

H6シリーズ小形コントロールユニット

松本 敦^{*1)} 藤井昌明^{*2)}

1. はじめに

コントロールユニットは産業機器から民生機器に至るあらゆる分野で、オペレーターと機器・装置とを結ぶマンマシンインターフェイスとして重要な役割を担っている。また操作性・操作の安全性・デザイン性・視認性などの機能及び、機器・装置の電子制御化に対応した微小負荷の開閉における高信頼性も必要とされている。このような背景から、機能と用途を絞り込んだ種々のコンセプトで特長のあるコントロールユニットが商品化されている。

ここでは、特に操作性・操作の安全性、耐環境性を要求される工作機械に適した、φ16取り付けのコントロールユニットとして開発したH6シリーズについて述べる。

2. 開発コンセプト

φ16取り付けのコントロールユニットとしては、A6シリーズが完備されているが、工作機械、特にトランスファマシン・専用加工機（NCの条件設定を除く）等では、今まで以上に操作性・操作の安全性の高いコントロールユニットを求めるニーズがあった。

H6シリーズは、特にこのようなHeavyな環境と用途に適したコントロールユニットとして開発を進めた。

以下に、開発コンセプトと内容について項目別に示す。

1) 小形で操作性が良いこと。

-----リング寸法φ24, □24mm

φ16取り付けのコントロールユニットのリング寸法は、φ18・□18・18×24が一般的であるが、この寸法だと、軍手をはめた状態ではリングに指先が引っかかることがあり、操作性が悪い。H6シリーズでは、軍手をはめた指の太さを約20mm前後と想定し、集合密着取り付け時に軍手をはめたままでも確実に操作できること及び、A6シリーズと組合せて使用した時の整合性を図ることより、リング寸法を、φ24, □24mmとした。

*1) 製品開発センター 第2開発グループ

*2) 製品開発センター 第2開発グループ

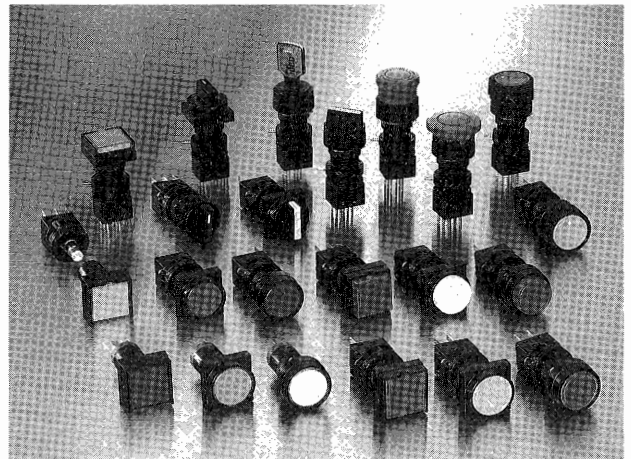


図1 H6シリーズ外観

2) 集合取り付けによる省スペースを図ること。

-----縦横24mmピッチで密着取り付け可能

機器が小形化するにつれ、コントロールユニットのリング部が示めるパネル面積の割合が高くなっている。リング寸法の大きいコントロールユニット（例えばNシリーズ）では、横密着取り付けは可能だが縦密着取り付けはできなかった。H6シリーズでは、リング寸法を24mmとし、操作性を良くした上で、パネル面の省スペースを図る縦横24mmピッチの集合密着取り付けを可能とした。

3) 操作の安全が確保できること。

-----操作ストローク5mm, スイッチ動作3.5mm

操作荷重 約650g (2C)

作業者が操作途中に緊急に操作を中止する必要がある場合、短い操作ストロークのスイッチ動作では、対応できないことがある。このような場合でも対応可能にするため、操作ストロークは5mm、スイッチ動作は約650g (2C) とし、確実な操作が必要な荷重として、操作ストロークと合わせて安全性を高めた。

