

絞り加工を用いた精密ボールねじ軸の軽量化

Reducing the Weight of Precision Ball Screw Shafts Using Drawing

○正 鈴木 秀忠^{*1}, 高橋 徹^{*1}, 新部 純三^{*1}

Hidetada SUZUKI^{*1}, Tohru TAKAHASHI^{*1} and Junzo SHIMBE^{*1}

^{*1}THK 株式会社 THK Co., Ltd.

In recent years, there has been a demand for lightweight shaft products to improve the tact time of equipment. Shaft products are stepped in order to use bearings at the shaft end. Therefore, drilling a hole in the center of a shaft product is not enough to reduce the weight of the product to ensure the wall thickness. Therefore, focusing on swaging technology, a type of drawing, we devised a weight reduction method in which both ends of a thin-walled steel pipe are plastically formed to form the shaft end and a structure with a large space inside is created. The thin-walled steel pipe is swaged to form the shaft ends, grooved with threads, heat-treated, and finished to produce a lightweight product. Calculation results show that the weight is 54% of that of the conventional product, a significant weight reduction. The allowable speed can be increased to 125% of the conventional product, which may contribute to an improvement in tact time. The prototypes manufactured by the drawing process showed no difference in appearance from the conventional product, and the measured weight was 55% of the conventional product, almost exactly as calculated. As a result of devising a weight reduction method using the drawing process and manufacturing a prototype, the possibility of significantly reducing the weight of a shaft product was seen. We will continue to evaluate the performance and life of the product in order to commercialize it.

Key Words : Lightweight, Ball screw shaft, Ball spline shaft, Precision, Drawing, Swaging, Steel pipe, Bearing

1. 緒 言

近年装置の高速化, タクトタイム向上, 省エネ化の需要が高まってきており, ボールねじ軸, スプライン軸といった軸物製品に軽量化が求められている. これらの軸物製品は一般的に軸両端にベアリングを取付けて使用するため, 軸端末部には段付き加工が施されている. 軸物製品を軽量化するにあたり軸中心部に穴をあける手法があるが, 段付き加工により軸端末の外径が小さくなっており, 開けられる穴のサイズも小さくなることから大幅な軽量化は難しいのが現状である. そこで絞り加工の一つであるスウェーjing加工技術^①に着目して, 薄肉鋼管を塑性加工して軸端末部を成形することで軌道面ならびに軸端末部の肉厚を均一に加工する軽量化手法を考案した. 加工後の構造は軌道面内部に大空間を有するため従来製品から大幅な軽量化が可能である. 今回は考案した軽量化手法の概要ならびに精密ボールねじ軸による試作結果について報告する.

2. ボールねじ軸の軽量化手法

図 1 にボールねじ軸の軽量化手法を示す. 図 1a) は中実の従来製品 (以下, 従来品), 図 1b) は軸中心にドリル等で穴をあけた軽量化手法 (以下, 穴あけ品), 図 1c) は今回考案した絞り加工を用いた軽量化手法 (以下, 絞り加工品) である. ボールねじ軸の両側端末部には軸方向の荷重を受けたり, 振れを小さくするため, 段付き加工を施して回転ベアリングを組付ける必要がある. 穴あけ品では軸端末部の肉厚をある程度残して強度を確保する必要があるため, 開けられる穴のサイズには制約がある. またねじ溝部は段付き加工している軸端末部より外径が大きいため, ねじ溝部は肉厚が厚くなってしまうことから, 従来品から大幅な軽量化とはならないと考えられる. 一方絞り加工品では薄肉鋼管を用いて絞り加工の一つであるスウェーjing加工によって軸端末部を成形

