

巻き爪応急処置用品の試作技術の開発

Development of trial manufacturing methods for first aid goods to the ingrown nails

電子・機械技術部 機械・加工科 三瓶 義之
ロボット・制御科 菊地 悠介

応募企業が開発した巻き爪応急処置用品の試作技術の社内導入に向け、その要望に対応可能な素材・加工法及び諸条件について検討を行った。その結果、市販の医療用テープを用い、小型レーザー加工機を用いて加工することが現実的とわかった。

また加工にあたっては、被加工物の素材や色、表面性情に留意し、局所排気装置などの周辺設備も必要であることが分かった。

Key words: レーザー加工、試作、巻き爪

1. 緒言

応募企業の DREAMBERRY はいわゆるネイルサロンとしてネイリング、手足の爪のカット及び巻き爪の矯正を行っており、巻き爪の痛みを軽減させる応急処置用品の開発にも取り組んでいる。

現在、この応急処置用品はネイリストが粘着テープをハサミで加工して製造しているが、試作およびサロンでの処置及び販売に向けて数百個規模の生産に向けた対応が必要となっている。

しかし、応募企業は加工業ではなく、製造技術、数量規模、設備導入費用の知見がなく、自社製造の可否の判断も難しい。

そこで、申請者が開発した巻き爪応急処置用品の試作評価に向け、

- ・数百個レベルの試作が可能
 - ・試作での素材や形状の変更が可能
 - ・コスト・加工知識的に社内に設備導入が可能
- という課題に対応できる試作技術を開発するため、

以下の内容に取り組んだ。

- 1 素材および加工手法の検討
- 2 提案した手法での試作条件の検討
- 3 社内試作に向けた諸条件の検討

その内容について報告する。

2. 実験

2. 1. 素材についての検討

応募企業が開発した応急処置用品は粘着テープを目的の形状に加工した構造のものである。この粘着テープ自体の基布や粘着剤、層構造を検討し、製造あるいは生産を委託するということは現実的ではない。そこで、これまでの処置で実績のある医療用のテープを素材として使用することとした。

2. 2. 加工法についての検討

粘着剤のついた布あるいは樹脂フィルムを希望の形状に加工する加工法としては、以下が挙げられる。

- ・はさみ・カッター等での切断作業（現行作業）
- ・刃物型（ダイ）によるダイカット
- ・型内への注入による射出成型、押し出し成型
- ・小型レーザー加工による切断

これらの加工法について、応募企業の要望である数百個レベルでの試作、設計変更の容易さ、対応人員や技術の点について比較した。その結果を表1に示す。

その結果、特に設備費用と設計変更の点で小型レーザー加工装置による試作加工が最も適性が高いと考えられる。

表1 加工法の比較

加工法	ハサミ (現行)	ダイカット	成形	レーザー 加工
対応数量	～数十個	大量生産	大量生産	～数百個
形状	不安定	安定	安定	安定
設計変更	容易	困難	困難	容易
設備費用	不要	高価	高価	安価
技術導入	容易	困難	困難	容易

3. 試作諸条件の検討

3. 1. 応募企業提供素材での加工実験

小型レーザー加工装置による試作加工について、加工の可否、加工品質、加工時間について検証するため、当所の小型レーザー加工装置（smartDIYs 製 FABOOL LASER Mini）を用い、応募企業提供の素材および形状での加工実験を行った。小型レーザー加工装置の詳細を表2に、加工した素材を表3に示す。素材それぞれについて小型レーザー加工装置で試作を行った結果は以下の通り。

表2 小型レーザー加工機の詳細

メーカー	smartDIYs
機種名	FABOOL LASER Mini
光源	レーザーダイオード
スポット径[mm]	0.2
光源寿命[h]	5000-10000
波長[nm]	445
出力[W]	1.6
外形寸法[mm]	540 x 485 x 140
重量[kg]	3.0

表3 加工した素材

品名	湿布固定 粘着シート	テーピング テープ	救急絆創膏
色/表面性情	白色/起毛	薄茶/平滑	薄茶/平滑
基布素材	ポリエステル	綿糸 ポリウレタン	塩化ビニル
粘着剤	アクリル系	アクリル系	アクリル系
テープ厚 [mm]	0.23	0.56	0.1
剥離紙厚 [mm]	0.09	0.12	0.1

・湿布固定用粘着シート

当所の装置の一般的な加工条件範囲では安定した加工を行うことができなかった。この素材は白色度が高く、表面が起毛しているためにレーザー光が散乱されるため、レーザーのエネルギーを吸収できず加工ができない、あるいはわずかな着色物で一気にレーザーが吸収されて強く加工されるという極端な結果を示した。加工状況について図1に示す。



図1 湿布固定用粘着シートの加工結果

・テーピングテープ

剥離紙を含めた切断加工、剥離紙を切らずにテープ部分を切断する半切断加工の両方とも安定した加工を行うことができた。基布素材中に白色の綿糸が織り込まれているため、それを確実に切断するための条件を導出する必要があった。加工結果を図2に示す。



図2 テーピングテープの加工結果

・救急絆創膏

剥離紙を含めた切断加工、剥離紙を切らずにテープ部分を切断する半切断加工の両方とも安定した加工を行うことができた。しかし、素材がPVC系のプラスチックフィルムで、加工時の熱で刺激臭が発生するため、局所排気などによる臭気対策が必要であった。