4) パネル面よりの突出寸法を極力小さくすること。

-----リング高さはパネル面より11mm。

H6シリーズは、保護構造をIP65（防噴流防油形）とし、強度的にはA6シリーズを上回ることが必要であるため、

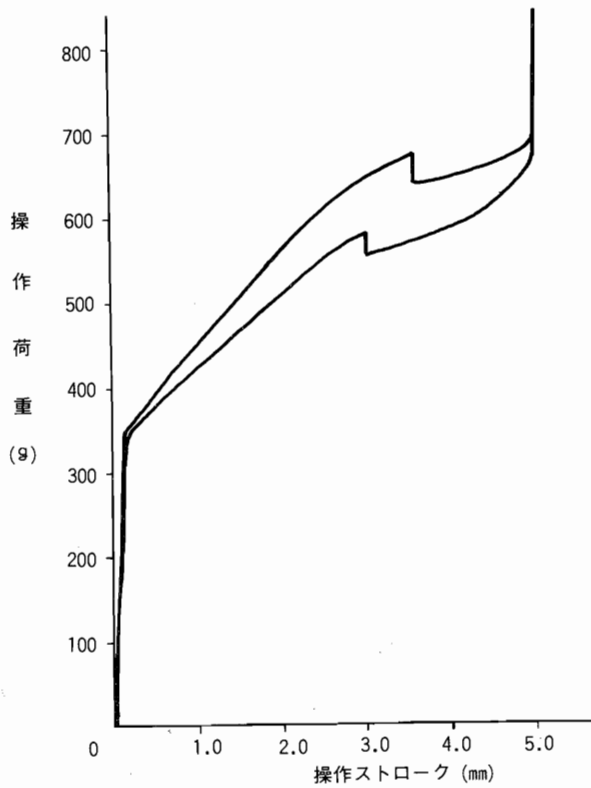


図2 H6シリーズ照光押釦スイッチのストローク-荷重曲線

リング高さはパネル前面部を構成する部品と、操作ストロークの5mmを考慮し、11mmが限界の寸法となった。また、材質には油に強いポリアセタール樹脂、ポリアリレート樹脂を採用した。

3. 種類と性能・定格

H6シリーズは、種々のニーズに応えたワイドバリエーション化を図っている。表1に機種一覧表を、表2に接点定格及び性能仕様を、図3に外形寸法図を示す。

以下に、各機種についての特長を述べる。

3.1 照光押ボタンスイッチ

- 汎用の航空機用電球を使用することでメンテナンスが容易に行える。
- レンズ表面にツヤ消し加工を施し、大きくて見やすい無反射レンズを採用している。
- 従来の彫刻による記名に対応するだけでなく、図形など複雑な記号の表示ができる記名フィルム収納スペースを設けている。

