

工作機械における省エネルギーへの取り組み

Approach to Energy Saving in Machine Tools

植竹伸二 S. UETAKE

The power shortage triggered by the Great East Japan Earthquake, regarded as one of six major problems for the manufacturing industry, has led to greater demand for energy saving from machine tools.

To accomplish such high level energy saving, further study on new elemental, control, and machining technologies has become necessary. To this end, JTEKT has made efforts to achieve significant improvements through development of various technologies and complete evaluation by a JTEKT original "eco-scale".

This paper presents an overall picture of our approach to energy saving for machine tools and how this approach will evolve into further technical development.

Key Words: machine tool, energy saving, eco-scale, main spindle, wheel spindle, idle stop, mottainai

1. はじめに

2011年3月の未曾有の東北大震災を経験し、多くの痛みとさまざまな問題に対する反省から、現代の社会の弱い部分が浮き彫りにされている。

とりわけ、原子力発電所の被災に端を発した『電力』の課題は、製造業にとって円高や、高い法人税などとともに、6重苦として取上げられる大きな社会問題となっている。

工作機械は、さまざまな物理エネルギーを『工作物の加工』という仕事に変換する仕掛けと言える。

生産を行うためには、エネルギーの供給が必須で、効率のよい加工のためにエアやクーラントなどの供給も必要となる。エアやクーラントの供給も、設備全体の稼動も『電力』である。これからの工作機械を考える時に、省エネルギーや省電力は最も重要なキーワードとなった。

そうした背景から、本報では工作機械の省エネルギーに向けた取り組みを紹介する。

2. 工作機械の消費エネルギーについて

工作機械が消費するエネルギーを大別すると、機械が停止中でも電気機器を保持するための『待機エネルギー』と機械が稼動中に固定的に必要とする『定常エネルギー』

一]、加工状態などの動きによって変動的に必要とする『動的エネルギー』に分類される(図1)。

- ①『待機エネルギー』は電源をつなぐと消費するため、こまめに電源を切るなど節電が必要となる。
- ②『定常エネルギー』は生産時間全体に渡り消費するため、絶対量を低減することができれば、生産時間に比例して効果を高められる。
- ③『動的エネルギー』は加工状況などで変動し、加工効率を高め加工時間を短縮することと、必要なエネルギーを低減することの両方が必要となる。

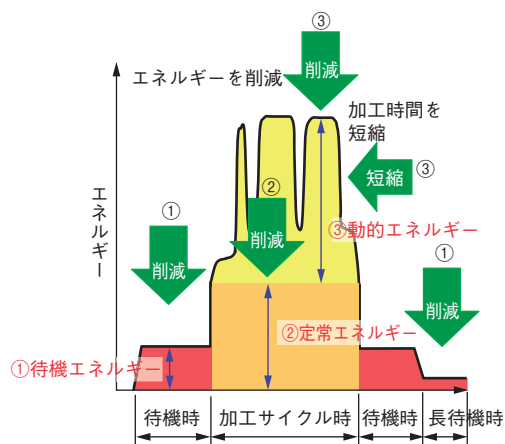


図1 工作機械の消費エネルギー
Energy consumption in machine tools

3. 待機エネルギーと定常エネルギーの低減

3.1 アイドルストップの思想

工作機械においても、自動車と同様に、モータやバルブなどの待機電流を抑制するアイドルストップの考え方が活用できる。また、油圧ポンプユニット用などの定常エネルギーもアクチュエータの動作中と、圧力保持中でモータ速度を可変制御することで、消費エネルギーを抑制できる(図2, 3)。