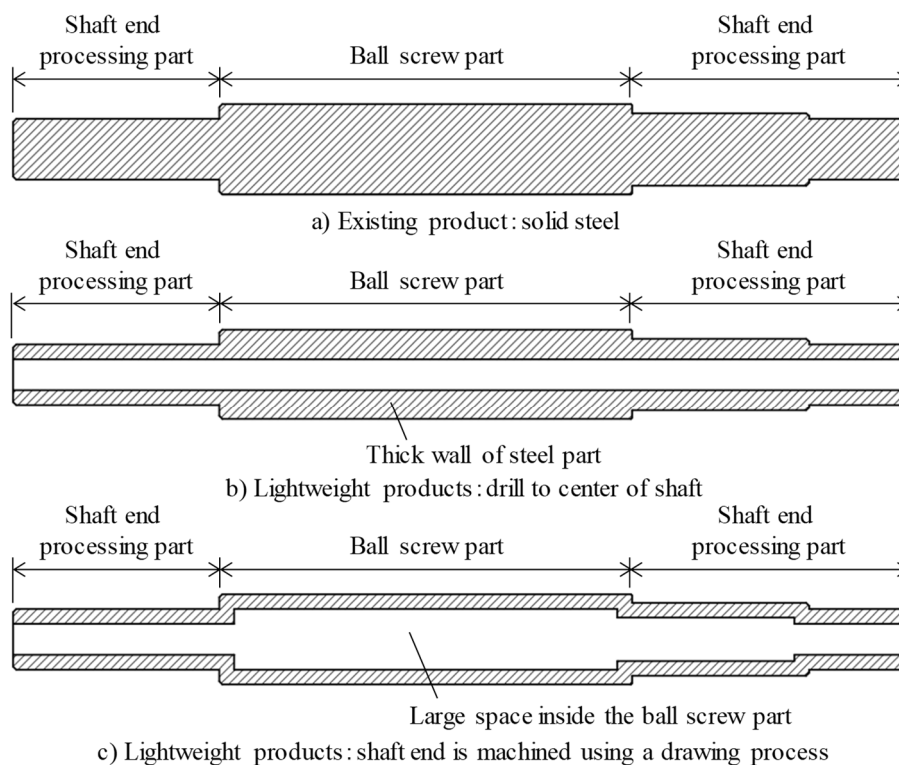


Fig. 1 Weight reduction method for shaft products.

することで、ねじ溝部、軸端末部ともに均一な肉厚でボールねじ軸を製作することができる。そのため、ねじ溝部の内部は大空間を有する構造となることから従来品から大幅な軽量化が実現できる。

3. 製作工程

図2に絞り加工品の製作工程を示す。まずは薄肉鋼管であるが、材質は炭素鋼で板厚は過去の試作で加工可能であることを確認している外径に対して板厚比が0.18となるようにした。つぎに薄肉鋼管両端末をスウェージング加工で軸端末形状の成型加工をおこなう。軸端末部の絞り加工にスウェージング加工を用いたのは、ダイスが回転しながら成型することから、均等な加工力で加工可能で加工後の肉厚に偏肉が生じないためである。軸端末成型後はねじ溝部の内部に大空間を有する構造となる。その後外径部分にねじ溝を加工し、熱処理、軸端末部、ねじ溝の仕上げ加工を実施して、絞り加工品の製作が完了となる。

表1に精密ボールねじ軸の従来品、穴あけ品、絞り加工品の質量ならびに許容回転数の計算結果を示す。まずは質量を従来品と比較すると、穴あけ品は88%、絞り加工品は54%である。絞り加工品の質量は従来品の約半分となっており、大幅に軽量化が可能である。また許容回転数はTHK製品カタログ²⁾をもとに算出しており、算出時の共通条件は、取付間距離 $l_0=900\text{mm}$ 、取付方法係数 $l_1=4.73$ 、ヤング率 $E=206\text{N/mm}^2$ 、密度 $\rho=7.85\text{kg/mm}^3$ である。算出した許容回転数を従来品と比較すると、穴あけ品は105%、絞り加工品は125%である。絞り加工品は従来品より許容回転数を上げることができることから、ボールねじ軸をより高速で稼働させることが可能となる。そのため、装置の高速化やタクトタイム向上にも寄与することができると考えられる。

4. 絞り加工品試作結果

図3に絞り加工品の試作結果を示す。図3a)は絞り加工品の外観である。外観は薄肉鋼管を用いた絞り加工品と従来品で同様であり目立った差異はなかったため、製作工程に問題がないことが確認された。図3b)は絞り加工により成形した軸端末部の断面である。スウェージング加工によって成形した部分の肉厚は加工量が多い