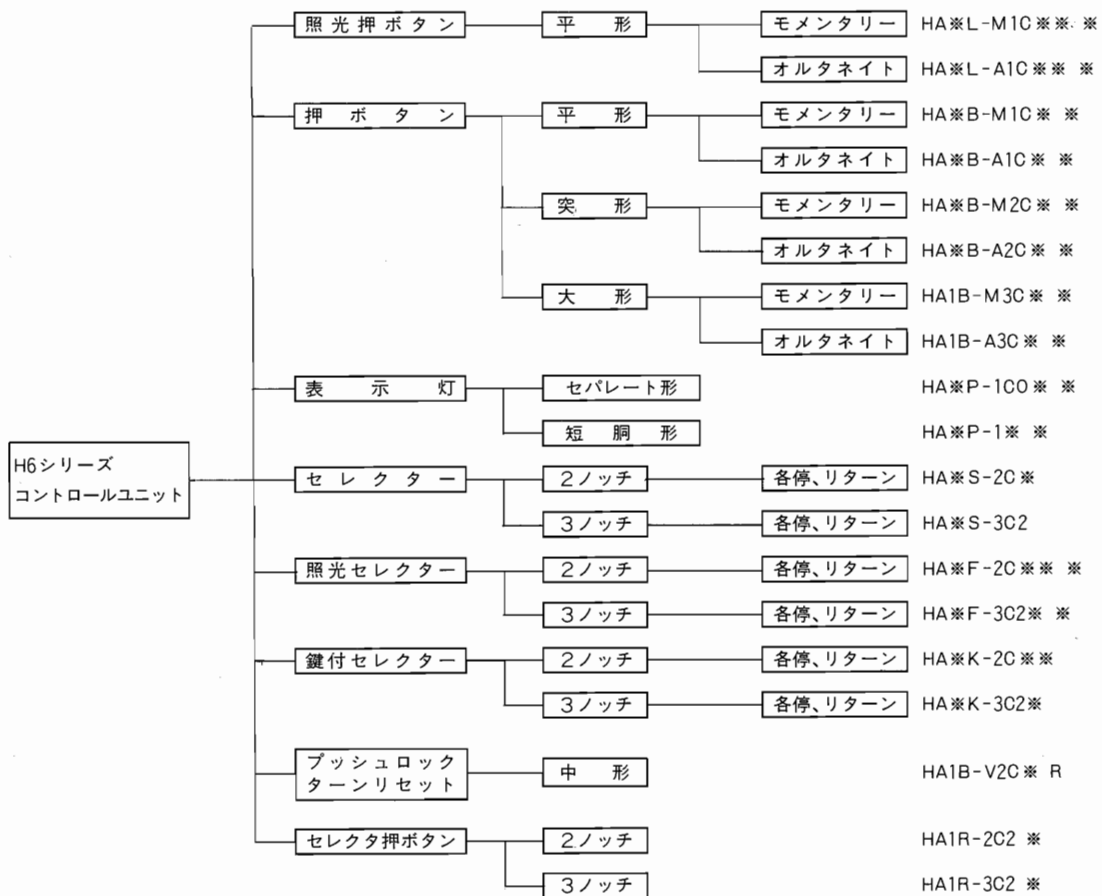


表1 H6シリーズ機種一覧表

表2 H6シリーズ接点定格、性能仕様

☐ 性能仕様

標準使用状態	周囲温度：-25~+55℃(氷結しないこと) (保存周囲温度：-40~+80℃) 相対湿度：45~85%
接触抵抗	50mΩ以下(初期値)
絶縁抵抗	100MΩ以上(DC500Vメガにて)
耐電圧	充電部とアース間：AC2500V・1分間 異極端子間：AC2500V・1分間 同極端子間：AC1000V・1分間
	照光部：充電部とアース間：AC2500V・1分間
耐振動	誤動作：5~55Hz 複振幅1mm
耐衝撃	耐久性：1000m/s ² (約100G)
	誤動作：100m/s ² (約10G)
寿命	機械的 モメンタリ形：100万回以上 オルタネイト形：20万回以上 セレクトスイッチ：25万回以上 鍵付セレクトスイッチ：25万回以上 照光セレクトスイッチ：25万回以上 プッシュロックターンリセットスイッチ：25万回以上 セレクト押ボタンスイッチ：25万回以上
	電氣的 モメンタリ形：10万回以上(注1) オルタネイト形：10万回以上(注2)
保護構造	防噴流・防油形(JIS C 0920/JEM1030) IP65(IEC pub529)
端子形状	はんだづけ兼用タブ110端子 プリント基板用端子

(注1) 開閉頻度1800回/時 (注2) 開閉頻度1200回/時

☐ 接点定格

● 金接点

定格絶縁電圧	AC/DC250V	
最大通電電流	3A	
定格使用電圧	DC30V	AC125V
定格使用電流(抵抗負荷)	0.1A	0.1A
接点材質	銀に金クラッド、クロスバー接点	

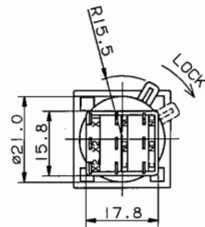
● 最小適用負荷(参考値)=AC/DC5V・1mA

● 銀接点

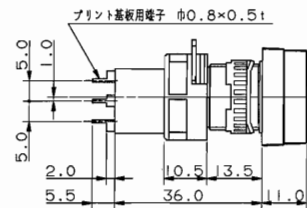
定格使用電圧	30V	125V	250V
交流 50/60Hz	抵抗負荷	—	3A
	誘導負荷	—	2A
直流	抵抗負荷	2A	0.4A
	誘導負荷	1A	0.2A
定格通電電流	5A		
接点材質	銀		

(注) 交流誘導負荷：PF=0.6~0.7、直流誘導負荷：L/R=7ms以下

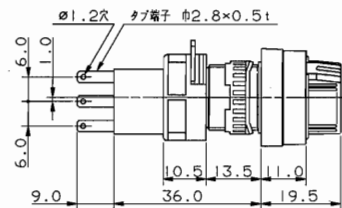
照光押ボタンスイッチ
表示灯(セパレート形)
(半田付け兼用タブ端子形)



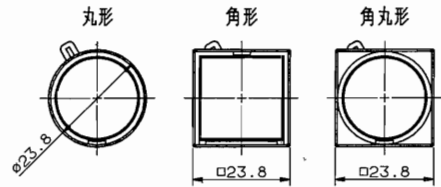
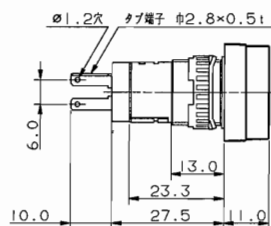
照光押ボタンスイッチ
表示灯(セパレート形)
(プリント基板用端子形)



セレクトスイッチ
(半田付け兼用タブ端子形)



表示灯(短胴形)
(半田付け兼用タブ端子形)



☐ 端子配列
BOTTOM VIEW

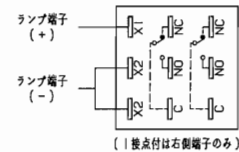


図3 代表機種外形寸法・端子配列

3.2 押ボタンスイッチ

押ボタン部は、操作軸に直接、ボタンチップを組込む構造とし安全性、強度をより高めている。

押ボタンの形状は、平形・突形・大形を完備している。

3.3 表示灯

パネル内奥行き寸法27.5mmの短胴一体形と、押ボタンスイッチ等と同じ36mmの分離セパレート形の2種類があり、配線作業性やパネル面のデザインにより選択できる。なお、分離セパレート形は、ワンボード方式の場合に他の機種と同一に組込める構造とした。