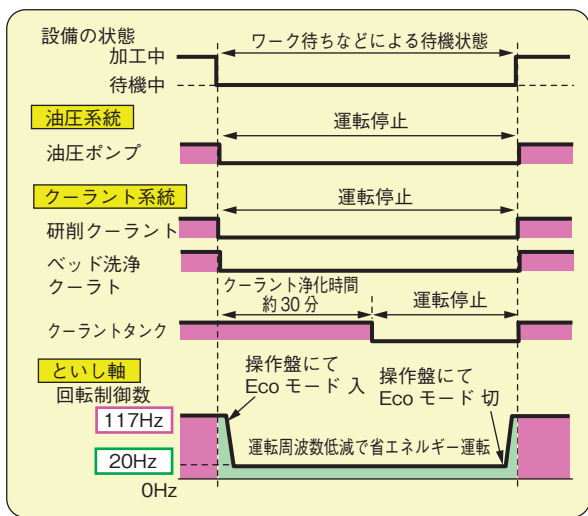


図2 待機エネルギーの低減
Reduction of stand-by energy

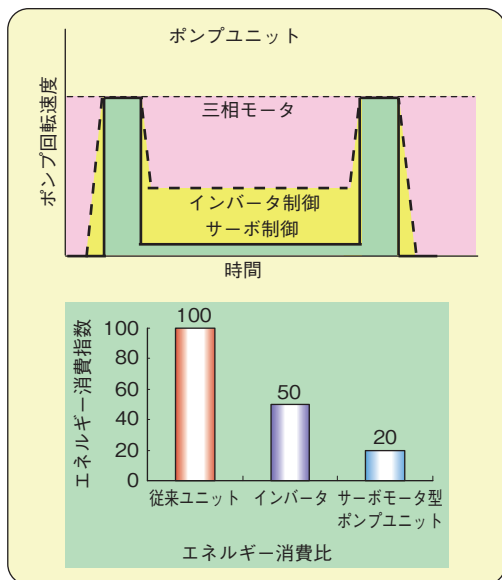


図3 ポンプユニットの消費エネルギー低減
Reduction of pump unit energy consumption

4. 動的エネルギーの低減

4.1 エア消費量の削減

稼動時のエネルギーは主軸潤滑エア、冷却エアなど、主軸潤滑に掛かるエネルギー消費が大きい。そのため潤滑の信頼性を損なうことなく消費エネルギーを低減するための技術開発が必要になっている。

現在、切削機やマシニングセンタの主軸潤滑はオイルエア方式が主流であるが、エアを大量に使用し、エネルギー消費が多い(図4)。

そこで、信頼性が高く、長寿命のグリース潤滑主軸の開発を工作機械部門と軸受部門との協力で推進した(図5)。オイルエア潤滑をグリース潤滑に変更できれば、エネルギー消費の20%を占めるエアを削減できる(図4)。

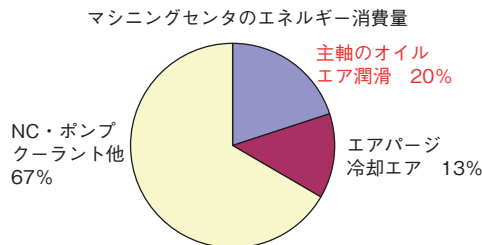


図4 マシニングセンタのエネルギー消費量
Energy consumption machining centers

- ◆グリース潤滑の課題
- ・高速回転時のグリース寿命の確保

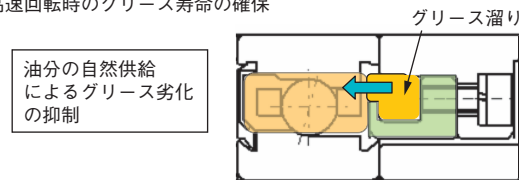


図5 グリース潤滑主軸
Development of grease-lubricated main spindle

4.2 潤滑油量の削減(静圧流体軸受の進化)

一方で、研削盤のといし軸などではエアを使用しない流体軸受を採用している。流体軸受は精度と剛性を高め、研削加工に求められる高精度加工を支える重要技術であり、当社のコア技術となっているが、潤滑油の粘度に起因する動力損失が大きく、駆動モータの消費エネルギーが大きくなってしまいう背反が存在する(図6)。

