

超音波振動を用いた締結加工の研究*

○新谷徹行, 青柳学 (室蘭工大・院), 小島政幸 (ユニオン精密)

1 はじめに

製品の分解や不正改造から守るために使用される取り外し防止ねじは, 今日までセキュリティ性能を高めるために様々な形をしたリセス(駆動溝)を有したものが開発されている. 駆動溝のない, リセスレスなねじの使用は最もセキュリティ性能を高めた取り外し防止策である. しかし, リセスレスであるがゆえに締結が困難である.

本研究では, リセスレスねじを開発する上で問題である締結方法の1つとして, 超音波振動の利用を提案し, Fig.1 に示すような半球, テーパー, 平面, 曲げ形状の4種のリセスレスねじに対して締結実験を行い, 検討を行った結果について述べる.

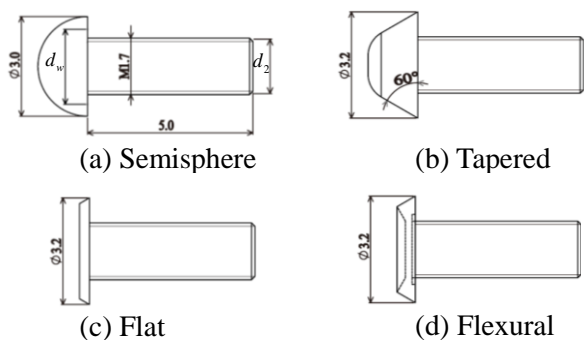


Fig. 1 Risesless screws.(M1.7 x 5.0, P=0.35 mm)

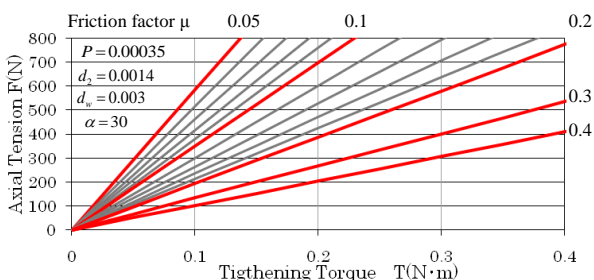


Fig.2 T-F-μ lines(Semispheric risesless screw).

2 ねじ締結と超音波振動

2.1 ねじの締結トルクと軸力

ねじ締結における締結トルク T と軸力 F の関係は次式となる^[1].

$$T = \frac{F}{2} \left(\frac{\mu_s}{\cos \alpha} d_2 + \frac{P}{\pi} + d_w \mu_w \right) \quad (1)$$

$d_2, d_w, \mu_s, \mu_w, P, \alpha$ はそれぞれ有効径, 座面摩擦トルク等価直径, ねじ面摩擦係数, 座面摩擦係数, ピッチ, ねじ山半角である. この式より半球リセスレスねじの T-F-μ 線図は Fig.2 に示すようになる. 締結トルクに対する軸力は座面やねじ山の斜面での摩擦力が減少すれば増加する. つまり, 締結時の摩擦を減少させることで通常より少ないトルクで必要な軸力を保った締結を可能にする.

2.2 非軸対称振動円環振動子の利用

ねじり振動を締結トルクに加えた締結装置によって座面やねじ山の斜面のなじみと摩擦力低減の効果から, ばらつきが抑えられ, 軸力が増加する結果が報告されている^[2-4]. 著者らは Fig.3 に示す円環振動子の面内屈曲振動 ((1,1))モードと((1,1))'モードを縮退させることで発生する円環内径の楕円運動を利用して回転トルクを与える締結方法を考案した. つまり, Fig.4 に示すように直接リセスレスねじの頭を振動子によって回転させる. 超音波モータと同様の原理である.

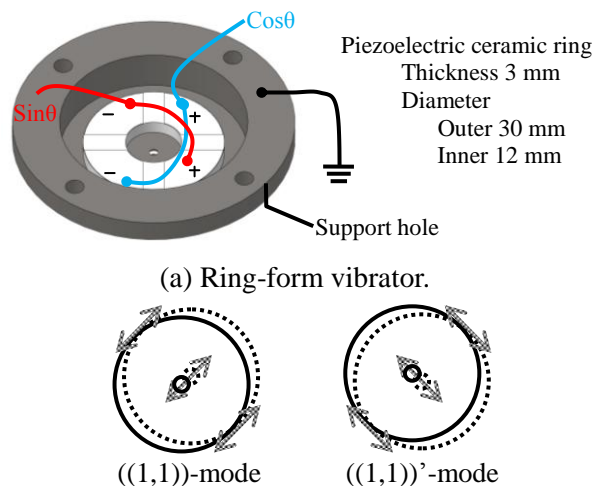


Fig.3 Vibration-mode of ring-form vibrator.

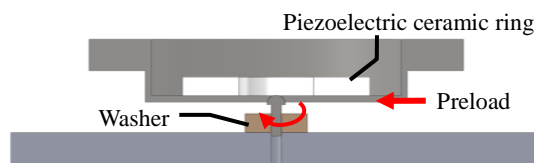


Fig.4 Tightening screw by ring-form vibrator.