3.4 セレクタスイッチ

操作部の形状は、矢形ハンドル操作形とKey操作形があり、矢形ハンドル操作形には、非照光式と照光式がある。動作は、2ノッチ・3ノッチの各位置停止タイプ及び、スプリングリターンタイプを完備している。

3.5 セレクタ押ボタンスイッチ

接点選択形のセレクタ押ボタンスイッチで、動作は2ノッチタイプと3ノッチタイプがある。パネル前面部高さは20mmで、セレクタスイッチや大形押ボタンスイッチと同じ高さとし、寸法の統一化を図った。接点構成は、工作機械などで広く使用されている操作リングで接点位置を選択し、押ボタンの操作で開閉する仕様とした。

3.6 プッシュロックターンリセットスイッチ

安全性、信頼性に特長を持った非常停止用の押ボタンスイッチである。構造、技術については、5.2で述べる。

なお、H6シリーズの角丸形の照光押ボタンスイッチ・押ボタンスイッチ・セレクタスイッチ・照光セレクタスイッチ・鍵付セレクタスイッチの各機種とも'90年度グッドデザイン商品に選定され、デザイン面でも高い評価を受けている。

4. 構造

4.1 セパレート構造

H6シリーズは、操作部（押ボタン、セレクタなど）とコンタクト部（スイッチ部）を分離できるセパレート構造のロックレバー着脱方式を採用した。コンタクト部を操作部に挿入した後、ロックレバーを回すことで確実に固定でき、集合密着取り付け時にも操作部とコンタクト部の着脱が容易にできる。

セパレート構造の利点は、以下の通りである。

- ・コンタクト部の変更ができるため、接点数や接点種類の変更に対応可能である。
- ・操作面のレイアウトの変更がある場合、コンタクト部

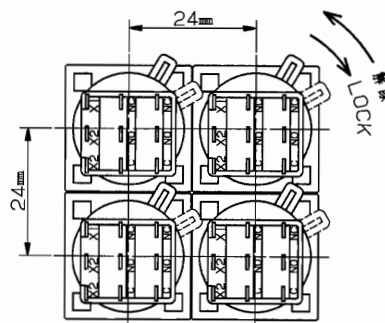


図4. 密着取り付け状態裏面

の配線ははずすことなく操作部の交換が可能で、メンテナンスが容易である。

- ・操作部のパネルへの取り付けと、コンタクト部への配線を別工程にできるので、狭い所でも効率良く作業が行える。

4.2 コンタクト部

コンタクト部には、ロックレバーとロックレバーを保持するためのレバー押え及び、ランプ受金、ランプ端子、スイッチが組み込まれている。

ロックレバーは、図4に示す通り、指やドライバーで操作するのに十分な長さとし、隣接するコンタクト部の間に設けた。レバー押えには、振動によるロックレバーの開放対策と確実なロックを得るために、樹脂パネを設けている。

5. 技術的特長

5.1 保護構造

H6シリーズ照光押ボタンスイッチには、レンズホルダ・フィルタ・レンズにポリアリレート樹脂（PAR）を採用し、レンズホルダとフィルタを超音波で溶着を行いレンズホルダ内部への油の浸入を防いでいる。また、本体には耐油性と摺動性に優れているポリアセタール樹脂（POM）を採用した。レンズユニットと本体の間にはベローズパッキンを使用し、防油形としている。ベローズパッキンは、材質や形状が変化すると防油性と寿命に与える影響が大きく、性能上重要なポイントになっている。今回、工作機械に適したベローズパッキンについて種々の検討を行ったので、その詳細を次に述べる。

5.1.1 材質の選定

照光押ボタンスイッチのベローズパッキンに必要な特性条件は、下記の通りである。

- ・使用周囲温度が-25℃～+55℃であり、かつ使用期間

表3. 各種ゴムの使用温度範囲

	使用温度範囲
シリコンゴム (Si)	-70~+260°C
ニトリルゴム (NBR)	-10~+130°C
水素化ニトリルゴム	-35~+140°C
天然ゴム	-50~+100°C

が長期にわたるため、物性が安定していること。

- 小形押ボタンスイッチとして必要な機械的寿命 100 万回をクリアするため、ひずみに対し優れた安定性を持っていること。
- 耐油性、耐切削油性に優れていること。

以上の条件から各種ゴム材質の特性について比較を行った。結果を次に示す。

① 耐熱性・耐寒性

各種ゴムの使用可能温度範囲を表3に示すが、シリコンゴムが耐熱性、耐寒性において優れた性質を持っている。

② 耐候性

シリコンゴムは酸素・オゾン・紫外線に対し、他の有機合成ゴムと比較して著しく安定している。長期間屋外に放置されても、クラックを発生したり、粘着性をおびたりすることがない。

