

レーザー加工機を用いたポリエチレンシートの最適加工の検討

生産技術科 小田 浩司

A Study on Optimum Manufacturing Polyethylene Sheet by Laser Processing Machine

Koji ODA

概要 当校近隣の浜田市から、ポリエチレン製の甲冑部品の製作において機械加工化に向けた相談依頼があった。そこで、工作機械としてレーザー加工機を用いることにし、高品位かつ効率的な加工方法を検討した。その結果、出力電流値やアシストガスの圧力値など最適な加工条件を見出したことで、過度な溶解のない高品位な部品加工を可能とした。また、部品の配置を検討することで、経済的な材料取りや加工時間および段取り時間の短縮を可能とした。

1. はじめに

当校近隣の浜田市は平成31年に開府400年となる節目の年を迎えるにあたり、様々な記念イベントを計画している。その中の1つとして、毎年4月に行われる「浜っ子春まつり」では、江戸時代の参勤交代を再現した大名行列に数十人規模の甲冑隊を加える予定である。その甲冑の材料は、装着者の負担軽減から、金属ではなく厚紙やプラスチックが材料として採用されている。現在、浜田市ではその製作方法が主に手作業となっているため、開催までに複数の製作が困難な状況になっている。

そこで、当校の炭酸ガスレーザー加工機を用いて、甲冑部品の製作の機械加工化を試みた。本報告では、使用する材料に対して、高品位な加工が可能な加工条件を検討した結果を報告する。また、加工する部品の配置から、効率的な加工方法を検討した結果を報告する。

2. 材料物性とその加工特性

2.1 材料物性値

浜田市より提供されたプラスチック材料は、成

形タイプの異なる2種類のポリエチレンである。一方がソリッドタイプであり、他方が気孔を有する発泡タイプである。それぞれの材料物性値を表1に示す。どちらの材料も低温で軟化・溶解が起こり、熱に極めて耐性がないことがわかる。

表1 ポリエチレンの物性値

	材料A	材料B
成形タイプ	ソリッド	発泡
比重	0.94	0.65
引張強度 MPa	23.1	11.6
伸び %	39	41
柔軟温度 °C	61~72	65~70

2.2 加工特性

これらの材料を、□30mmの中にφ3.5mmの穴がある形状にテストカットをおこなった。その加工条件は、従来から使用しているアクリル樹脂の値（出力電流値：30mA、アシストガス：エア0.03MPa、加工速度：4500mm/min、焦点深度：材料表面）を用いた。そのとき得られた加工物をレーザー光が射出された側、すなわち裏面からの外観を図1に示す。



図1 テストカットした加工物の外観

図に示すように、アクリル樹脂の加工条件で切断は可能であったが、切断面に必要以上に溶け込みが発生している。特に穴の外周は深く溶融しており、大きさ・形状とも良好とはいえない。

この原因の1つとして、過大な加工出力が挙げられる。レーザー加工機は図2に示すように、薄板鋼板を用いた楕円形状の治具の上に加工材料を設置する。上方から照射されるレーザー光は加工材料だけでなく、その下の治具の一部も加工することになる。特に加工出力が大きくなると、治具への損傷も大きくなり火花が発生する。その火花が熱に対して弱いポリエチレン材料の溶融に影響している。このことから、材料裏面の溶け込みをなくすためには、加工出力を下げ、材料のみが加工できるような適正な加工条件を検討する必要がある。

