響はスラッジに比べ非常に大きく、数十倍程度の影響があった。

4 おわりに

本報では、円筒プランジ研削におけるスラッジおよび砥粒による研削液の汚染度と工作物表面品位との相関を検討した。得られた結果を、次に示す。

- ae, 研削液のスラッジ濃度の増加に伴い、工作物表面に生成されるスクラッチの数は急激に増加するが、ある濃度以上から一定となった。
- ae,, 研削液中のスラッジに比べ、砥粒がスクラッチの形成に主要な影響を与えることが明らかとなった。
- ae'' スラッジによるスクラッチの形状と砥粒によるスクラッチの形状は異なっている。

本研究により、クーラント液の汚染度とワーク表面品位について全体的な相関関係を確認することができた。しかし、

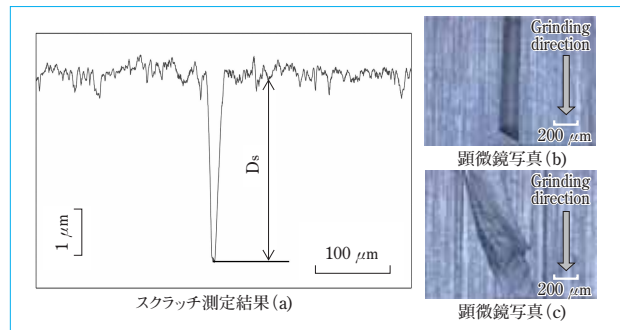


図3 スクラッチの測定結果と顕微鏡写真
Sectional profile and microscope images of scratches on work piece surface

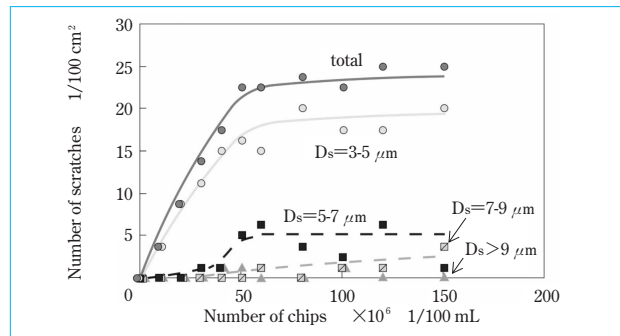


図4 スラッジ濃度とスクラッチ数の相互関係
Correlations between concentrations of chips and number of scratches

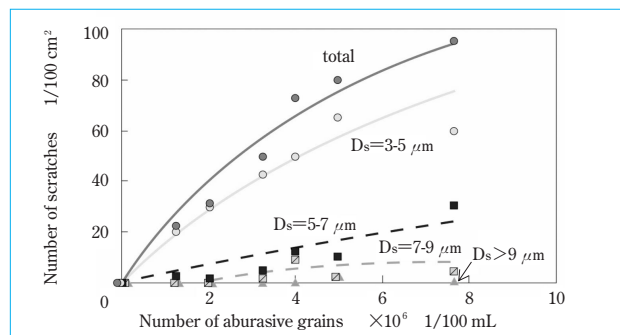


図5 砥粒濃度とスクラッチ数の相互関係
Correlations between concentrations of abrasive grains and number of scratches

顧客にとって表面品位が基準を満たさなかった時点で製品不良になることを考えると、スクラッチが発生するクーラント液の汚染度を明確にすることが重要である。

今後の研究は、スクラッチの発生するクーラント液の汚染度との相対的な関係について研究を進めることとする。

本研究は、国立大学法人岡山大学との共同研究により実施した。塚本真也教授、大橋一仁助教授および長谷川裕之助手の多大なる助言、指導および協力に深く感謝の意を表す。

本技術解説は、次の論文集に掲載されたものである。
日本機械学会. 第6回生産加工・工作機械部門講演会論文集, p.107~108. 2006.

(参考文献)

- ae, 中島利勝. 研削砥石の切れ味に関する研究(第1報)一切れ味の定量的表現.精密機械, p.784. 1976.
- ae,, 中島利勝, 鳴瀧則彦. 機械加工学. コロナ社, p.119. 1983.
- ae'' 塚本真也, 大橋一仁, 藤原貴典. 研削加工の計測技術. 2005.

COMPANY
PROFILE

住友重機械ファインテック株式会社

Sumitomo Heavy Industries Finetech. Ltd.

DATA

本 社	岡山県倉敷市玉島乙島8230	X-Yステージの組立。
設 立	2000年10月 2 日	従業員 200名
資本金	3 億円	事業所 本社工場 倉敷
事 業	研削盤の設計, 製造, 据付けおよびアフタサービス。 クーラント処理装置の設計および製造。 切粉処理装置の設計および製造。 アンジュレータの設計および製造。	営 業 所 東京 大阪 名古屋 岡山 他に, カスタマーセンターおよびサービスセンター 4 ヶ所
		資 格 ISO 9001 (2006年) ISO 14001 (2000年)

匠 (たくみ) の心

住友重機械ファインテック株式会社 (FTEC) の会社案内およびHPのフロントページには、「匠の心」と大きく書かれている。「匠の心」とはどういう意味であろうか。

会社案内やHPは、それを次のように解説する。

「お客様との信頼関係を事業運営の基本に置き、住友精神と住友重機械の経営理念のもと、半世紀にわたり蓄積された当社固有の技術、絶え間なく継続している技術開発と生産革新、住友重機械との価値連鎖により最良の製品をお客様に提供する」とある。

この基本理念に基づいて、多様なお客様のニーズと時代の要求に応えた製品をタイムリーに提供できるよう、3Dモデリング&構造解析、磁場解析およびコンタミ分析等々、最新の手法を駆使して技術開発が進められている (図1)。

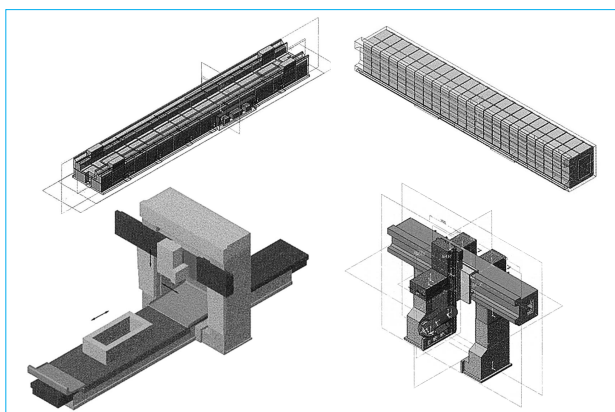


図1 3Dモデリング&構造解析
3D modeling & structural analysis

一方で、工作機械の重要な工程である「擦り合わせ作業」の「キサゲ作業」は、先輩から若手へジックリ時間を掛けてマンツーマンで伝承される「匠の技」である (図2)。

なお、機械加工工場および大型組立工場の恒温室は、業界の先駆けとして注目される (図3)。

半世紀にわたり蓄積された技術

FTECの門形平面研削盤は、1960年の東芝機械株式会社との提携に始まる。(KPL) FTECの前身である当時の浦賀玉島ダイゼル工業株式会社の大型船用ディーゼルエンジンの生産設備は、研削盤の生産に威力を発揮した。

1974年には米国のブランチャード社と提携をして、立軸円テーブル形平面研削盤の生産を開始した。(RSB)

1980年代、両社との提携終了を機に、KPLの後継機である門形平面研削盤 (KSL)、RSBの後継機である立軸円テーブル形平面研削盤 (SVR) の生産を開始した。加えて、超精密平面研削盤 (KSX)、精密平面研削盤 (KSH)、立軸多面研削盤 (SAR) など、次々と開発し、お客様のニーズに応じて機種拡大を図ってきた。