③ 圧縮永久ひずみ

各種ゴムとも常温付近では優れた圧縮復元性を示すが、常温域をはずれた場合、温度の変化により著しく圧縮永久ひずみが増大する。シリコンゴムは、-25°C~+150°Cの広い温度範囲において10~15%の優れた圧縮永久ひずみを示している。シリコンゴムによる温度と圧縮永久ひずみの関係を図5に、各種ゴムの100°Cにおけるクリープ性を図6に示す。

以上の特性比較の結果、シリコンゴムが最も適していることから、ペローズパッキンにはシリコンゴムを採用した。

5.1.2 硬度と形状

ペローズパッキンは、ゴムの弾性を利用したキーボードスイッチなどと同様に、ペローズ部に復帰力を持つ形状とした。

このペローズパッキンについて、機械的寿命・防油性の試験を行った。材質はシリコンゴムで、硬度はHs 40°, 60°, 80°の3種類を製作し、試験を行った。

1) 機械的寿命試験

試験品を操作部に組込み1,800回/時の開閉頻度で試験を行った。判定基準は、ペローズ部に20倍のルーペにて亀裂の発生を確認した時を寿命としている。結果は表4に示す通り、硬度が低いほど寿命は伸びることが確認できた。

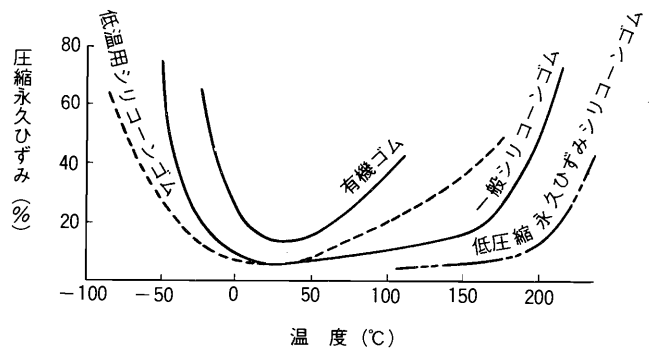


図5. 温度と圧縮永久ひずみ (試験時間22h)

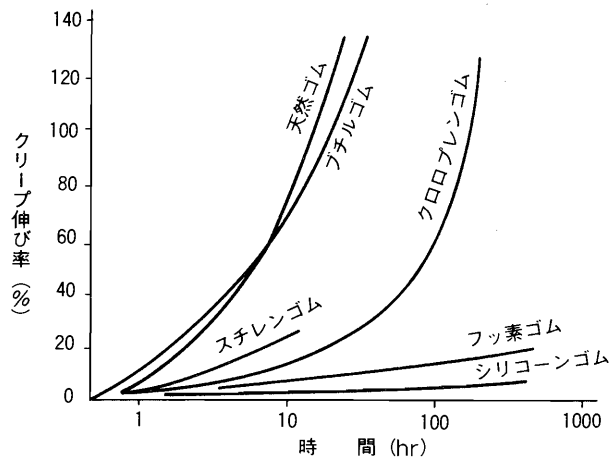


図6. 100°Cにおけるクリープ性

表4. 硬度別による機械的寿命試験

硬度	回数	結果
40°	200万回以上	白いスジは見られるが亀裂はない
60°	108万回	亀裂発生
80°	30万回	破れた亀裂発生

(開閉頻度 1800回/時)

表5. 硬度と油による浸漬試験

硬度	試験前 (mm)	試験後 (mm)	寸法変化量 (mm)	変化率 (%)	外観
40°	17.57	18.14	+0.57	+3.2	変化なし
60°	17.62	18.00	+0.38	+2.2	変化なし
80°	17.66	17.95	+0.29	+1.6	変化なし

変化率 (%) = 寸法変化量 / 試験前寸法 × 100

2) 防油性

切削油に対するシリコンゴムの硬度の影響を下記2通りの方法にて調べた。

- ① JIS C4520 (制御用スイッチ通則)の防油形に規定している不水溶性2種5号 (JIS K2241) に適する油に1日間浸漬させ、試験前後における寸法と外観の変化について観察測定する。

