連続同期切断機によるコイルばねの加工特性* (コイル支持具を改良した効果)

Working Characteristics of Cold Coiled Helical Compression Springs with Synchronous Cutting System (Effect of Improved Coil Holder)

今井隆光**, 佐々木啓介**, 神山朋典**,
對馬一憲**, 久納孝彦**

Takamitsu IMAI, Keisuke SASAKI, Tomonori KAMIYAMA,
Kazunori TSUSHIMA and Takahiko KUNOH

コイルを強制的に回転することにより、切断中のコイルの回転力を弱めることなく切断可能であるように支持具を改良した結果、切断中のコイルの保持が確実になり、従来のコイル支持具で切断したコイルばねよりも加工特性が向上した。

またこれまで SWC 線を対象に実験を行ってきたが、SWOSC-V 線についても切断実験を行った。その結果 SWC 線よりも SWOSC-V 線のコイルばねのほうが加工特性がよいことが明らかになった。

As the result of improving the coil holder forced to revolve the coil, the working characteristics of the cold coiled helical compression spring were improved in comparison with the unimproved coil holder. The suitable range of the cut-off wheel for cutting spread, too.

It was also cleared the working characteristics of the manufactured spring of SWOSC-V (JIS G 3566). The working characteristics of SWOSC-V spring became higher than that of SWC (JIS G 3521).

1. 緒言

現在、コイルマシンによる一般的な圧縮コイルばねの冷間成形は「コイルング→切断→端面研削」の3工程によって行われている。この方法ではコイルング、切断工程においてコイルばねを1つ製造することによりフィードローラによる線送りを止めるために線送り量にばらつきが生じ、コイルばねの加工精度(端面形状及び自由高さなど)を低下させるおそれがある。また端面研削工程においてコイル保持の問題などにより高い加工精度は望めない。これらの問題点を解決するために、連続的に線送りを行いながら切断といしを用いてコイル座巻部の切断と端面研削を同時に行う同期切断法が考案された^{1)~4)}。この方法を用いると上記の3工程が1工程に短縮され加工能率が向上し、さらに線送りを止める必要がないため線送り量が一定となり、コイルばねの加工精度も向上することが期待される。しかし従来の同期切断機にはコイルの支持に問題点があ

り、十分な加工精度が得られなかった。

本報ではコイルばねの加工精度向上のため、従来の連続同期切断機のコイル支持具及び同期センサを改良して(第2章参照)切断実験を行い、加工特性に及ぼす切断機の改良の効果について明らかにした。またこれまで SWC 線を対象に実験を行ってきたが、本研究では SWOSC-V 線(以下 OT 線と略す)についても実験を行い、その加工特性を明らかにした。

2. 実験装置の改良点

改良を施した連続同期切断機の概要を図1及び図2に示す。従来の切断機に生じていたコイル支持具の不具合を改善し、加工精度の向上を図る。以下におもな改良点について記述する。

2.1 コイル支持部

(1) 強制回転支持具

従来の同期切断機では切断が進行するに伴い切断さ

原稿受付日 1993年9月9日

* ばね技術研究会 1993年度春季講演会にて発表

** 慶応義塾大学理工学部(Faculty of Science and Technology, KEIO University)

図1 連続同期切断機概要図(正面図)

図2 連続同期切断機概要図(側面図)

れるコイルに回転力が伝達しなくなり、回転切断が行われなくなる。この問題を解決するため強制的にコイルを回転させるように支持具を改良し、また駆動には回転の安定化を図るためにステッピングモータを用いる。

(2) コイル取り出し機構

コイル取り出し機構は切断終了後にコイルばねを取り出す機構である。この機構の支持具には切断時に大きな負荷がかかり、コイルばねの加工精度に大きく影響するので従来よりも剛性を高めた構造とする。また切断を連続して行うためにソレノイドを用いて確実に

コイルばねを取り出せる機構とする。

(3) コイル押さえ機構

コイル押さえ機構は切断中にコイルがといし側に脱落しないようにコイルを保持し、切断終了後にはテーブルが戻る際に支持具がコイル先端に接触しないように持ち上げる機構である。従来手動であったこの機構をソレノイドを用いて自動化し、加工能率を向上させる。

2.2 コイル位置検知部

従来、同期切断のためのコイル先端部の位置検知には反射式センサを用いていたが、OT線を切断したところ線の表面が黒色のために光が反射せずコイルの位置検知が不可能であった。そこでセンサを透過式に変更することによって、OT線の場合にもコイル先端部の位置検知を可能にする。