図2 匠の技の伝承
Endowment of expertise
to future generations

さらに1990年代には、液晶や半導体製造装置の大型化に対応して、クロスレール固定型門形平面研削盤 (KSL-F)、横軸円テーブル形平面研削盤 (SHR) を開発した。

FTECは、門形平面研削盤で国内シェア90%、工作機械メーカー、液晶半導体製造装置メーカーおよび自動車業界に500台を超える納入実績を有する。

近年、ノートパソコン、携帯電話および大型液晶テレビな

どの需要拡大から、サファイアガラス、石英、シリコンおよびセラミックスなど脆性材料の高精度加工の需要が拡大している。これに関しては、本報のSVR70Fに関する技術解説を参照されたい。

2000年には住重ファインテック株式会社として住友重機械工業株式会社から独立、2003年にはクーラント処理装置メーカーの株式会社オーツカテックと事業統合を行い、研削盤のトータルソリューションを提供するメーカーとなった。

2006年4月には、現在の住友重機械ファインテック株式会社に社名変更を行っている。

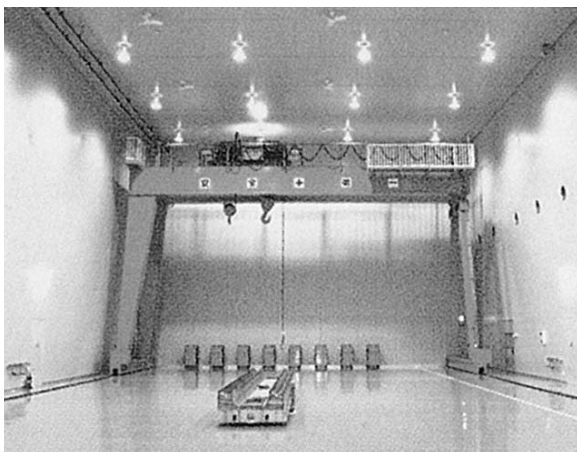


図3 大型組立工場恒温室
Constant temperature room at assembly shop

超精密化と自動化

2007年3月に発表の薄型大径ワークの高精度平面研削を可能にした横軸円テーブル形平面研削盤（SHR250）と、長時間の無人運転を可能にしたクロスレール固定型門形平面研削盤（KSL-F1020（U・U））は、FTECが半世紀にわたって探究してきた超精密化と自動化の一つの成果である。

1986年に発表した超精密の平面研削を可能にした超精密平面研削盤（KSXシリーズ）は、超精密機械および測定器などの超精密研削に最適の装置であり、真直度1m当たり1μm以下、面粗度0.5μmRv以下の加工精度が得られる。

超精密化には、FTECの三つの要素技術が活用されている。「振動（面品位）」、「熱」および「計測」技術である。本報のKSXに関する論文には、「びびり振動」および「ワーク熱変形」の詳細な開発成果が掲載されているので参照されたい。また、同論文には、工作機械に用いられるベッドおよびクロ

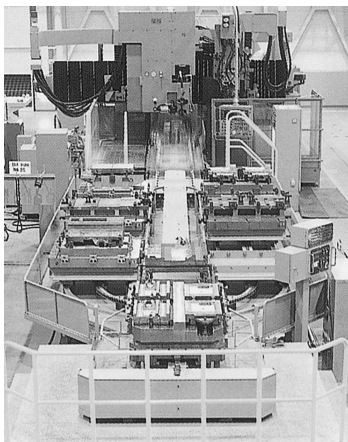


図4 パレットチェンジャー
Palette changer

スレールの自重などによる撓みを補正する形状に加工する「クラウニング加工」について開発成果を詳述している。高精度加工の重要な機能である。

シミュレーション解析技術や計測技術等々、総合機械メーカーの一員としての強みが集約されている。

1989年に発表した門形平面研削盤（KSL）は、パレットチェンジャやといし自動交換装置などを装備することで、長時間の無人運転が可能になった（図4）。

1993年に発表したKSL-Fは、豊富な実績と最新のエレクトロニクス技術を結集したコンパクトなクロスレール固定型門形平面研削盤である。

トータルソリューションとしてのクーラント処理装置

「半世紀にわたり蓄積された技術」で触れたクーラント処理装置については、本報の論文および技術解説に詳しく書かれている。クーラント処理装置は、「振動（面品位）」、「熱」および「計測」技術にも関係することから、既述のFTECの要素技術とも絡んでくる。

また、クーラント液は「省エネルギー」および「省産業廃



図5 ファインマグ
FINE MAG

棄物」の問題とも繋がる重要なアイテムでもある。

研削盤本体だけではなく、トータルで研削加工システムの技術をお客様に提供して行く、FTECの事業姿勢の象徴でもある。FTECは、磁性体の除去だけではなく、非磁性体の除去技術開発にも積極的に取り組んでいる。既述のように脆性材料の高精度加工の需要が拡大する今、その成果が期待されるところである。

クーラント処理装置は、量産化の方向で製造体制の確立が急がれている。

なお、マグネットセパレータ『ファインマグ』は、2002年の「グッドデザイン賞」に輝いた（図5）。マグネットセパレータは、希土類磁石を内蔵した回転ドラムを使用、機械加工などで使用したクーラント液から磁性体微粉（スラッジ）を除去、クーラント液を再利用する目的で使用される。加工品の表面品位や精度の安定には、クーラント液の清浄化ならびに温度管理が大きく影響してくる。（技報編集事務局）

取材協力 理事・主席技師 磯部 章

品質保証グループ グループリーダー 宮川和彦

編集委員 古川竜治

チリ向け大型コークドラムの設計・施工

Design and Construction of Large Coke Drum for Chile

●村上拓史*
Takushi MURAKAMI



コークドラムの現地組立
Site assembly of coke drum

重量と大きさによる輸送制限から工場で分割製作された、石油精製のディレイドコーキング法に使用される大型压力容器コークドラムを、チリまで海上輸送し、現地にて最終組立を行った。

ここ数年、大きな処理能力を持つコーキング装置の需要が高まり、コークドラムは年々大型化する傾向にある。この大型化に対応して、当社では生産設備を継続的に増強しており、また、現地組立工事に対応して品質管理体制を整えた。本工事は計画した期間内で無事竣工を迎えたが、工事のあらゆる段階・局面に対し、現地パートナーも含めた関係者による十分な事前検討を実施した結果である。

本報では、ASME Section VIII Division 1に従い設計・製作され、かつコードスタンプが要求されていたチリ向け大型コークドラムの設計・施工について紹介する。

Large pressure vessels called Coke Drum used in delayed coking of refining process were fabricated in pieces in shop, then transported to The Republic of Chile by sea, and assembled integrally at site, because it was impossible to transport them in one piece by their heavy weight and large diameter. In recent years, coke drums have been expanding each year to meet the growing demand for coking equipment with larger throughputs. In response to this trend, our production facilities have been continually improving, and quality control systems for site assembly have been established. Preliminary studies for all phases of construction were performed sufficiently by related parties including sub-contractors. Consequently, the project was successfully completed within the scheduled period. This report presents engineering technology of design, shop fabrication and site assembly of large Coke drums which were fabricated according to ASME code section VIII division 1 with code stamp requirement.