- ② 操作部に試験品を組込んで、JIS C4520に規定している防油形の試験

①の結果を表5に、②の結果を表6に示す。硬度が高

表 6. 硬度による防油性試験

硬度	48時間後の油の浸入
40°	浸入あり
60°	少し浸入あり
80°	浸入なし

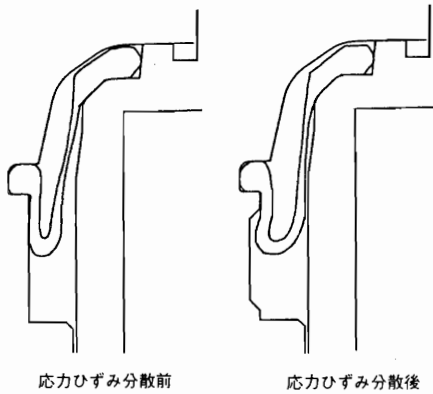


図 7. 応力ひずみ分散前後のベローズパッキン

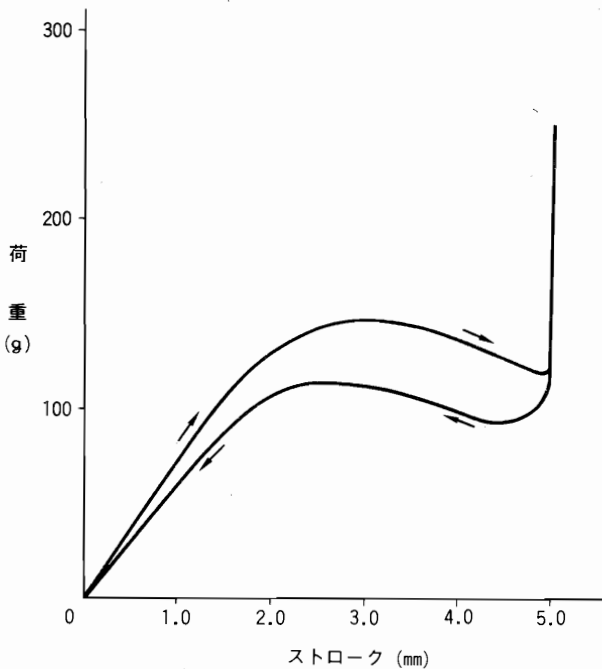


図 8. ベローズパッキンのストローク—荷重曲線

いほど防油性は良いことが確認できた。

これらの試験結果より、寿命と防油性は相反する傾向があることがわかった。H6シリーズでは防油性の向上を図るため硬度Hs80°とし、機械的寿命においてはベローズパッキン形状の工夫で改善を試みた。

寿命において問題となる亀裂の発生は、応力ひずみが屈曲部に集中していることから、屈曲部の応力を分散させるためにベローズパッキン形状を図7のように緩やかな曲線とした。その形状で1)の機械的寿命試験を行った結果、屈曲部の応力分散の効果があり、硬度Hs80°にて

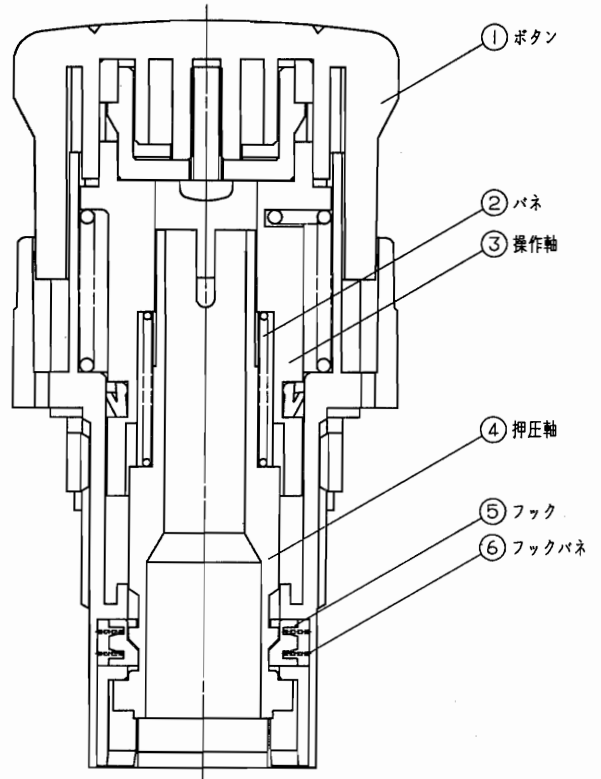


図 9. プッシュロックターニリセット構造図

70万回まで伸びた。

次に、目標とする機械的寿命 100 万回以上をクリアさせるため、シリコンゴムの材質を一般グレードから耐屈曲グレードへ変更し、効果の確認試験を行った。その結果、機械的寿命は 100 万回を大幅にクリアし、実力値は 200 万回以上であった。

また、この耐屈曲グレード品にて防油試験を行った結果、防油性に問題はなかった。図 8 に耐屈曲グレード品におけるベローズパッキン単体のストローク—荷重曲線を示す。

以上の結果、照光押ボタンスイッチの各仕様と保護構造である IP65 (防噴流形)、防油形の性能を満足することができた。なお、シリコンゴムは当然のことながらアニール処理を行う事は、接点の信頼性のため重要なことである。