3. 実験条件及び実験方法

本実験では表1に示す条件のもとで密巻コイルをAと粒のといしを用いて切断し、加工能率については切断といしの摩耗量と切断時間、また加工精度については端面形状(焼け、段)と自由高さについて調べる。

表1 実験条件

連続コイル	材質	SWC, SWOSC-V
	ばね指数	$D/d = 10.0$
	線径	$d = 2.0 \text{ [mm]}$
といしの種類	A60J, A60K, A60L, A60M, A60P	
	A80J, A80K, A80L, A80M, A80P	
	A100J, A100K, A100L, A100M, A100P	
といし切り込み送り速度	$f = 5, 10, 15, 20 \text{ [mm/min]}$	
コイル回転数	$N = 22.5, 45.0, 67.5, 90.0 \text{ [rpm]}$	

4. 実験結果及び考察

4.1 といし摩耗量

図3に支持具改良前後のSWC線におけるA80K, L, Mのといしとといし摩耗量の関係の例を示す。支持具の改良によってA80Kのといしの摩耗量は40%程度減少した。これは支持具の剛性が増しコイルの振動が少なくなったためと考えられる。

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm] A80 SWC線

図3 改良前後のといしの結合度とといし摩耗量の関係

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm] A80

図4 といしの結合度とといし摩耗量の関係

図4にSWC線とOT線におけるA80のといしの結合度とといし摩耗量の関係の例を示す。SWC線に比べてOT線のほうがといし摩耗量は少なく、といしA80Mの場合、といし1枚で切断可能なコイルばねの本数はSWC線で約500本、OT線で約900本程度である。OT線については結合度が硬いほどといし摩耗量は少ない傾向にあるが、SWC線については結合度による違いはみられない。

4.2 切断時間

図5にSWC線とOT線におけるA80のといしの結合度と切断時間 t の関係の例を示す。SWC線にお

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm] A80

図5 といしの結合度と切断時間の関係

いて支持具の改良前後では t の差はない。しかしOT線の t のほうがSWC線よりも2秒程度短い。 t はといし摩耗量、支持具の逃げ、コイルのたわみによって決まり、この場合といし摩耗量と支持具の逃げは線の種類によらず一定であるとすれば、OT線のほうがSWC線よりコイルの初張力が高いために切断時にコイルのたわみが少なく、 t が短くなると考えられる。

図6にOT線、A80Kにおけるといし切り込み送り速度 f と切断時間 t の関係をコイル回転数 N 別を示す。図中の曲線はコイルのたわみや支持具の逃げ及びといしの摩耗がない場合のといしの刃先が線径分切り込むのに必要な時間を示す。図よりといし摩耗量、支持具の逃げ、コイルのたわみによる t の増加分は $f=5$ [mm/min]において約3秒程度である。また t は N の影響をほとんど受けない。

OT線 A80K

図6 といし切り込み送り速度と切断時間の関係

4.3 端面形状

本研究では端面形状の評価を焼け及び段について調べ、その発生率により1級～3級の独自の基準を設け評価する。その評価基準を表2に示す。

表2 端面形状の評価基準

(a) 焼け

等級	評価基準
1級	長さ3mm未満の焼けが存在する。
2級	長さ5mm未満の焼けが存在する。
3級	長さ5mm以上の焼けが存在する。

(b) 段

等級	評価基準
1級	段が全く存在しない。
2級	幅5mm未満の段が存在する。
3級	幅5mm以上の段が存在する。

図7及び図8に改良前、図9及び図10に改良後のSWC線、Aと粒におけるといしの種類と焼け、段の関係の例を示す。従来の支持具と比較すると焼けについては同程度であるが、段については実験範囲において1級の割合が増した。これは支持具の改良によりコイルの支持が安定し、ステッピングモータを用いることによって強制回転が安定したためと考えられる。

図7 といしの種類と焼けの関係(改良前)

図8 といしの種類と段の関係(改良前)

図9 といしの種類と焼けの関係(改良後)

また図11及び図12に改良した支持具を用いてOT線のコイルを切断した場合のAと粒のといしと焼け、段の関係の例を示す。SWC線の場合(図9及び図10参照)結合度が硬くなるにつれて2級、3級の割合が増えている。このことはといしの目詰まりによる発熱とそれによる研削能力の低下が原因であると考えられる。OT線の場合はSWC線と比較して1級の割合が高い。