キーワード：石油精製、ディレイドコーキング装置、現地据付け、現地溶接

1 まえがき

原料である重質油を加熱し、分解することでコークスとガソリンや軽油などの軽質油留分を製造するプロセスを熱分解[※]と言い、熱分解装置の一つにディレイドコーキング装置[※]がある。この装置を代表するものが当社西条工場（愛媛県）の

主力機種として連続建造されているコークドラムであり、過去10年の世界における当社シェアは52%とトップを確固たるものにしており、今後もさらにシェアを伸ばしていく方針である。

近年BRICsの経済発展に伴う石油需給の逼迫が原油価格の高騰を招いているなか、生産量の限られた軽質油に対し重質

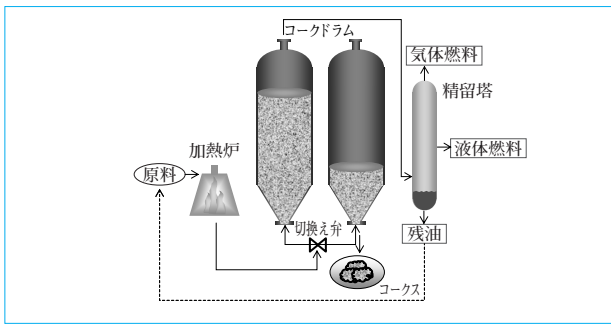


図1 ディレイドコーキング装置のフロー
Flow of delayed coking process

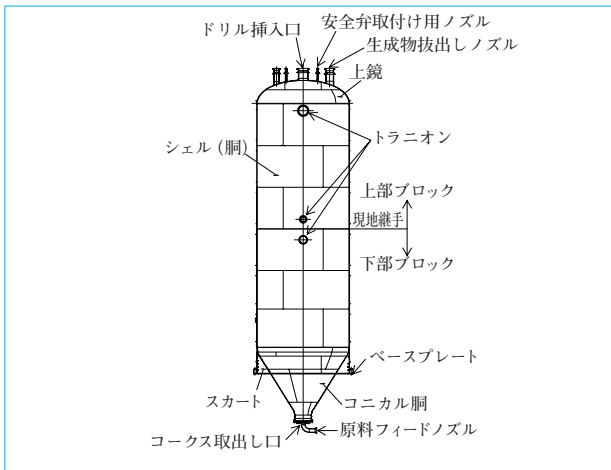


図2 コークドラムの基本構造
Configuration of coke drum

油の需要が増加しているが、残さ油に効果的な付加価値を与えるコーキング装置の需要が世界的に高まっている[※]。

このような市場環境のなか、一回の稼働でより多くの製品を得ることが可能な大型のコーキング装置を求めるエンドユーザが増加したことにより、近年では容器の直径が8 mを超える大型コークドラムが主流となっている。ほとんどのコークドラムは容器を完成品で現地に搬入するが、容器の大型化に伴い、道路・橋梁の幅や耐荷重といった陸上輸送上の制約からそれができない場合がある。

本報で紹介するコークドラムは、チリの石油公社に納入したものである。陸上輸送時の荷重制限から容器を2個のブロックに分割して工場で作成し、チリ国内の港まで海上輸送した後、製油所まで陸上輸送した。その後、現地での最終組立、溶接、溶接後熱処理、非破壊検査および水圧試験などの工事をASME (American Society of Mechanical Engineers) 認定工場である当社の責任所掌として行った。このように容器を分割して製作し、現地で一体化工事を行うことは当社として初めてであったことから、様々な課題を解決しながら工事を進める必要があった。次に、その概要を報告する。

2 装置の概要

2.1 プロセスの概要

ディレイドコーキング装置の概略フローを、図1に示す。常圧残油や減圧残油などの原料油は加熱炉で十分な分解温度まで加熱され、コークドラムに送り込まれる。その内部では



図3 コークドラムの出荷
Shipping of coke drum

分解重合反応が起こり、ガスやガソリンなどの軽質生成分は塔頂より採取された後精留塔で精製され、コークドラム内には生成したコークスが残留する。このコークスは冷却後高圧ジェット水により切断され、塔底より抜き出されてピットに集積される。ディレイドコーキング装置は複数基によるバッチ運転が一般的であり、熱分解とコークスの取出しを12~24時間のサイクルで切換え運転している。

2.2 容器の概要

チリに納入したコークドラムの基本構造を図2に、主要仕様を次に示す。工場では上部および下部の2ブロックに分割して製作し、出荷している(図3)。

- Ⓐ 内径 8.8 m
- Ⓑ 全長 約34 m
- Ⓒ 板厚 25~36 mm
- Ⓓ 重量 上部ブロック130 t, 下部ブロック195 t
- Ⓔ 材質 SA-387 Gr.11 Cl.2 + SA-240 Type 410S
(1.25 Cr-0.5 Mo + SUS410S クラッド鋼)

3 設計および工場製作

本コークドラムは、ASME Section 1~ Division 1および米国Foster Wheeler社のプロセス仕様書に従って設計・製作された。これは当社での製造実績も多い仕様であるが、分割ブロックでの出荷は初めてのケースであったことから、次のような検討および対策を実施した。

3.1 設計段階での検討

ポイントは、次の3点である。

- Ⓐ 分割したブロックの開口部の補強
- Ⓑ 輸送中の容器内防錆方法
- Ⓒ 本体付き吊り治具の小型化

工場出荷時は現地最終継手部が開口した状態となることから、開口部の補強が必要である。工場での溶接後熱処理時、海上輸送時および現地でのブロック立て起こし時に発生する応力に耐え得るような治具を設計し、応力解析で妥当性を確認した。

また、容器内面には高温硫化対策として13 Cr系ステンレス鋼が合わせ材に使用されているが、この鋼種は水分や塩分が表面に付着したまま放置されると錆びが発生する。そのことから、海上輸送中に容器内部へ水分や塩分が浸入しない

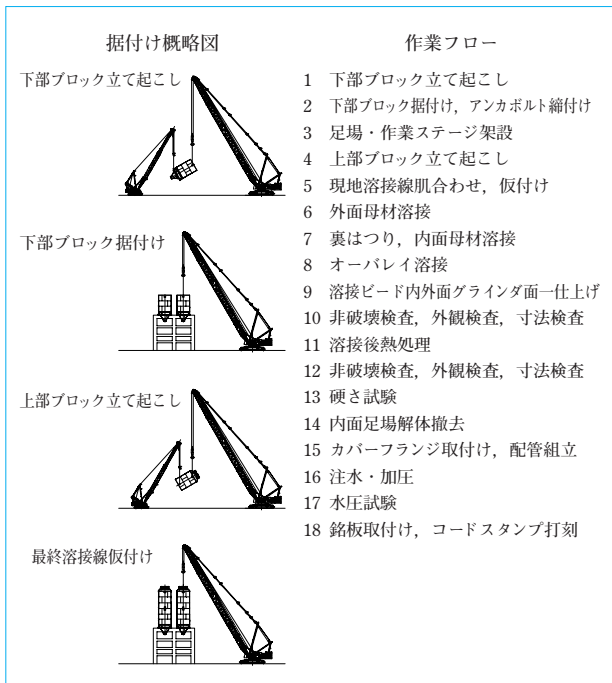


図4 現地工事のフロー
Site construction sequence

よう、シール機構を含めた開口部密閉蓋の検討を行った。径が約9 mの巨大な密閉蓋となるので、工場での取付けおよび現地での解体が安全かつ容易に行えるよう考慮し、最終的には機能、製作コストおよび脱着難易度のバランスをとれた構造を採用した。

また、本体外面には客先仕様によりトラニオンと呼ばれる現地据付け用の大型吊り治具が溶接で取り付くが、加熱・冷却を繰り返す厳しい運転環境であることから、応力集中部であるトラニオン取付け部は割れ発生の原因となる。据付け完了後は完全に除去することが要求されており、その除去跡は磁粉探傷試験により健全性を確認しなければならない。今回は上下各ブロックにトラニオンが必要で個数も多く、現地での作業を軽減するべくトラニオンの小型化が課題であった。トラニオンおよび取付け部周辺に対して、吊上げ時の衝撃係数も考慮した詳細な応力解析を実施し、十分な安全性を有することを確認した小型トラニオンを設計した。