5.2 安全性に優れた非常停止用押釦スイッチ

プッシュロックターニリセットスイッチは、機器・装置の作動中に危険や異常が発生した場合の非常停止用として使用されている。従来の非常停止用押ボタンスイッチはオペレーターが誤ってスイッチに当たった場合、瞬間的に B 接点がオープンとなり、非常停止回路が働く。その結果、機器・装置は停止し、さらに非常停止用ボタンがロック状態にはなっていないことから、原因調査に長

い時間を要する。これはボタンがロックする前にB接点
がオープンになる構造から生じた問題である。

H6シリーズでは、ボタンに肘等が誤って当たってもB接
点が瞬時にオープンにならないように、操作部内に反転

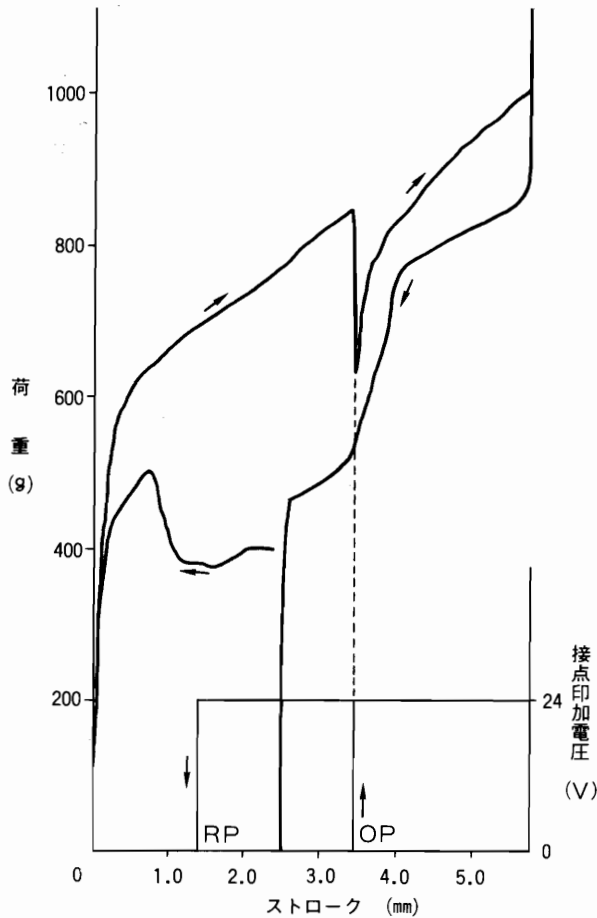


図10. プッシュロックターンリセット
ストローク-荷重曲線と接点開離ポイント

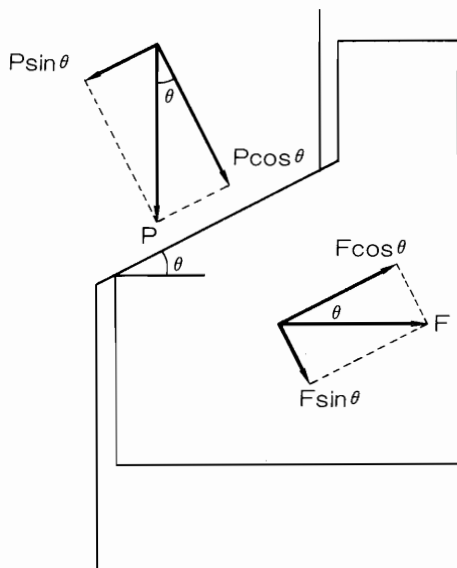


図11. フックによる押圧軸の荷重関係

機構を設け、ボタンがロックするポイントを3.4mmとし
て、ロック後に接点が反転する構造とした。図9に構造
図を、図10にストローク-荷重曲線と接点开離ポイント
の関係を示す。

基本動作は次の通りである。

- 1) ボタン①を押すと操作軸③は、バネ②を圧縮させな
がら下がる。
- 2) 操作軸③はバネ②を圧縮させた後、押圧軸④を直接
押し下げる。
- 3) 次に、押圧軸④は、対のフック⑤を押し広げる。
- 4) フック⑤が押し広がると、押圧軸④はバネ②の圧縮
エネルギーを受けているので、瞬時に下方向に飛び出
す。
- 5) 押圧軸④はコンタクト部のスイッチを反転させる。
この時、必ずロック状態になっている。