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm] SWC線

図 10 といしの種類と段の関係(改良後)

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm]

図 12 といしの種類と段の関係(OT 線)

$f=5$ [mm/min] $N=45$ [rpm]

図 11 といしの種類と焼けの関係(OT 線)

OT線 A80K

図 13 といし切り込み送り速度と焼けの関係 ($N=22.5$ [rpm])

図 13~16 にコイル回転数 N 別にといし A80K で OT 線を切断した場合のといし切り込み送り速度 f と焼けの関係を示す。 f が大きいと切断抵抗が大きくなり焼けを生じるため f は小さいほどよく、切断に適する加工条件を 1 級の割合が 7 割以上のものとする、 N は $f=5$ [mm/min] では 45~90 [rpm], $f=10$

[mm/min] では 67.5 [rpm] が切断に適していると言える。 f , N については段についても同様なことが言える。

4.4 自由高さ

図 17 及び図 18 に切断機改良前後の SWC 線, A と

OT線 A80K

図 14 といし切り込み送り速度と焼けの関係 (N=45[rpm])

OT線 A80K

図 16 といし切り込み送り速度と焼けの関係 (N=90[rpm])

OT線 A80K

図 15 といし切り込み送り速度と焼けの関係 (N=67.5[rpm])

f=5 [mm/min] N=45 [rpm] SWC線

図 17 といしの種類と自由高さの関係(改良前)

粒におけるといしの種類と自由高さの関係の例を示す。従来の切断機と比較して端面形状と同様に1級の割合が増加した。これは支持具の改良により切断中のコイルの保持が確実になり、また同期センサを反射式から

透過式に変更したためにコイルの形状によらずコイル先端部の位置検知が確実になったためと考えられる。

図 19 に改良した支持具を用いて OT 線を切断した場合の A と粒のといしと自由高さの関係の例を示す。

図 18 いしの種類と自由高さの関係(改良後)

図 19 いしの種類と自由高さの関係(OT 線)

A 80 M でわずかに 2 級が存在するほかはすべて 1 級となった。また図 18 と比較してわかるように OT 線は SWC 線よりもよい結果となっている。

端面形状と同様に自由高さについても f が小さいほ

どよい結果が得られ、また $N=45\sim90$ [rpm] の範囲が切断に適していると言える。

5. 結 言

本研究により連続同期切断機の支持具を改良した効果及びこの切断機におけるコイルばねの加工条件が明らかになったので以下に要約する。

(1) 支持具を改良した効果

従来の連続同期切断機のコイル支持具及びコイル位置検知センサを改良することにより、コイルばねの加工精度(端面形状及び自由高さ)及び加工能率(といし摩耗量)が向上し、切断に適するといしの種類の範囲が広がった。

(2) 改良した切断機の加工条件

改良した連続同期切断機を用いて切断実験を行ったところ、切断に適する加工条件を加工精度における 1 級の割合が 7 割以上のものとする、

といし切り込み送り速度 $f=5$ [mm/min] の場合
コイル回転数 $N=45\sim90$ [rpm]

といし切り込み送り速度 $f=10$ [mm/min] の場合
コイル回転数 $N=67.5$ [rpm]

である。

また支持具改良前の切断に適する加工条件($f=5$ [mm/min],

$N=45$ [rpm]) でコイルを切断するとき、切断に適するといしは、

SWC 線の場合

A 60 L, A 80 K, A 80 L

SWOSC-V 線の場合

A 60 J~M, A 80 J~P

となり、支持具改良前と比べてといしの適応範囲が広がった。

参 考 文 献

- 1) 對馬一憲, 久納孝彦, 西岡伸一郎, 橋向正成, 連続コイルの同期切断における加工特性, ばね技術研究会 1989 年度春季講演会前刷集, (1989), 1.
- 2) 水谷元彦, 對馬一憲, 久納孝彦, 連続コイルばねの同期切断法に関する研究, 機械学会論文集, 57-539, C(1991), 2435.
- 3) 神山朋典, 對馬一憲, 久納孝彦, 連続コイルばねの同期切断製造法に関する研究, 日本機械学会, 山梨地方講演会論文集, No.214(1991), 83.
- 4) 伊藤慎一, 村松健一, 神山朋典, 對馬一憲, 久納孝彦, 連続同期切断によるコイルばねの加工特性, ばね技術研究会 1992 年春季講演会前刷集, (1992), 1.