3. 2. 加工品質、劣化の確認

当所で試作加工を行った試料についてその加工品質について応募企業に確認したところ、切断部のやや剥離紙の状態、切断状況は許容範囲内であった。

3. 3. 社内試作に向けた諸条件の検討

3. 3. 1. レーザー光源の出力制御について

市販の小型レーザー加工装置はレーザーダイオードを光源に使用している。産業用のレーザー加工装置では偏光子を用いてレーザーの出力を調整するが、これらの小型の装置では入力電力の調整でレーザー出力を調整している。この場合、入力電力に対して、レーザーダイオードは無発光領域-LED 発光領域-レーザー発振領域-飽和領域と状態が遷移するため、レーザーの強度を制御できる範囲はレーザー発振領域内の一部に限られる。一例として当所の装置では出力設定値でおよそ40～90[%]の範囲でしか出力を調整できない。

そのため、実際の加工時にはレーザーの出力制御は固定し、他のパラメータ側で加工強度を調整する必要がある。

3. 3. 2. 機械駆動部分について

小型レーザー加工装置の駆動部はステッピングモータにプーリとベルトを接続してレーザーヘッドを移動

させる構成がほとんどである。この構成では、一般の加工機と比較して以下の特徴がみられる。

- ・モータ回転を減速せず、加速して使用するためモータの最小回転角に対応する最小移動幅が大きい。
- ・ステッピングモータは、ステップ：ストップの時間比を変えて回転速度を制御している。レーザーは連続照射のため、ステップ時には加工が弱く、ストップ時は強いという加工強度のムラが生じる。
- ・ベルトを介して重量のあるレーザーヘッドを駆動するため、X 軸-Y 軸の移動タイミングのずれ、ヘッドの移動の遅れ、位置決め精度の低下が発生する。
- ・時間解像度の高い制御指令を行えないため、同期したモータの駆動制御を行っていない。

その結果、実際に加工を行った際には以下のような現象が発生する。

- ・線加工は深い点と浅い線が繰り返される点線となり、これは加工速度が低速になるほど顕著となる。
- ・高速駆動時に制御信号が間引かれる、レーザーヘッドが慣性で振動するなどの要因で、指定された加工パスからのブレ（ジャギー）が発生する。実際に円形状を加工した際にこれらの問題が発生した加工結果について図 3 に示す。

これらの影響を抑え込むため、加工速度については遅すぎず早すぎない速度領域を設定したうえで加工パスを繰り返しての加工が必要となる。

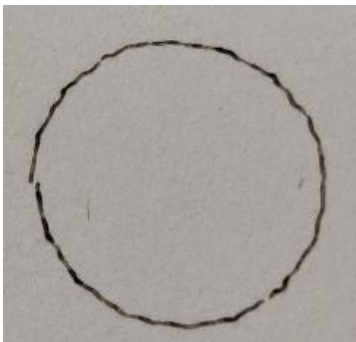


図 3 円形状の加工時に問題が出た状況

3. 3. 3. 使用するデータについて

レーザーは加工点を移動させながら加工するため、その加工データはレーザーの通り道を記録したベクター画像となる。これは BMP や JPEG といった一般的なラスタ画像とは異なり、編集できるソフトも別個のものとなる。

レーザー加工機の制御ソフトはその加工機専用であることが多いため、それらで読み込める汎用 CAD 形式（svg 形式、dxf 形式等）に対応した CAD ソフトあるいはドローソフトを別途用意する必要がある。

対応したソフトの一例としては Inkscape, JW_CAD などのソフトが挙げられ、これらはフリーでの商用利用が可能である。

3. 4. 加工に要する時間について

今回当所の装置での処置用品の試作加工に要した時間は 80[sec.]/5[個]で、同条件で 100[個]加工した場合には 35[min.]程度要する計算となる。これはレーザー光源の許容連続照射時間内に収まっており、応募企業の時間的要求も満たしている。

3. 5. 加工時の「におい」について

今回加工したテープの基布素材は綿、ポリウレタン、ポリエステル、塩化ビニルであり、粘着剤はアクリル系であった。これらのうち、塩化ビニルに関しては加工時に刺激臭が発生し、他のものも焦げ臭さを感じた。

その臭気は作業室内に入るとすぐに気づく程度であるため、店舗内等で加工を行う際には塩化ビニル系の素材の加工は避け、活性炭フィルター等を組み合わせた局所排気装置などの周辺設備を用意する必要がある。

4. まとめ

応募企業が考案した巻き爪応急処置用品の試作に向け、企業側の要望に応えられる試作技術の開発を行った。その結果以下の結論を得た。

- ・処置用品の試作には医療用サージカルテープを素材として小型レーザー加工装置を用いて加工することは現実的な選択である。
- ・小型レーザー加工装置による加工は生産数、加工時間、設計変更の自由度、設備導入費用の点で応募企業の要求を満たしている。
- ・加工する際には加工機の出力・速度に関する特性および被加工素材の特性を把握したうえで加工条件を設定する必要がある。具体的には素材ごとにレーザー出力と加工速度で条件を振った加工パターンマトリクスを作成し、良い結果を示した条件を採用することが必要である。また、加工強度はレーザー出力でなく、加工の繰り返し回数で設定する必要がある。
- ・塩化ビニル系素材は加工時に刺激臭が発生するため加工は避ける。また他の素材でも脱臭装置を備えた局所排気装置を設置する必要がある。