この反転機構動作を満たすためには、次の関係式が必要
である。

P_1 を押圧軸④がフック⑤を押し広げるための最大荷重
 P_2 を圧縮されたバネ②の荷重、 P_3 をコンタクト部のスイ
ッチの最大動作荷重とすると、基本動作2) 3) を満たす
条件は、

$$P_1 > P_2 \quad \dots\dots (I)$$

基本動作 4) 5) を満たす条件は、

$$P_2 > P_3 \quad \dots\dots (II)$$

式 (I)(II) より、 P_1, P_2, P_3 の間には、

$$P_1 > P_2 > P_3 \quad \dots\dots (III)$$

の関係が成り立つ。ここで、 P_1 は図11に示した関係より
求めることができる。

ϕ を摩擦角、 μ を摩擦係数、 θ を斜面の傾斜角とする
と、フックを押し広げるときの斜面方向の力のつり合い
より、

$$F \cos \theta = (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) P + \mu \cdot F \sin \theta$$

$$\therefore F = \frac{\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} \cdot P = \frac{\tan \theta + \mu}{1 - \mu \cdot \tan \theta} \cdot P$$

$$= P \cdot \tan (\phi + \theta) \quad \dots\dots (IV)$$

フック⑤は一對であり、フックバネ⑥の最大たわみ荷重
を F_1 とすると、式 (IV) より、

$$F = 2 \cdot F_1 = P_1 \tan (\phi + \theta)$$

$$\therefore P_1 = \frac{2 \cdot F_1}{\tan (\phi + \theta)} \quad \dots\dots (V)$$

となる。

万一、反転機構部のバネ②が何らかの原因で押圧軸④に力を与えなかった場合には、押圧軸④は動作しないと考えられる。その場合には、押圧軸④は強制的に操作軸③により直接押し下げられ、必ずロックし、スイッチが反転する構造としている。

プッシュロックターンリセットスイッチに、この反転機構を設けることで、偶発的な問題において不必要に機器・装置が停止すること無く、安全性と高信頼性の有る非常停止用スイッチを提供できた。

6. ワンボードと今後の課題

H6シリーズは、ワンボード化に対応することも開発コンセプトの1つとした。ワンボードについて簡単に紹介する。

コントロールユニットをワンボード化するためには、次の条件を満足しなければならない。

- 1) 取り付け面よりの奥行き寸法は全機種、統一とする。
- 2) 操作部とスイッチ部が裏面より容易に分離する。
- 3) 操作部のワイドバリエーションに対し、スイッチ部は共用化を図る。

H6シリーズは奥行き寸法36mmに統一し、操作部とコンタクト部（スイッチ部）は、ロックレバー着脱方式により分離可能で、操作部がどのような機種でもコンタクト部は共用化し、ワンボード化を実現した。図12にワンボード化したH6シリーズの例を示す。操作部は取り付けパネルに集合密着（縦横24mmピッチ）にて取り付けられ、コンタクト部の端子はプリント基板にて配線し、コネクタでPCや他の制御用基板等に接続する構造とした。コンタクト部側の着脱は、プリント基板裏面より、丸穴を通してロックレバーをドライバーで操作することにより容易に行える。プリント基板を固定するためのスタッド等を設ける必要がないので、省スペース、省工数を実現した。

ワンボード方式において、機器の機能に合わせて表示灯照光式スイッチ、その他のユニットを取り付ける時に同一商品シリーズで統一した場合は、奥行き寸法を合わせることは可能である。しかし、大小異った商品シリーズの物を組合せて取り付ける場合には、必ずしも同じ奥行き寸法を実現することは難しい。これを解決するためには、操作性と用途を考慮した上で、コントロールユニットを同一奥行き寸法の小単位のグループに分け、グループ毎にワンボード化していくソフト的な工夫と、ワンボード方式に適した奥行き寸法の統一化を図った商品開発が望まれている。

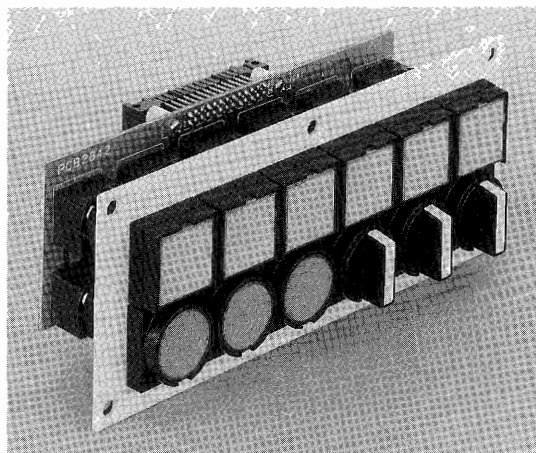


図12 ワンボード化したH6シリーズ

7. おわりに

H6シリーズは、確実な操作性、安全性、耐環境性を向上することにより、特に工作機械のニーズに応えることができた。また、ワンボード化対応により省工数、省スペースを実現することができた。しかし、市場ニーズは時代と共に変化しており、今後ますます多様化するものと考えられる。

H6シリーズの開発で得た技術的ノウハウを生かし、さらに時代のニーズに応じたコントロールユニットの開発を行う所存である。

参考文献

- (1) 黛 哲也：特殊合成ゴムの選び方、使い方、第6回シリコンゴム 工業材料 第28巻 第6号
- (2) トーレ・シリコン株式会社カタログ：熱加流型シリコンゴム