3.2 工場製作での対応

現地での組立・溶接作業を円滑に行うには、工場では各ブロックを精度良く作り込んでおく必要がある。特に現地で最終継ぎされる周溶接線の周長と真円度は重要であり、規格や客先要求よりも厳しい社内公差を設定し製作を進めた。

また、補強治具や吊り治具の除去跡に欠陥が検出されるといふ現地でのリスクを回避するべく、これらの取付け溶接は入念に施工管理し、非破壊検査にてその健全性を確認した。

4 現地工事

4.1 事前調査

南米のチリでの現地工事であり、工事を行う上で当地の法や規則に触れることがないかの確認を含め、次に示すような不明点・問題点を明確にし解決する必要があった。

- ④ 査証、就労許可および当地労災保険加入の必要性

- ④ 現地パートナーの実力（工程／品質管理能力など）
 - ④ チリ人作業者の技量（溶接、製缶および試験検査）
 - ④ 日本から送る工事事用機材および物資などの輸入制限
- 難しい局面もあったが、客先、現地パートナー（DSD社）、両国の大使館および商社などとコミュニケーションを図り、確認作業を進めていった。重要なポイントは、当社スタッフが現地に向出し調査・査定を行った。

4.2 施行計画

現地施工は、客先およびDSD社と入念な打ち合わせを行い計画した。図4に、現地工事の概略フローを示す。また、施工計画に特に留意した点を次に示す。

4.2.1 工程計画および人員計画

工事期間の最短化には、ネックである溶接作業にロスが生じないように工程計画を実施した。また、全工程を通してコストと工期のバランスが最適となるよう、シミュレーションにより投入人員を決定した。

4.2.2 溶接および熱処理の計画

母材溶接に採用する溶接方法は、被覆アーク溶接（SMAW）とガスシールドの半自動溶接（GMAW）を比較検討し選定した。地上約40 mの屋外高所作業における風の影響や機材段取り工数を考慮した結果、溶接品質および施工期間で優位となるSMAWを採用した。内面のオーバレイ溶接については、材質がインコネルという難易度の高いNi合金であり、高温割れや融合不良といった溶接欠陥のリスクの緩和に、これまでの実績から最も確実なティグ溶接（GTAW）を採用した。現地パートナーであるDSD社の溶接士については、20名程度の候補者に対し技量試験を実施し、運棒法、外観および非破壊検査などの結果から優秀な人材を選抜した。

また、溶接後の局部熱処理については、直立した容器の胴中間部に位置する溶接線を690℃で4時間加熱することになることから、事前に座屈強度の検討を実施した。現地継ぎされる実機を想定し、開先のオフセットを考慮するなど厳密なモデル化を行い、有限要素法による線形座屈固有値を計算し評価した。図5に結果の一例を示すが、すべての解析モードで座屈の危険がないことを確認した。

4.2.3 足場・作業ステージの計画

当社の構想図および要求仕様に基づいてDSD社とすり合わせを行い、十分な剛性と作業に支障のない広さを持つ安全な足場と作業ステージを計画した。本工事では放射線透過試験を内面からのパノラマ撮影としていたことから、内面作業ステージ中央に機材が設置できるよう工夫した。

4.3 現地組立工事

4.3.1 据付け

すべてのクレーン作業はDSD社の計画を当社が審査し、問題がないことを確認してから実施した。合図や基本用語を事前に確認しておくことで言葉の問題を解消し、現地溶接線の肌合わせ作業においては、当社組立責任者の指示に従って問題なく位置出しを行うことができた。

現地溶接線の肌合わせ・仮付け作業は日本から送っておいだ治具を使用し、安全かつ迅速に行った。上下ブロックの食違い量や開先の隙間といった重要な品質管理項目についても、目標範囲内で良好な結果が得られた。

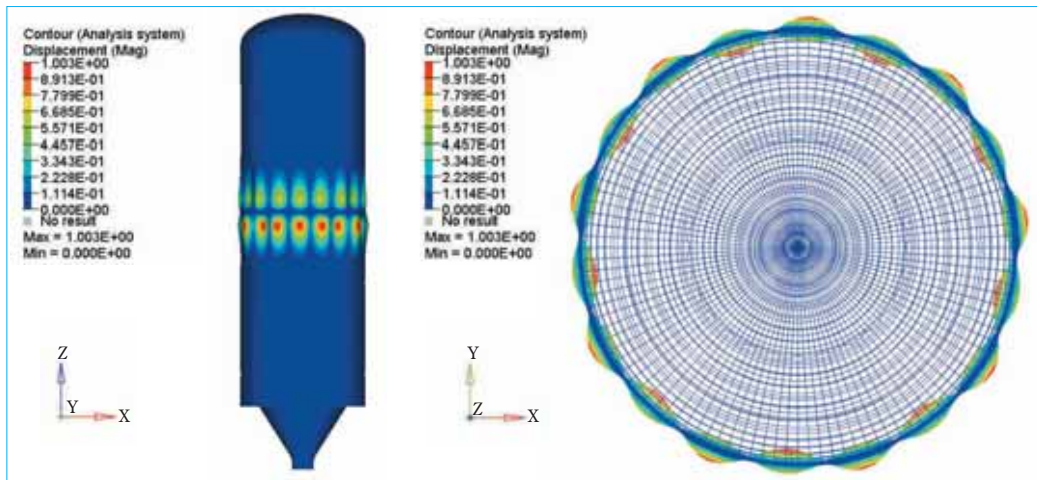


図5 溶接熱処理時の座屈検討
Buckling analysis of drum during post-weld heat treatment

4.3.2 溶接

本容器は母材に低合金鋼を使用しているが、遅れ割れが懸念されることから、母材溶接時は電気ヒータによる熱管理を行った。また、外面作業ステージは風対策として全面シート養生し、ブローホール混入の未然防止を図った。また容器内の作業環境対策として大型ファンを上鏡付きノズルに取り付け、容器内部の溶接ヒュームを追い出し、十分な換気が行えるようにした。真夏で、しかも溶接部が150~200℃に予熱されているという厳しい条件下での溶接作業であったが、溶接士の尽力により工場溶接と同等の高い非破壊検査合格率达成することができた。

4.3.3 局部溶接後熱処理

本工程は、現地溶接部の機械的性質を左右する重要なものである。DSD社の施工計画や熱電対・温度記録計の較正を事前に審査し、保温材を覆う前にヒータ取付け状態を検査することで、ASMEおよび客先要求を満足していることを確認した。施工中は、構内の電源トラブルによる影響がないようジェネレータを使用した。熱処理完了後は溶接部に対して硬さ試験を実施し、十分な効果が得られていることを確認した。

4.3.4 非破壊検査

要求されていた非破壊検査は、熱処理前の放射線透過試験 (RT)、超音波探傷試験 (UT)、磁粉探傷試験 (MT) および浸透探傷試験 (PT)、そして熱処理後のUT, MT, PTである。RTは事前のデモンストレーションでその撮影能力が確認されているパノラマ式で行った。当初はフィルムの現像ムラや汚れなどの問題があったが、当社非破壊検査技師の指導により改善され、最終的には問題ないフィルムが供された。

4.3.5 水圧試験

組立作業および必要な試験・検査完了後、ASMEおよび客先仕様に従って水圧試験を実施した。使用する水は製油所から供給され、その水質は事前に検査し、規定の塩素含有量以内であることを確認した。フランジのボルト締付けを当社指導下で実施するなどの対策を実行した結果、僅かな漏洩もなく、無事水圧試験を終えることができた。