そこで潤滑油の供給流量を制御し、作用荷重により供給流量を最適にする技術開発を進めている。研削時と非研削時で消費流量を可変として、全体の消費エネルギーを最適化することにより省エネルギーを実現できる(図7)。

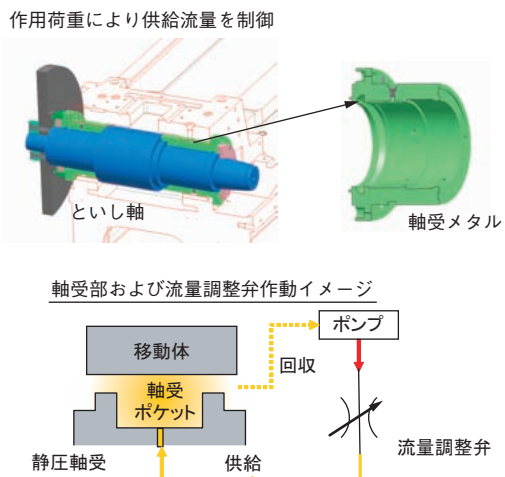


図6 といし軸の流量制御
Flow control for wheel spindle

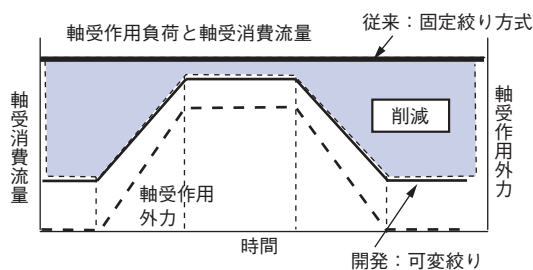


図7 流量制御による流量削減効果
Effect of oil flow reduction by flow control

4.3 研削・切削動力を下げる取組み

製品設計においても、取り代を削減することで、研削・切削動力を低減したり、工程や製品形状を見直すことで、加工箇所を削減するなどが必要となっている。

例えば、シリンダブロック (C/B) の荒ボーリングでは、素材の高精度化などの取り組みの効果もあり、切削動力を年々低減させてきた (図8)。

これらの取り組みは、切削動力を低く抑える効果に加え、特殊工具を廃止しツーリングや設備をはん用化することにも効果をあげている。

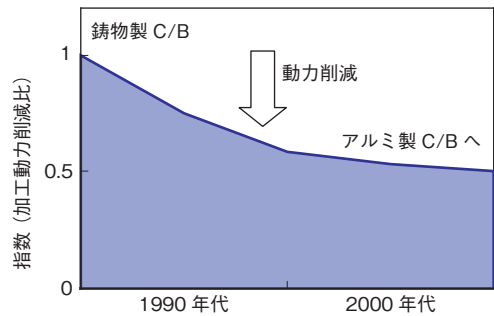


図8 切削動力の低減
Reduction of machining power

5. 省エネルギーに向けた指標づくり

5.1 エコスケール

現在、当社の工作機械部門において、設備を開発する際に、環境負荷を評価し低減するための指標として独自の評価基準『エコスケール』を定めている。

エコスケールは表1に示すように、電力やエア消費量、質量、使用油量などを指標化し比較評価するものである。

研削盤、切削機、マシニングセンタそれぞれにエコスケールを下げる取り組みを行ってきた。

今後も省エネルギー技術の開発を強化し、2015年VISIONでは対2000年比で70%の低減を目指している (図9)。

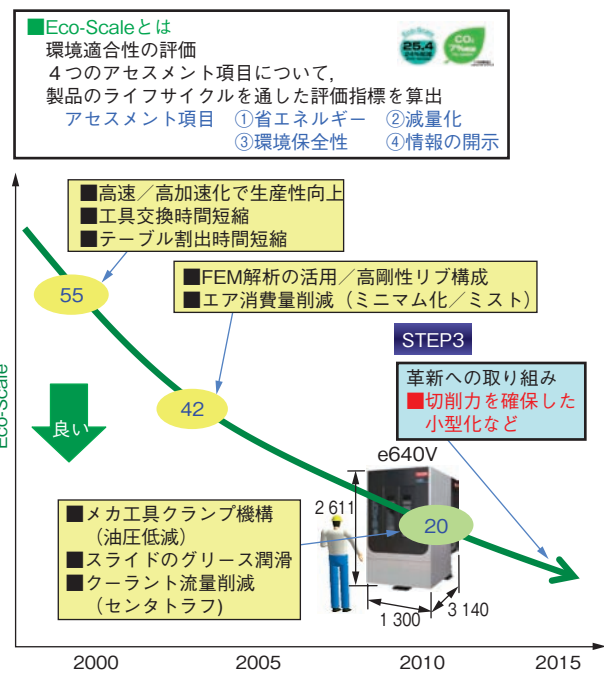


図9 エコスケールの低減目標
Target reduction on the eco-scale

表1 エコスケール
Eco-scale

アセスメント項目	評価項目	評価ポイント基準	備考(事例範囲)		
省エネルギー	1	電源容量 (kVA)	0.1 × □□ kVA	1.5 ~ 5.8kVA → 1.5 ~ 5.8 ポイント	
	2	待機時電力消費 (%)	10% 未満	1	主軸 100% 負荷時に対する 運転準備 ON 状態の電流比