* Study on tightening process by ultrasonic vibration by Shintani Tetsuyuki, Aoyagi Manabu(Muroran Institute of Technology), Kojima Masayuki (Union Seimitsu Co.,Ltd).

3 締結実験

3.1 実験方法

円環振動子を用いて Fig.1 に示す 4 種類のねじを締結した。その際、各種ねじには、振動子との接触に影響を与えない頭頂部にトルク計測のための六角リセスを設けている。それぞれの締結力評価のために締結トルクと戻しトルクの両方を測定した。戻しトルクは、円環振動子でねじをめねじ穴のある板に締結した後、六角ドライバーをセットしたトルク計(杉崎計器)で測定した。締結トルクは Fig.5 に示す装置を用いて測定した。

超音波振動による締結効果を明確にするために六角リセス付半球ねじを使用して手による締結時の締結トルクと戻しトルクを予め計測しておいた。その結果を Fig.6 に示す。これより、通常は戻しトルクよりも締結トルクの方が大きいことがわかる。また、戻しトルクから締結トルクを推測することができる。円環振動子で締結する際は、圧電セラミクスに 120 Vpp(400 mApp), 80.79 kHz の方形波を入力して、ねじ各種 10 回ずつ締結トルクと戻しトルクを計測した。

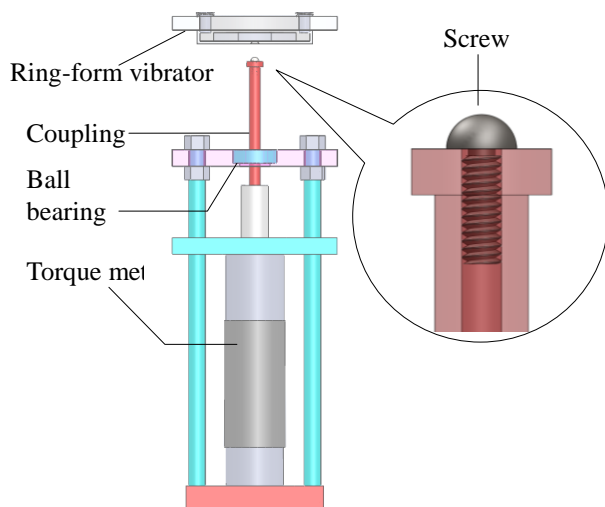


Fig.5 Torque measuring device.

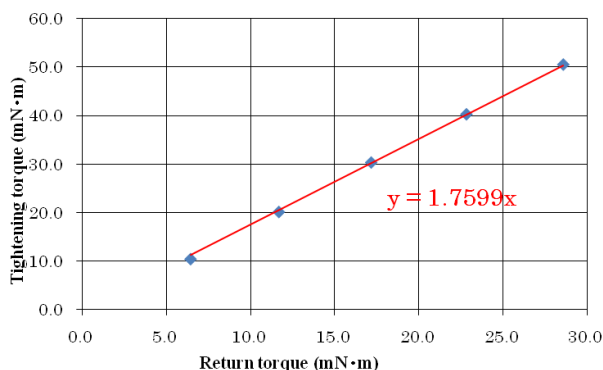


Fig.6 Tightening and return torque.

3.2 実験結果

円環形振動子によるリセスレスねじ各種の戻しトルクと戻しトルクから予測される推測締結トルク、そして実際の締結トルクの最大値と平均値を Table1 に示す。結果から以下の 3 点が言える。

- すべてのねじで締結トルクは戻しトルクより小さい値である。
- 付随して推測締結トルクと実際の締結トルクの間には平均値で約 5~11 倍の差がある。
- 円環振動子の回転振動トルクは小さいながらも推測トルク相当の締結力を得られる。

しかし、この締結力が軸力によるものかどうかは、実際に軸力を計測してみなければわからない。

今回使用したリセスレスねじの推測締結トルクは平均でおよそ 50 mN·m であったが、呼び径が 1.7 mm のねじの必要締結トルクは、電子部品などの用途で 50 mN·m ですが一般的な用途では 100 mN·m であるのでトルク向上が必要となることがわかった。

Table1 Result of the experiment.

	Shapes	Torque(mN·m)		
		Return	Tightening	
			Estimated	Actual
Ave. (Max.)	(a)	31.5(42.7)	55.4 (75.1)	9.9(20.5)
	(b)	37.2(54.2)	65.4(95.3)	8.6(12.5)
	(c)	30.2(45.4)	53.1 (79.9)	14.4(8.6)
	(d)	37.1(61.0)	65.2(107.3)	9.9 (6.8)

4 まとめ

リセスレスねじを円環振動子による超音波振動を用いて締結することができた。しかし、一般用途には締結トルクが不十分であることが分かった。今後は、ねじ頭との静止摩擦力を上げることや軸力をリアルタイムで見るなどしてより効果的な振動効果を見出すことが必要となる。

参考文献

- [1] 酒井智次, ねじ締結概論, 養賢堂, 2003.
- [2] 堀, 石川, 横山, 精密機械 49, 190-194, 1983-02-05.
- [3] 堀, 石川, 横山, 精密機械 50, 1426-1431, 1984-09-05.
- [4] 堀, 石川, 横山, 精密機械 52, 514-520, 1986-03-05.