4.4 品質管理

ASMEスタンプ適用工事であることから、工場の品質マニュアルに「Field Assembly」の項を追加し、現地ではその規

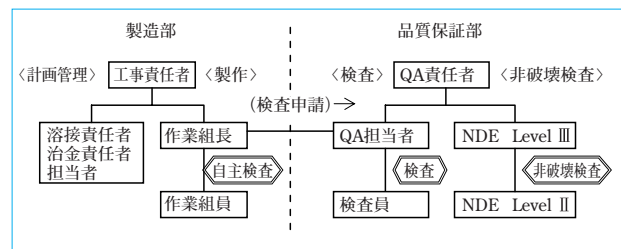


図6 現地工事の組織
Organization chart of site construction

定に基づいた品質保証体制を整えた。図6に、その組織図を示す。基本的に当社の現地品質保証責任者とLevel1非破壊検査技師が品質管理に当たった。なお、指導的立場の実務者としてLevel1非破壊検査技師も数名派遣し、工場と変わらぬ試験・検査体制をとった。

最終的にはASME公認検査官による記録の審査が行われ、立会いのもと水圧試験が実施された。製作された容器がすべての品質要求を満足していることを確認した後、銘板を取付け、コードスタンプ打刻し、無事竣工を迎えた。

5 むすび

- ae, 分割ブロックで出荷される場合は、開口部の補強や密閉方法に対し輸送や現地据付けも念頭に置いた設計を行うことが重要である。
- ae,, 現地工事の完工には、入念な事前調査・検討に加え、工事計画をともに行う現地パートナーおよび客先との緊密なコミュニケーションが不可欠である。
- ae'' 組織化された現地での製造・品質管理体制により、限られた工期内で適用規格および客先要求を満足する品質を作り込むことができた。

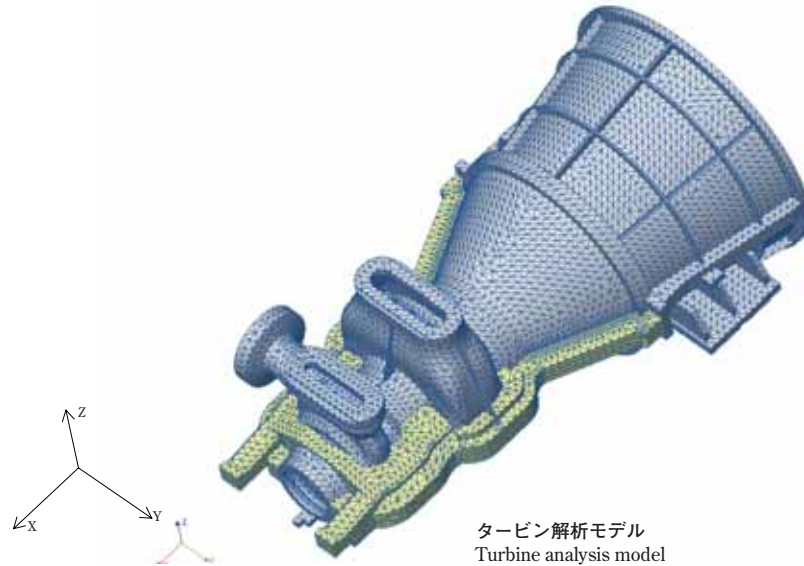
(参考文献)

- ae, 石油学会. 石油精製プロセス. p.193~202, 2006.
- ae,, 永松茂樹. 石油精製における重質油改質 (アップグレーディング) 技術の現在と将来. 日本エネルギー学会誌, no.85-4, p.271~276, Apr., 2006.
- ae'' Energy Information Administration. ANNUAL ENERGY OUTLOOK 2007. DOE/EIA-0383, Feb., 2007.
- ae''' 斎藤郁夫. 重質油特集号—限りある石油資源の有効利用を目指して—にあって. 日本エネルギー学会誌, no.85-4, p.255~257, Apr., 2006.

タービン起動時の熱応力解析

Heat Transfer and Stress of Steam Turbine

●井手紀彦*
Norihiko IDE



タービン解析モデル
Turbine analysis model

1 はじめに

近年、ガスタービンと蒸気タービンを併用したコンバインドサイクル発電設備において、DSS（Daily Start-Stop）運転される場合があり、このとき蒸気タービンの起動時間の短縮が要求される。

本報では、関東地区に納入したコンバインドサイクル発電用蒸気タービンに関し、起動時間を短縮した場合に発生するケースの温度分布の変化と発生する変形および応力の解析シミュレーションを行った。同時に実機のケース伸びおよびケース内外面・上下部の温度変化を計測し、比較検討することにより、従来実績のある必要起動時間を20%短縮することに成功した例を紹介する。

2 コンバインドサイクル発電の特徴

コンバインドサイクル発電はLNGなどの軽質油を用いて、ガスタービンで発電機を駆動し、また、ガスタービンの排熱を回収して蒸気を発生させ、蒸気タービンをも駆動する発電システムである（図1）。

化石燃料のエネルギーを、高温域から低温域までムダなく利用することにより、単一サイクルでは到達できない高い熱効率を得ることができる^①。また、ガスタービンは、他の化石燃料焼きボイラに比べ起動時間が短いことから、コンバインドサイクル発電プラントは電力需要のピークカットの目的でDSS運転が適応される場合がある。この場合、ガスタービンのみでなく、発電プラント全体の起動時間を短縮することが必要で、蒸気タービンも従来のように十分な暖気時間を取ることはできず、ガスタービンの立上げによる蒸気発生に合わせて起動する必要がある。蒸気タービンの立上げが遅れると、発生した蒸気は蒸気タービンをバイパスして復水器にム

ダに捨てられることになる。したがって、蒸気タービンの起動時間短縮がDSS運転の重要な課題となる。

3 熱伝導解析

蒸気タービン起動時に、蒸気よりタービンケースに伝わる熱量 Q は、蒸気とケースの温度差 ΔT および熱伝達係数 α に影響される。熱伝達係数 α は蒸気の流れ速度 V と密度 ρ （＝圧力 P ）が支配的な係数であることから、タービン立上げ時の温度分布が時々刻々変化する。したがって解析は非定常の熱伝導解析となり、初期条件から短い時間ステップで繰り返し解くことが必要となる。

解析には、起動時におけるタービン内部蒸気の温度 T 、速度 V および圧力 P の変化を予測するとともに、ケース保温を通しての大气への放熱、台板や配管への熱伝導も正しく評価する必要がある。また、得られた温度分布とケース固定の境界条件より、各時間における変形と応力を評価して判定することとなる^{②③}。

4 検討事項

発生が予想される問題としては、

- ①、ケースとロータの温度差およびケース変形によるクリアランス部での接触の問題
- ②、温度分布および熱膨張差によって生ずる、熱応力および低サイクル疲労の問題^④

があり、それぞれ検討する必要がある。

タービン起動時におけるロータおよびノズルの温度上昇は、ケースに比べて早い。接触の問題については、熱膨張差でノズルとブレードが離れる様にロータの軸方向の支持を設けることと、ノズルとケーシングの間に半径方向の熱膨張差を緩和するギャップを設けることで、解決することができた。