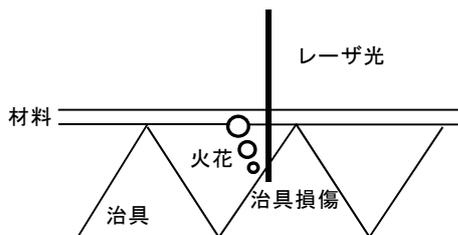


図2 材料溶融の模式図

3. 加工条件の検討

3.1 電流値の影響

加工出力が加工物の表面品位に影響をおよぼすことが明らかになったため、加工出力を制限する発振器の電流値を変化させてテストカットをおこなった。使用する各種材料および板厚に対して、加工が可能な電流値の下限値を見出すことにした。その結果を表2に示す。表の×印は出力が小さく、切断されずに素材のシートから取り除かれなかったことを示している。△印は切断されたが、切断面にバリが多く発生しており、不適格な条件である。○印は切断面がシャープなエッジであるとともに、図1に示したような過大な溶け込みも見受けられなかった。このことから、それぞれの材料において、高品位に加工できる電流値の下限値を明らかにすることができた。

表2 加工品位におよぼす電流値の影響

電流値 mA	材料A	材料B	材料B
	板厚1.5mm	板厚1.5mm	板厚2.0mm
25	○	○	○
20	△	○	△
18	×	○	×
16	×	△	×
14	×	×	×

○：切断可能

△：切断可能（バリ発生）

×：切断不可

3.2 アシストガス圧力の影響

テストカットした加工物の穴部に、図3に示すように切断した材料の溶け残った塊（以下、切りくずとする）が付着している。この切りくずの付着を防止しかつ除去するために、アシストガスの圧力を段階的に変化させた。圧力のある値まで高くすると、切りくずは検知されなかった。しかし、より高い圧力では酸素の供給が多くなり、酸化・燃焼反応が促進されて、切断面に溶け込みが発生するようになった。このことから、実験的にアシストガスの適正な圧力値を求めることができ、本実験では0.06MPaを最適な値とした。



図3 溶融した切りくずの付着

以上のように、実験より求めた高品位加工が可能な最適条件を表3に示す。

表3 加工条件

発振器定格	2000 W
ビームモード	シングルモード
電流値	25 18 mA
アシストガス	エアー
ガス圧力	0.06 MPa
加工速度	4500 mm/min
レーザ焦点	材料表面

4. 部品配置の検討

今回製作する甲冑は、多くの部品を組み合わせで成形する。図4は胴部分に用いる部品図を示しており、大小さまざまな曲面を有した部品となっている。これらを提供された1000×1000mmの大きさのポリエチレンシートを材料として製作する。その際、部品の大きさや形状を考慮して配置を検討した。おおまかな配置はCAMのネスティング機能を使用して、その後、手動にて修正をおこない調整した。

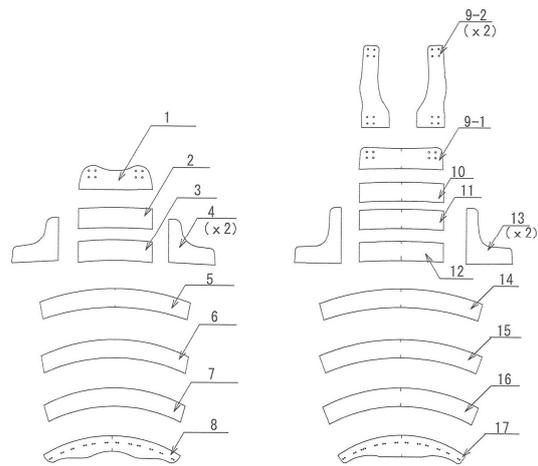


図4 甲冑の部品図（胴部）

その結果を図5に示す。部品以外の余白部分が減少され、材料の歩留まりが高くなり、経済的な効果をもたらした。また、部品間の移動距離が短くなることで、加工時間が短縮されることがあげられる。さらに、シート1枚から製作できる部品の個数が増えるため、今回のように複数製作する場合においては、材料交換の段取り時間も低減することができる。

