



MANUFACTURING
POWER OF JAPAN

ばねを極める

人気の中性ボールペンを支える微細ばね

近年人気を博している中性ボールペンの存在をご存知だろうか。これはゲルインクと呼ばれる、油性と水性の中間の粘度を持つインクを使用し、油性より滑らかに書け、水性よりも乾き易くかすれ難い。このバランスの良さが好評で、現在は日本のみならず世界のヒット商品となっている（ボールペン詳細は4ページ参照）。

この中性ボールペンのペン先のチップと呼ばれる精巧な部品には微細なばねが組み込まれている。ボールペンは、金属球（ボール）が回転することにより、インクがボール表面に送られ、線を描くことができる筆記具であるが、このボールを「ボール押圧ばね」と呼ばれるばねが支えインク漏れを防いでいる。例えば直径0.5mmのボールの場合、線径約0.12～0.14mmのステンレス鋼線でできた外径約1mmのばねが使用されている。ふだんノック式ボールペンの透明ケースから垣間見える直径5mm程度のばねではない。目に見えない先端部分で活躍する極小ばねのことである。

このボール押圧ばねで、国内シェア70%、世界シェア50%を持つのが（株）マイクロ発條である。

加工精度が問われるばね先端

かつて、長野県の諏訪地域は精密機械工業の一大集積

地であり、「東洋のスイス」と呼ばれていた。精密機械には、大小様々なばねが使用されるが、この諏訪の地で、創業から一貫して微細ばねの分野に特化してきたのがマイクロ発條である。

同社は、既製のばね製造装置では精密機械メーカーからの多様な要求に対して、多品種のばねを迅速に製作するのが困難であったため、自社でNCマシン*の開発を行った。開発したNCマシンは工具の配置の自由度が高く、多品種のばねを短時間で製造することが可能となった。さらに、熟練工に頼っていた生産体制から、高品質で大量生産できる24時間無人稼働を実現した。

この製造ラインに着目したのがボールペンメーカーである。1980年代、新開発の中性ボールペんに装填する微細なボール押圧ばねを低コストに大量生産できるかどうかが課題であった。特にボールと接するばねの先端部が、ツノのように真っ直ぐ線が突き出た特殊形状となっており（右上写真参照）、高精度に加工するのは難易度が高かった。

ボール押圧ばねの開発において、マイクロ発條では与えられた図面に対し、自社開発NCマシンを職人総動員で改良・調整し、量産にこぎつけた。

その製造方法は、NCマシンにおいて、繰り出されるステンレス鋼線を数種類の工具に押し当てコイリングした後、曲げ加工で先端のツノ部分をつくり切断する。最後に熱処理にて加工歪を取り完成となる。

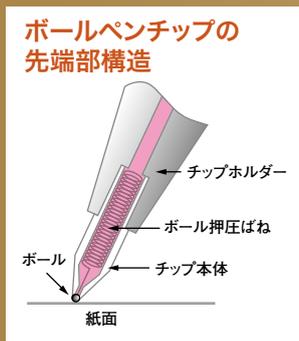
*Numerical Control machine：数値制御工作機械



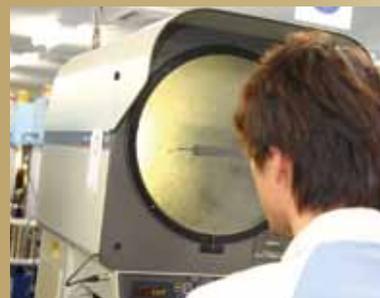
工場内は自社製NCマシンがずらりと並ぶ。加工精度はNCマシンにおいて製造と同時に自動的にチェックする。24時間無人連続加工を可能にしている。



世界に供給されるボール押圧ばね。月に8000万個、日に400万個、大量のばねを高速で生産している。



ボールペンチップと、これに組み込まれるボール押圧ばね



拡大投影機による目視検査も欠かせない。

微細ばね

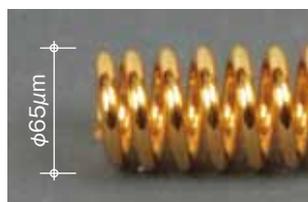
開発の詳細は機密事項ということであるが、最も苦心したのはばね先端という。先端はコイルング後に線を垂直に折り曲げ加工されるが、この角度が垂直でないとボールの中心を1点で支えることができなくなる。またボールと接する先端の断面は平滑である必要があり、1度の切断でバリのない断面に仕上げるために多くの開発時間を要した。この先端の加工精度の高さがボール押圧ばねで同社がトップシェアを獲得している大きな理由となっている。

微細ばねを高精度に加工するために

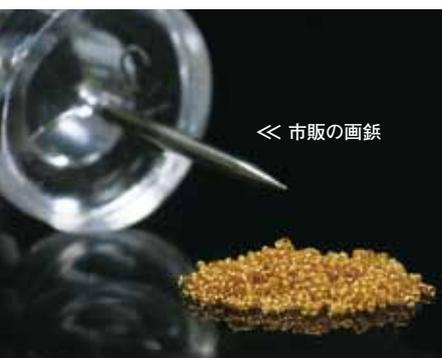
極小ばねを高精度に加工するため、材料も適したものが使用されている。押圧ばね



2010年量産達成 : 外径0.08mm
線径0.015mm



2011年目標 : 外径0.065mm
線径0.015mm



はインクに触れる部分で使用されるため、耐食性が重視されステンレス鋼線 (SUS304) が使用されている。引張強度は線径0.12~0.14mmのステンレス鋼線の場合2150~2400N/mm²である。