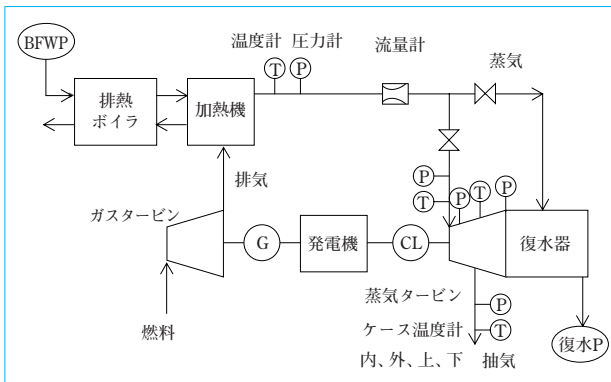


図1 コンバインドサイクル発電設備
Flow of combined cycle power plant

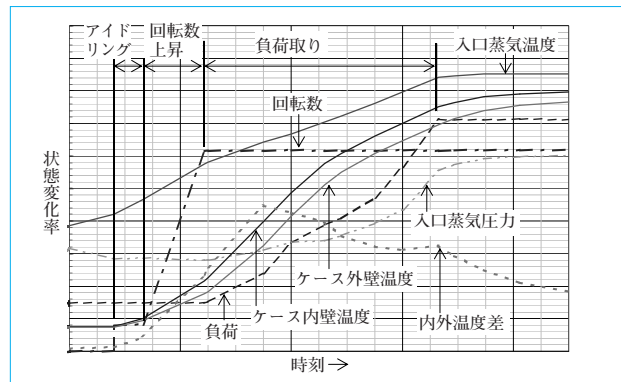


図3 起動時の状態変化
Condition chart of turbine start-up

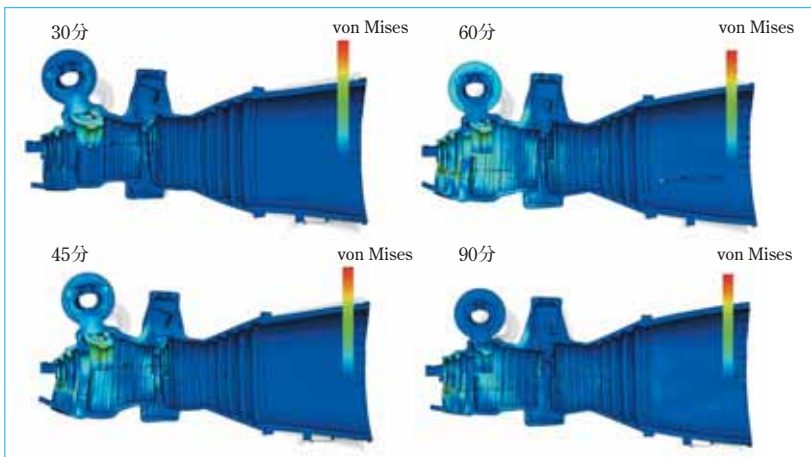


図2 起動後の変形・応力
Deformation and stress of turbine start-up

ケーシングにおいては、上部が下部より温度上昇が早いことから、上部の伸びにより、ケーシング前側のシールボックス部が沈み込み、ロータと接触を起こす可能性があることが分かった。対策として、シールボックス部の剛性を高め、沈み込みを抑える構造を採用した。また、最も高温高压の蒸気にさらされる加減弁室をタービンケーシングから独立させ、加減弁室からの熱伝導を抑え、加減弁室の熱膨張を吸収可能なタービンケーシング形状を採用することで、熱応力を緩和することができた (図2)。

5 運転モード

一方蒸気タービンの立上げ時は、大きく次の三つの運転状態がある。

- ae, アイドリング 低速の無負荷暖機運転の状態
- ae,, 昇速運転 無負荷でアイドリングから定速までの回転数上昇の状態
- ae''' 負荷取り 同期回転数で負荷を取り始め蒸気条件の上昇に従って定格出力まで上昇する状態

このうち、解析と実測の結果、負荷取り直後にタービンケースに大きな内外壁温度差と応力が発生することが分かった。ここでの負荷上昇速度を抑えるとともに、そのほかの運転状態での時間を短縮し、起動時間全体で温度差・発生応力を均一化することで、従来実績よりも20%起動時間を短縮することができた (図3)。

今後、一層の起動時間短縮要求や一層の高温高压運転条件に対して、起動時を含めた全運転条件で、蒸気タービンに発

生する熱変形および熱応力を低減するべく、蒸気タービン形状を改善していく予定である。

6 おわりに

- ae, 蒸気タービンの起動時に発生する、熱変形および熱応力の解析手法を検討した。
- ae,, 検討した解析手法は、実機ケースの伸び、ケース内外面温度差およびケース上下部温度差との比較により妥当なものと判断された。
- ae''' 発生する熱変形および熱応力を低減するべく、高温部からの熱伝導を抑え、高温部の熱変形を吸収するタービン形状を検討した。
- ae'''」 蒸気タービン立上げ時の負荷取り初期に、最も大きなケース内外面温度差と熱応力が発生する。この部分での負荷上昇速度を抑えることが、熱応力低下に効果的であることを確認した。

(参考文献)

- ae, 野口俊英. コンバインドサイクル用蒸気タービン. ターボ機械, no.32-9, p.519~523, Sep., 2004.
- ae,, 山手四郎, 三原資巨, 国分孝友, 山本鷹司. 蒸気タービン各部の熱伝達と温度分布. 三菱重工技報, no.2-1, p.22~28, Jan., 1965.
- ae''' 川上英彦. 大形蒸気タービンの運転と熱疲労. 火力発電, no.19-5, p.36~44, May, 1968.
- ae'''」 大谷幸広, 佐近淑朗, 石坂浩一, 馬越龍太郎, 中野隆. 高信頼性コンパクト中高圧タービン車室設計法の開発. 三菱重工技報, no.37-1, p.18~21, Jan., 2000.
- ae'''」 疲労強度の設計資料¹ 低サイクル疲労強度. 日本機械学会, 1983.

携帯3社に対応したsMobile(エスマバイル)

sMobile Adapted to Three Cell Phone Carriers

●原田 寛* 中田 誠* 田坂 暢子*
Hiroshi HARADA Makoto NAKATA Nobuko TASAKA



携帯3社に対応したsMobile (エスマバイル)
sMobile adapted to three cell phone carriers

1 はじめに

本報では、住友重機械工業株式会社における業務効率化を目的として開発されたアプリケーションパッケージsMobile (エスマバイル) について紹介する。sMobileは「IBM Lotus Notes/Domino」を携帯電話から利用可能とし、既存の情報資産の有効活用を実現するものである(図1)。

携帯電話を取り巻く背景として、国内の携帯電話契約数は1億回線の大台に達しつつあり飽和状態にある。これに対し各携帯電話会社は、個人消費者向けの市場に加え、法人利用の市場に重点をおいた新たな顧客囲い込み戦略を打ち出しており、携帯電話の法人利用に主眼をおいた様々な価値を付加した製品が登場しつつある(図2)。

sMobileは上記のような背景のもと、2006年10月に新バージョン6.5をリリースしたのでその内容を紹介する。

2 新バージョンのコンセプト

sMobileの新バージョン6.5 (Ver6.5) は、大別して次の三つのコンセプトから成る。

- ae, 携帯電話会社3社への対応
- ae,, 無線IP技術との連携(内線電話機能の付加)
- ae''' Notes機能との連携強化

特に、ae,については、当初の株式会社NTTドコモ(ドコモ)の端末に加え、KDDI株式会社(KDDI)およびソフトバンクモバイル株式会社(ソフトバンクモバイル)2社の端末への対応を実現した。

