

微細な3D形状の高精度な レーザ加工による、新しい腕時計の製作

ジュリア・ボッターニ

ガラスを加工して3D部品を生成する技術

ガラスは、金属やポリマーなどの材料にはない独特の性質と利点を備えており、光を透過し、耐熱性、耐摩耗性、耐擦傷性に優れ、本質的に生体適合性を備え、化学的に安定で、電気を絶縁する。また、それよりは目立たない性質ではあるが、弾性が高く、化学的処理後の破損強度が高い。

そのため、ガラスは時計学(時間の研究と管理)や微細機械学分野で広く使われている。そのトライボロジー挙動と、3次元(3D)構造を形作る能力を求めて、スイスの高級時計財団(Fondation de la Haute Horlogerie: FHH)の主要なブランドが、新しい腕時計のムーブメント、文字盤、アクチュエータ、テン輪、時間インジケータを製作するために、スイスを拠点とす

るフェムトプリント社(FEMTOprint)の微細加工プラットフォームを導入している。

スイスの高級腕時計メーカーであるユリス・ナルダン社(Ulysse Nardin)は、1846年の創業以来、腕時計製作のパイオニアとして君臨し続けている。2017年に発表したコンセプトウォッチ「Innovation 2」は、自動巻き機構、オシレーター、3Dのガラス製分針、テン輪に対する衝撃保護が組み込まれたガラスブリッジで、腕時計ファンの注目を集めた。そして今回同社が発表したのが、「フリークネクスト」(FREAK neXt)である。このコンセプトウォッチでは、ユリス・ナルダン社の技術的マイルストーンと、フェムトプリント社のガラスを対象としたレーザ微細加

工の専門技術を示すことを目的に、3Dフライングオシレーターを搭載した新しいフライングカラーセルバゲットムーブメントが披露されている。

微細加工部品

フリークネクストのフライングオシレーターは、シリシウム製ブレードの弾性を利用したフレキシブルな機構に基づいており、中央軸をなくしてオシレーターが空中に吊るされる形となっている。この調速機構の着想の中心は、テン輪の軸を完全に取り払って仮想的なピボットポイントを設け、ベアリング上の摩擦をなくして全体的なクオリティファクタを最適化し、それによってムーブメントの消費電力を抑えるという考え方にある。これは、17世紀に導入された、



図1 フリークネクストには、夜間発光の3Dガラスチューブ(拡大写真)が採用されている。(写真提供:ユリス・ナルダン社/フェムトプリント社)

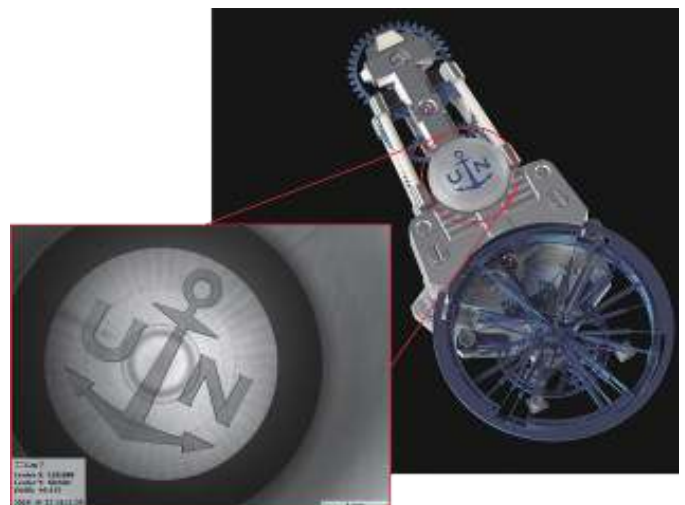


図2 フリークネクストの3Dのガラス製ロゴ装飾。(写真提供:ユリス・ナルダン社/フェムトプリント社)

ひげぜんまいによる調速という伝統的な原理を改善する開発である。

素材の物理学の限界を楽しみながら、無限に広がる自由なデザインと、レーザ技術によって達成されるこれまでにない表面の滑らかさや正確な形状を、最大限に活用して製作されたフリークネクストには、スター・ウォーズ (Star Wars) の宇宙船をイメージしたやや台形のフォルムを持つ、バゲットムーブメント (最終的なギアトレイン) のガラスブリッジが採用されている。その周りには、4本の透明な発光ガラスチューブで縁取りされている (図1)。各チューブは、直径400 μ m (内径200 μ m)、長さ8.34mmで、アルミン酸ストロンチウムをベースとする非放射性で無毒性の光輝性塗料であるスーパールミノバが充填されている。

この塗料の発光効果は夜間にのみ確認できる。チューブは、2つ一組でモノリシックに重ね合わされて、数ミクロンの精度でバゲット上に浮いている。形状の精度と透明性を損なうことなく、材料からチューブを創出することが、製造における最大の焦点だった。

塗料によって生成される光は、ガラスレンズにあしらわれたユリス・ナルダン社の特徴的なマリンプルーのロゴ (図2) を際立たせ、バゲットムーブメントの装飾を引き立てている。直径5.0mm、高さ1.95mmのこの中心部分には、ガラス製の3Dモノリシック構造製造における主要な課題のすべてが詰め込まれている。つまり、複数の高さ (レンズ曲面から表面に掘られたロゴまでの深さは130~180 μ m)、さまざまな角度と半径の平面および凸面の形状、装飾用彫刻、選択的な表面研磨を、数ミクロンレベルの幾何公差とRaで20nm未満の表面粗さで実現しなければならない。



図3 コンセプトウォッチとして発表されたフリークネクスト。(写真提供: ユリス・ナルダン社)

高精度なレーザ微細加工技術

フェムトプリント社のレーザ微細加工プラットフォームは、流体的、光学的、機械的機能を組み合わせて、ユニークなモノリシックガラスデバイスを製造する。微細機械構造、フォトニクス、微細光学部品、微細流体部品、パッケージングの分野を対象に、光学集積回路 (導波路やレンズなど) の産業用シリアル製造、2Dおよび3D製造、数種類のガラス研磨およびハーメチックシーリングの他、カスタムオーダーのガラス製微細デバイスを作成するための選択的な金属形成加工が、このプラットフォームで行われている。

このプラットフォームのその他の特長としては、マスクとクリーンルームを不要とする技術、サブミクロンの分解能、1:500を超えるアスペクト比、最大で幅200mm、高さ12mmのバッチウエハを処理する能力などが挙げられる。高い再現可能性と、光学面の仕上げ精度および幾何学的精度に加え

て、つなぎ目や階段効果のない製品が製造可能で、医療機器に対するISO 13485:2016認証に適合する製造フローが採用されているため、幅広い範囲の難しい用途に利用することができるようになる。

今後について

ユリス・ナルダン社のフリークネクストはコンセプトウォッチだが、同社によると、非常に近い将来生産段階に入る可能性があるという。これまでに発売された同製品ファミリのさまざまなバリエーションに示されているように、長い伝統を誇る時計業界は、デザイン、表示、技術の革新的で画期的なコンセプトを打ち出し、それを商用製品へとつなげてきた。フェムトプリント社は今後も、時計製作、医療技術、バイオテクノロジー、光学、フォトニクス、自動車、航空宇宙、エレクトロニクス業界のパートナーとともに、開発に取り組んでいくつもりである。

注記
FEMTOPRINTは、フェムトプリント社の登録商標である。

著者紹介

ジュリア・ボットアリーニ (GIULIA BOTTARINI) は、スイスのフェムトプリント社 (FEMTOprint SA) のビジネスデベロッパー。URL: www.femtoprint.ch