小さなばねになるほど、材料の品質が加工に影響を与えるため、線材メーカーにおいてさまざまな工夫が行われている。例えば線材の表面についての微細な疵は、ばねの加工時に断線や折れを発生させる要因となるため、線材同士が接触しないよう、各工程で厳重な配慮がなされ、表面疵の低減が図られている。また伸線工程でダイスの角度によって線に曲がり

ものづくりの魅力

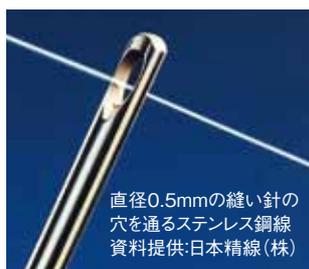


当社には、誰もがやらないことをやり遂げる企業文化があります。「他社には巻けないばねがあるのだけど、製造できる?」というお客さまからのオーダーに採算度外視で取り組むこともあります。このような企業姿勢が、微細ばねで独自のポジションを築けている理由なのです。(小島拓也社長)

株式会社マイクロ発條(長野県諏訪市)
1954年創業、ボール押圧ばねで、国内シェア70%、
世界シェア50%を誇る。
<http://www.mikuro-spring.com>



つく「線くせ」も重視され、線材メーカーではダイス角度を調整し「線くせ」の安定化を図る等、細かい配慮によって安定した品質が確保されている。



マイクロ発條では、材料の品質向上も伴ってボール押圧ばねの製造においてこれまで大きな不良を一度も出したことがないという。その生産量は押圧ばねで8000万個/月、累計では100億個以上におよぶ。日々大

量のばねを高速で生産しながら、NCマシンの最適化と品質管理の徹底により、信頼性の高い製品を生み出している。

同社ではさらに小さなばねの製造にも取り組んでいる。半導体の検査装置用ばねで、ばね外径0.08mm、線径0.015mmという世界最小クラスの微細ばねの製造に成功している。もはや肉眼では確認できない小ささである。そのため、製造工程では顕微鏡を使いながら精密な作業が行われる。今後は極小サイズを生かした電子部品やカテーテル治療などの医療機器に使用されるばねの製造を目指す。最近では外径0.065mmのばねの製造に着手しており、すでに量産化の目途は着いたと言う。

●文 藤井美穂

抜群の書き味を支えるボールペンの緻密な構造

1950年代に実用化されたボールペンは、高粘度なインクを使用し、これは油性インクと呼ばれた。1964年には、低粘度な水性インクを充填した水性ボールペンが発売された。書き味、色の発色に優れていたが、ドライアップ（インクが乾燥し使用できなくなる）が起こるため、キャップが欠かせなかった。そして1980年代になると、中粘度のゲルインクを使用した中性ボールペンが開発された。水性の利点を持ちながら、ドライアップの心配がない画期的な商品であった。しかしインク漏れを起こす可能性があり、防止のために「ボール押圧ばね」が組み込まれるようになった。

ボールペンのチップ先端部は通常、ボール、チップ本体、チップホルダーで構成され、中性ボールペンの場合はこれに押圧ばねが入る。材質は一般にボールが超合金やセラミックス、チップ本体やホルダーはステンレス鋼などが多く使用される。ボールはチップ先端部に数μm～数十μmのクリアランスを設けて保持されており、このクリアランスの開放、遮断に押圧ばねは役立てられる。使用時は筆記圧によってボールが外部から内部へ押し込まれクリアランスが開放し、インクが流出する。反対に未使用時はボールを内部から外部へばねが押し出して遮断し、インク漏れを防

止する。この機構によって中性ボールペンは、キャップのないロック式ボールペンが可能となったのである。

現在、日本製ボールペンは年間約12億本生産され、このうち約8億本が輸出されている。ボールペンは地域によって好まれるボールの大きさが異なり、アルファベット圏では、やや太めの直径0.7～1.0mmが一般的であるのに対し、小さいスペースに細かく書き込む漢字圏は直径0.4～0.7mmとなっている。今後、中国でのボールペン需要が拡大することが予想され、細いペン先が増える傾向にある。限られたスペースに装填される押圧ばねもさらに小さいものが必要となり、0.4mmボールの場合、ばね外径は0.5mm、線径は0.09mmとなる。これに伴い、ばねの加工難易度はますます高くなっている。

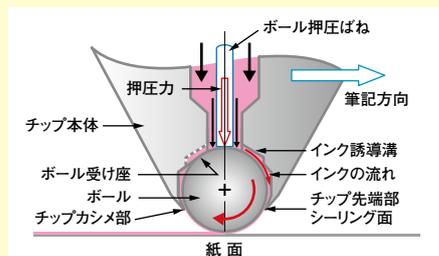
ボールペン1本の価格は100～150円と廉価であるが、その先端は、高精度部品を組み合わせた精巧なつくりとなっている。おそらく、中性ボールペンの中に装填された微細ばねの存在は、消費者の大半は知らないであろう。一時、新興国による低価格なボールペンが流通し、日本製品の人気低迷しかけたことがあった。しかし粗悪品はすぐに市場から姿を消し、今や日本の文房具は世界で高く評価されている。なかでも中性ボールペンはスタンダード商品として各国の店頭に並び、愛用されている。その理由は消費者が最もよく知っているであろう。滑らかな書き心地、鮮やかな発色。その構造を知らなくとも、こだわりの「Made In Japan」は、書き味が違うのである。

各種ボールペンのペン先



中粘度のゲルインクは溶剤分インク部分が太くなり、またインク漏れ防止のため押圧ばねがチップ先端に必要となる。

ボールペンチップの先端部機構



ボールはチップ先端部内面とボール受け座の間に数μm～数十μmのクリアランスを設けて保持されており、このクリアランスの開放、遮断に押圧ばねは役立てられる。

写真提供：(株)パイロットコーポレーション