本報では、上記のae,およびae,,について個別にその概要を紹介する。

3 携帯3社への対応

3.1 番号持ち運び制度の開始と法人市場の活性化

携帯電話の利用会社を変えても電話番号を引き継げる番号持ち運び制度(Mobile Number Portability)が開始され、従来携帯電話の機種選択が個人の裁量であったものが、企業単位での一括契約に変更することが容易となった。これまで硬直気味だった携帯電話の法人市場を活性化させる可能性が高いと予想されている。一括契約による主なメリットを二つあげる。

ae, セキュリティ管理

使用実態の把握が困難だった個人や部署単位の利用から、携帯電話を全社で一括管理することができる。

ae,, 通信費の削減

企業が最も気にする携帯電話の通信コストの増大についても、一括契約することにより、料金の割引率は高くなり通信費の削減が見込める。

3.2 sMobileの対応

sMobileは3社のうち、主にドコモの携帯アプリに対応してきたが、こうした番号持ち運び制度の開始に伴い、更なる市場拡大に向けて他の事業者である、KDDIおよびソフトバンクモバイルの2社の最新携帯端末にもアプリ対応を行った。

次に、各社アプリの特徴とsMobileの対応を述べる。

ae, ソフトバンクモバイル 3G端末向け S!アプリ

a, 世界標準の採用

携帯端末向けのJavaプラットフォームとして、グローバルスタンダードな言語仕様であるCLDCとMIDPを採用している。

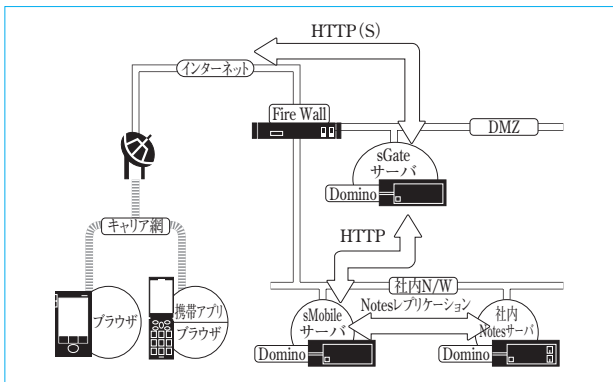


図1 システム構成
System configuration of sMobile



図3 モバイルセントレックス
Mobile centrex

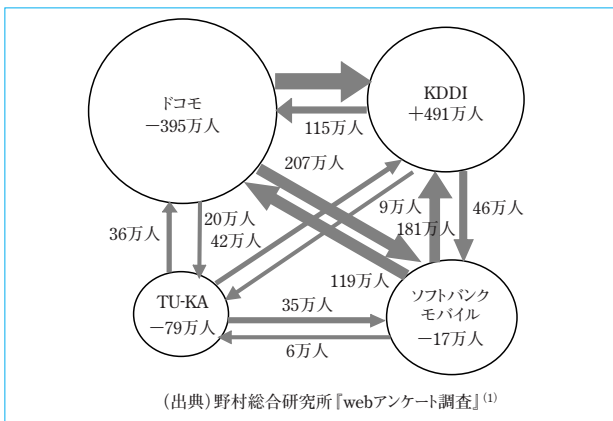


図2 キャリア間の変動予測
Forecast user shift among carriers

b. 独自拡張機能の搭載

最大1MBのアプリケーションサイズまでサポートし、アドレス帳やメールデータ、データフォルダへのアクセスも可能である。その他、カメラ、バーコード、GPSおよびBluetooth通信にも対応している。

ae, KDDI CDMA 1X WIN端末向け EZアプリ (BREW)

a. 高速で快適

BREWプラットフォームはネイティブ上にあることから、EZアプリ (BREW) が瞬時に起動し、これまで以上に快適なコンテンツの提供が可能である。

b. ネットワーキング

TCP/IPの通信プロトコルが利用でき、エンドツウエンドのPUSH型情報配信アプリも開発が可能である。

sMobileではドコモの携帯アプリで培ったJavaプラットフォームでの技術を共有化 (S!アプリ) および再構築 (EZアプリ (BREW)) し、同様のユーザインターフェースおよび機能を実現した。

4 無線IP技術との連携

4.1 モバイルセントレックスとは

モバイルセントレックスとは、従来の内線電話に変えて、携帯電話を内線電話として使用できるようにするサービスである (図3)。

4.2 内線電話として使えることによるメリット

メリットとして次の三つがあげられる。

- ae, 配線が不要なことから、レイアウト変更に伴うオフィス配線工事が不要になる。
- ae, 離席中でも電話対応でき、取次ぎ要員も不要になる。(オフィス外でも電話を受けられる)
- ae, 既存のPBXなどの内線システムを撤去、縮小することで、ランニングコストが削減できる。

4.3 モバイルセントレックスを実現する仕組み

モバイルセントレックスでは、外線では携帯電話網を使い、内線の通信方式に無線LANを使用する。そのことから、設備としてはSIPサーバや専用のデュアル端末が必要となる。

Ver6.5では、社内のNotesサーバに登録されている内線番号を参照し、デュアル端末から内線電話に直接コールする機能を実装した。これにより、既存インフラである内線電話と携帯電話の連携を可能とした。

4.3.1 SIPサーバ

SIPとはSession Initiation Protocolの略で、音声や映像をIPパケットに変換してIPネットワーク上で扱う方式であり、SIPサーバとは、電話番号を管理してIPアドレスと対応させ、相手呼び出す処理をするサーバである。

4.3.2 デュアル端末

モバイルセントレックスでは内線の通信方式に無線LANを使用することから、携帯電話機能に加えて、VoIP機能の両方を備えた専用の携帯端末が必要となる。

5 おわりに

Ver6.5のリリースにより、次の効果を実現できた。

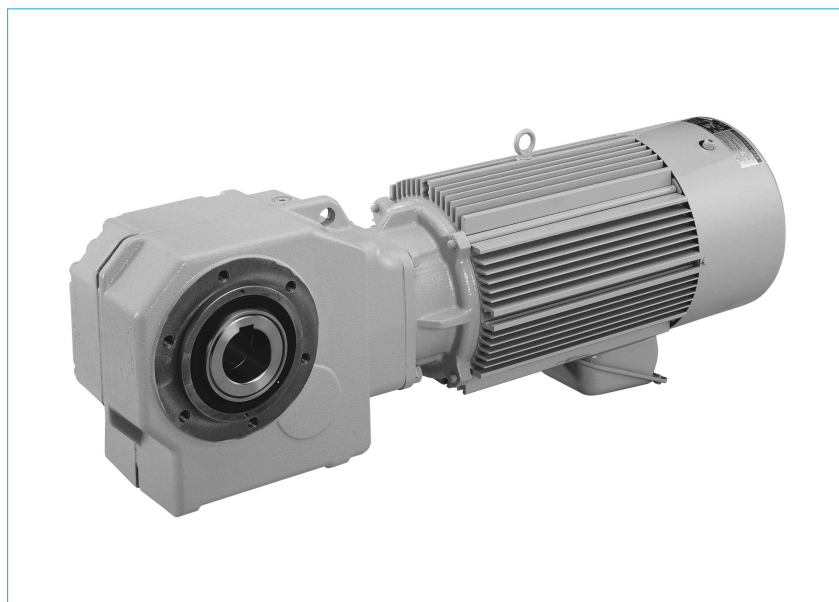
- ae, 新たに2社に対応したことにより各社独自の機能との連携が可能となり、モバイル活用の範囲を広げることができた。
 - ae, 内線電話機能に対応したことで、企業内の既存インフラ整備に大幅に貢献することができた。
- 技術革新が早いモバイル技術に対し、ビジネス利用に必要な要素を見極めた上で、今後も積極的にsMobileの改良と機能アップに取り組み、業務の効率化とスピードアップの実現を図る所存である。

(参考文献)

- ae, 野村総合研究所. Webアンケート調査. Sep., 2004. ae,
- ae, 日経BP社. 日経コミュニケーション, 2006年10/15号, 2006.