			10% 以上 20% 未満	2	
			30% 以上	3	
3	エア消費量 (NL/min)	0.004 × □□ NL/min	0 ~ 900NL/min → 0 ~ 3.6 ポイント		
4	生産性効果	2003 年生産性比削減率: A [2003 年生産性: 5] × A	2003 年度の生産性に対する比率にて 評価		
省エネルギー 環境保全	5	クーラント使用の有無	微量または使用しない	1	ドライカットまたはセミドライカット
			使用する	2	
減量化	6	軸受油量 (L)	0.05 × □□ L	0 ~ 60L → 0 ~ 3.0 ポイント	
		潤滑油量 (L)	0.05 × □□ L	0 ~ 75L → 0 ~ 3.7 ポイント	
		作動油量 (L)	0.05 × □□ L	0 ~ 20L → 0 ~ 1.0 ポイント	
省エネルギー	7	設置面積 (m ²)	0.4 × □□ m ²	2.2 ~ 12.5mm ² → 1 ~ 5 ポイント	
減量化	8	機械質量 (kg)	0.0004 × □□ kg	2 450 ~ 14 000kg → 2 ~ 3.5 ポイント	
環境保全	9	騒音レベル (dB)	□□ dB-77 (77dB 以下は 0)	79 ~ 80.5dB → 2 ~ 3.5 ポイント	
	10	機械設置面振動 (μm) P-P	1μm 未満	1	機械早送り時カバーから 1m 離れた 地点での地面の振動を測定する
			1μm 以上 5μm 未満	2	
5μm 以上			3		
省エネルギー 環境保全	11	搬送車種	4t 普通トラック	1	例) 使用台数 × [1] + 使用台数 × [3]
			11t 普通トラック	2	
			11t 低床トラック	3	
			20t 平トレーラ	4	
			20t 低床トレーラ	5	
環境保全	12	有害物質の使用	一切使用しない	1	化学物質環境事前評価手順に定める 削減対象物質と使用禁止物質
			削減対象物質を使用する	2	
			使用禁止物質を使用する	3	

6. おわりに

少し前の話しになるが、『もったいない』という日本の言葉が、エコロジーを語る場面でよく使われた。

限られた資源を最大限有効に活用し、より価値を高めることにより日本がモノづくり大国になったとすれば、工作機械は再び日本人の感性を生かした革新が必要になったと言える。

高生産性、高精度、高品質のモノづくりに『エコロジー』が加わった日本の工作機械が、世界の製造業を支える最良の手段となるよう、技術研鑽を進めていくことが重要と考えている。

筆者



植竹伸二*
S. UETAKE

* 執行役員