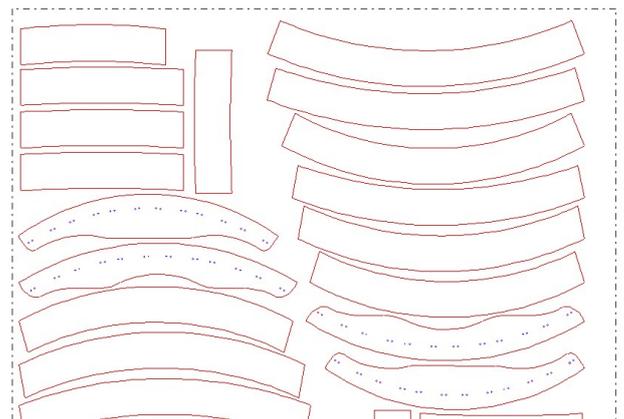


図5 ネスティング

5. シートの加工

高品位に加工が可能な条件および効率的な配置を用いて、ポリエチレンシートを加工したところ、図6に示すように、加工ヘッドと切断した部品が衝突し加工機が停止した。これは加工した部品の下部に材料を支える治具が存在しなかったため、図のように加工が完了した部品が立ち上がり、次の部品加工に向かう加工ヘッドと衝突した。特に2章で述べた治具損傷の熱影響を避けることを目的に、治具を可能な限り少なくしたため、衝突現象が顕著化した。そこで、これまでジョイント（加工部品に故意に加工しない数mm程度の部分）を2カ所設けていたが、4カ所に増加させる対策を施した。これにより加工部品はシート材料から立ち上がることなく、1000×1000mmの広範囲なシート全体でスムーズな自動運転による連続加工が可能となった（図7参照）。

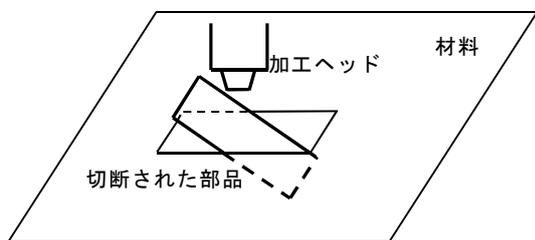


図6 衝突の模式図

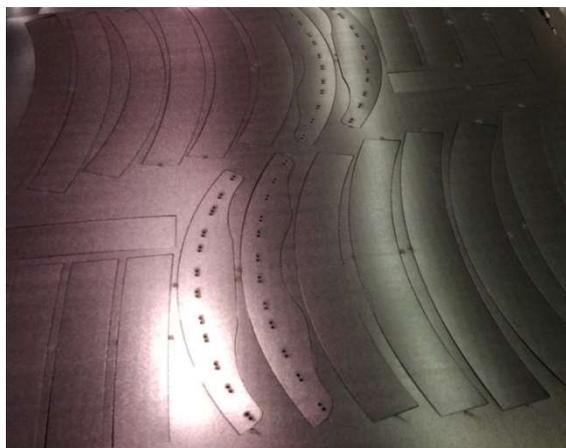


図7 切断した甲冑部品

図8は図7で製作した部品を曲げ、紐通しして組立てた甲冑である。従来製作していた厚紙製の甲冑と比較して、0.7kg軽くなっている。また、塗装・防水処理の必要もなく、完成までの時間が大幅に短縮できるようになった。



図8 製作したプラスチック製の甲冑

6. おわりに

レーザ加工機を用いたポリエチレンシートの切断加工において、高品位かつ効率的な加工条件および加工方法を検討したことで、以下のような結果を得た。

- ・出力電流値を必要最小限にすることで、溶け込みのない加工が可能となった。
- ・アシストガスの圧力値を適正にすることで、切りくずの処理が可能となった。
- ・部品の配置を考慮することで、材料の歩留まり向上、加工時間および段取り時間の低減が可能となった。
- ・ジョイントを増加させることで、シート全体で円滑な連続加工が可能となった。

謝辞

本報告にあたり、材料の提供と助言をいただいた浜田市産業経済部観光交流課開府400年推進室、浜田手づくり甲冑愛好会に感謝の意を表す。