ハイポニック減速機[®]NEOシリーズ容量拡大

HYPONIC Gear Motor[®] NEO Series Input Power Expansion



ハイポニック減速機[®]は、1988年の発売以来、軽量、コンパクト、低騒音、高効率およびメンテナンスフリーなどの特長を生かし、産業分野を中心に搬送および物流機器などの動力伝達装置として好評を得ている。

2002年1月には中空軸タイプをモデルチェンジ、国内客先の要望を満足しながら海外客先への対応力を強化して、NEOシリーズとして発売した。

今回、NEOシリーズに、ハイポニック減速機[®]としては大型の機種を追加発売、対応容量の拡大を行った。

主要仕様

形式	中空軸 (RNVM) タイプ
モータ	三相モータ付き 5.5~11 kW インバータ用モータ付き 3.7~7.5 kW
減速比	5~25

特長

ae, 減速機部とモータ部の分離可能な構造を採っている。減速機部とモータ部の組み合わせに自由度が広がり、さまざまな仕様を短納期対応可能とした。また、分離可能な構造を採ったことにより、減速機部およびモータ部をそれぞれ別個にメンテナンス可能である。

ae,, 軽量、コンパクトである。減速比対応範囲5~25と低減速比に特化し、内部ギヤおよびケーシングの最適設計により減速機部のサイズはコンパクトなまま対応容量の拡大を実現した。

ae” 低騒音、高効率である。減速機初段にハイポイドギヤを用い、独自の解析技術により低騒音および高効率を実現している。

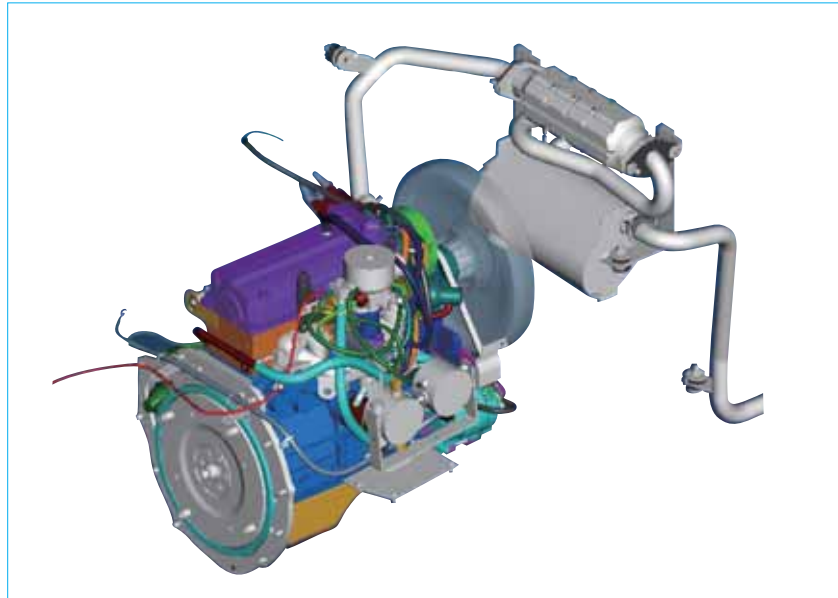
ae» 長寿命グリースを封入している。専用特殊グリースの採用により大型直交機種でありながらグリース潤滑を実現し、取付け方向の自由度を確保するとともに長期間のメンテナンスを不要とした。

本製品は競合製品に対し優位性を持った商品であり、搬送および物流機器の駆動用はもちろん幅広い用途に採用されることが期待される。

(PTC事業部 峯嶋 靖)

LPG低排気ガスシステム

LPG Low Exhaust Emission System



近年、社会全体で環境負荷軽減の動きが高まっているが、フォークリフト業界も例外ではなく、エンジン車での排気ガス清浄化の要求が強くなってきている。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、そのニーズに応じて、従来のLPG低排ガスシステムに改良を加え、さらにクリーンな低排ガスシステムを開発、販売を開始した。

使用を推奨するユーザを次に示す。

- ae, 比較的クリーンな環境での屋内使用が多いユーザ
- ae,, 環境を重視しているが、車輻の稼働時間やパワーの面からエンジン式フォークリフトを希望するユーザ
- ae” ISO14001を取得し、作業環境や周囲環境のクリーン化に取り組んでいるユーザ

新LPG低排ガスシステムは、主にフィードバック燃料制御装置と三元触媒コンバータで構成される。

〈フィードバック燃料制御装置〉

排気管に取り付けられたO₂センサにより排気ガス中の酸素濃度を検知し、その信号を基にコントローラがLPG気化器に装着された電磁式ソレノイドバルブをON/OFFしてLPG燃料の供給量を最適に調整する。この装置によって、エンジンに送られる空気と燃料の比率（空燃比）の最適化を実現している。コントローラには、あらゆる運転パターンにおいて空燃比を最適化する住友ナコMH独自の制御プログラムが入力されている。

〈三元触媒コンバータ〉

最適空燃比で混合気を燃焼した後に発生する排気ガスは、排気管の途中に設置される三元触媒コンバータに入る。三元

排気ガス浄化性能

	排ガス値 (g/kWh)		
	CO	HC	NO _x
2007年国内排気ガス規制値	20.0	0.6	0.6
標準ガソリン車	36.2	4.4	22.1
標準LPG車	28.0	2.1	12.1
新低排ガスLPG車	1.47	0.15	0.36
標準LPG車に対する低減率	95%	93%	97%

ISO 8187-4 C2モードテストによる排ガス測定値
(国内排気ガス規制同一モード)

注 数値は測定値であり、保証値ではない。

触媒内部での酸化・還元作用により排気ガス中に含まれるCO、HCおよびNO_xの浄化を行った上で、排気ガスはマフラを通して車体外に排出される。この住友ナコMH独自の低排ガスシステムによって超低排ガス化を実現している。

特長

- ae, 標準LPG車に対し、CO、HCおよびNO_xのすべてを80%以上低減した超低排ガス仕様車である。
- ae,, 東京都中央卸売市場における排気ガス規制認可を取得済みである。
- ae” 2007-2008年にガソリンおよびLPG式フォークリフトに適用される国内排気ガス規制値を大きくクリアしている。

(住友ナコマテリアルハンドリング株式会社 後藤 哲夫)

主要営業品目

変速機、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ラックス、精密制御用サイクロ減速機、プレストギヤモーター、コンパワースター遊星歯車減速機、[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ー、サーボドライブ、DCドライブ
サイクロ、アルタックス、コンパワースター、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

レーザー加工システム

●レーザドリルシステム ●レーザアニーリングシステム ●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 ●YAG高調波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XYステージNanoplaneシリーズ ●リニアモータNanoplaneシリーズ ●マイクロマシン ●エキシマレーザアニーリングシステム ●ウエハ研削装置 ●ウエハ洗浄装置

AURORAおよびNanoplane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 ●精密XYステージNanoplaneシリーズ ●リニアモータNanoplaneシリーズ ●冷凍機：バ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およびNanoplane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)
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)
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
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

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：フォーミングプレス、油圧プレス、フォーミングロール、超高压発生装置 ●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)、トランスファークレーン、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、鉱石運搬船、鉱油兼用船、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、産業車輛

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

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)

※本文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
増田 雅之
大須賀 浩幸
三田 秀樹
平田 徹
西原 秀司
川井 浩生
村野 賢一
佐々木 靖彦
木村 一博

委員 小島 宏志
太田 朝也
井辻 孔康
木村 良幸
土居 砂登志
乃美 和博
久保 隆
古川 竜治
事務局 技術本部
アシスト SNBC
〇〇代田プランニング

住友重機械技報

第164号 非売品

2007年8月10日印刷 8月20日発行

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