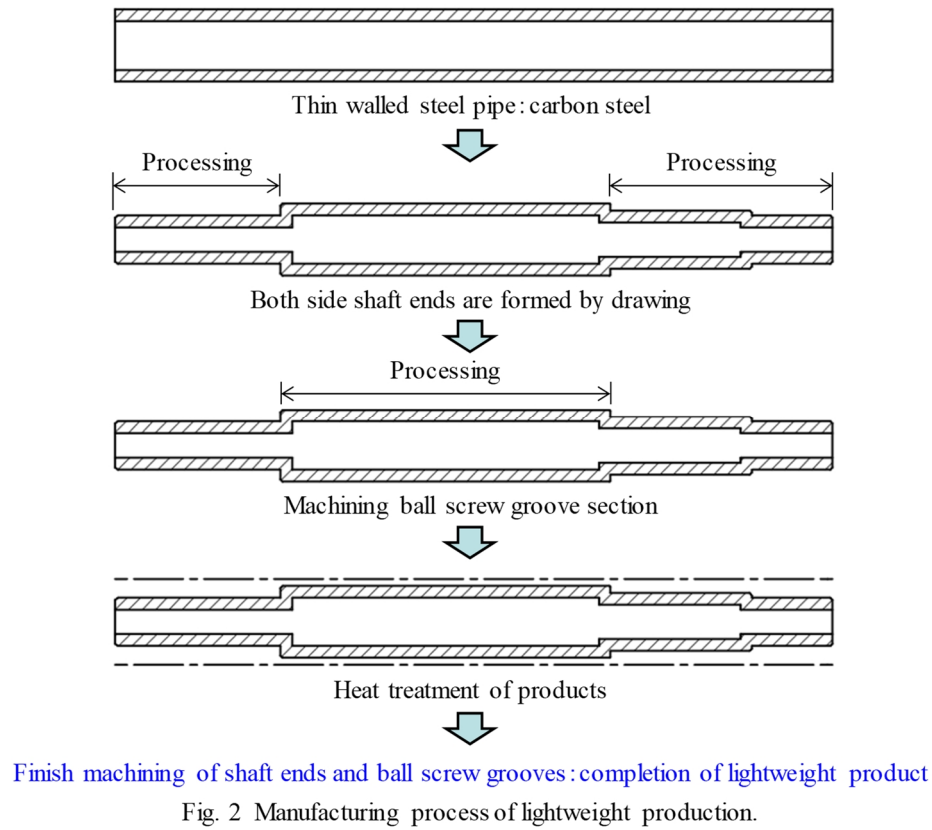
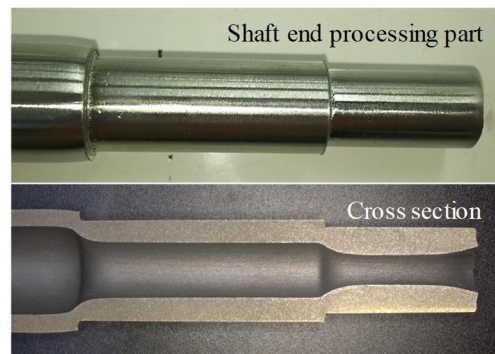


Table 1 Calculation results of ball screw shaft mass and allowable rotation speed.

Item			Existing product	Lightweight products(drill)	Lightweight products(swaging)
Mass	Calculation value (Overall length 1000mm)		1.27 kg	1.12 kg (Existing product × 0.88)	0.68kg (Existing product × 0.54)
	Calculation formula		$N = \frac{60 \times \lambda_1^2}{2\pi \times h_b^2} \times \sqrt{\frac{E \times 10^3 \times I}{\gamma \times A}} \times 0.8$		
Allowable rotation speed	moment of inertia of area	I	2229.1 mm ⁴	2198.4 mm ⁴	1697.0 mm ⁴
	Threaded shaft cross section	A	163.7 mm ²	144.1 mm ²	79.0 mm ²
	Allowable rotation speed	N	3989 min ⁻¹	4222 min ⁻¹ (Existing product × 1.05)	5010 min ⁻¹ (Existing product × 1.25)



a) Appearance of drawing product



b) Cross section observation of drawing product

Fig. 3 Trial result of drawing product.

箇所では肉が厚くなっており、直角段付加工した箇所は肉厚が少し薄くなっており、軸端末加工部、ねじ部の肉厚は均一にならないことが確認された。また、絞り加工品の実質量を測定したところ従来品の 55%でほぼ計算値通りの数値であった。このことから、ボールねじをはじめ、ボールスプラインなどの軸物製品は軸端末部形状が類似していることから、今回考案した絞り加工を用いた軽量化手法が適用できる可能性があると考えられる。

5. 結 言

今回軸物製品において、絞り加工で薄肉鋼管から軸端末部を成形し、内部に大空間を有する構造とすることで大幅に軽量化する手法を考案した。精密ボールねじ軸で試作品を製作した結果、従来品と外観に差異はなく、質量が半分程度と大幅な軽量化が可能であることが確認された。また製作工程に問題がなく、例えばボールスプラインといった軸物製品の軸端末形状も同様であることから、今回提案した軽量化手法が適用できる可能性が見えた。また計算結果から質量が軽くなるとともに許容回転数も上げられるため、装置の高速化やタクトタイムの向上にも寄与できると考えられる。今後は従来品と絞り加工品の許容回転数や剛性、トルクといった性能の部分や寿命等の評価を実施するとともに、他の軸物製品や形番の展開も検討し、製品化に向けた取り組みを進めていく。

文 献

- (1) 日本塑性加工学会編，“新塑性加工技術シリーズ 12 回転成形—転造とスピニングの基礎と応用—”，コロナ社，pp. 218-224.
- (2) THK 株式会社，“直動システム 製品カタログ 514J”，pp. A15-32.