

PA粉末積層造形体の熱変形特性に関する研究

材料技術課 山本貴文 住岡淳二 林千歳*1 産学官連携担当 水野渡

1. 緒言

3Dプリンタは迅速試作ができる装置として「RP:Rapid Prototyping」と呼ばれているが、2012年にはASTM Internationalによって「AM:Additive Manufacturing」と定義され、従来の除去加工、変形加工に次いで第三のものづくり「付加加工」と位置付けられるようになった。プラスチック粉末RPにおいては、従来は試作品作製が主な用途であったが、装置及び材料の改良によりその用途は最終製品にも拡大しつつある。しかし、その使用環境における造形物の性能を把握せず使用している場合が多い。本報では、高温、高荷重下におけるポリアミド12(PA)粉末のレーザ焼結積層造形体の使用を想定し、その実力についての情報を提供する。

2. 実験方法

2.1 PA粉末積層造形体の造形

試験片の作製は、CADデータからSTL形式で形状データを作製し、エラー修正、造形エリア配置、スライスデータ作成を経て、Formiga P100(EOS GmbH)で造形した。材料はポリアミド12粉末を用い、各種試験片をXY平面に対して0°、45°、90°に傾斜させた3種類を造形した。いずれの試験片も未焼結粉末の除去、サンドブラスト処理を施した後、評価に用いた。

2.2 各種測定

2.2.1 圧縮試験及び密度測定

圧縮試験片には縦20mm×横20mm×高さ10mmの立方体を用い、高さ方向に荷重が作用する様にして試験を行った。いずれの試験片も圧縮破断には至らず、リミット試験力である約 4.9×10^4 N負荷時の圧縮変形率(最大点ストローク長/試験片高さ10mm)を算出した。試験温度は293K,323K,373K,423Kとし、圧縮速度は10mm/minとした。なお、一部の試験片については、デジタルマイクロスコープによる観察を

行った。また、圧縮試験片の密度はアルキメデス法により見かけ密度を測定した。

2.2.2 熱変形測定

本測定より、ビカット軟化温度及び荷重たわみ温度を算出した。ビカット軟化温度の測定は、JIS K 7206に準じ、縦10mm×横10mm×高さ5mmの試験体とし、試験荷重10N及び50N、昇温速度50°C/h、規定侵入量1.000mmの条件で行った。また、荷重たわみ温度の測定は、JIS K 7191に準じ、縦10mm×横80mm×高さ4mmの試験体とし、曲げ応力180MPa、昇温速度120°C/h、規定たわみ量0.34mmの条件で行った。

3. 実験結果、考察

3.1 圧縮特性の温度依存性

PA粉末積層造形体の圧縮変形率と積層方向及び温度の関係をFig. 1に示す。併せて、圧縮変形による密度変化についても図中に示した。Fig. 1より、圧縮変形率は温度の上昇に伴い増加し、圧縮後の造形体の密度も少しずつ上昇することが確認され、圧縮前の密度と比較して圧縮後は増加していることから、圧縮変形は造形物中の空隙の減少に起因していることがわかった。また、積層方向が圧縮変形率にもたらす影響は認められなかったが、一方で変形挙動には差異が認められた。一例として、323Kにおける

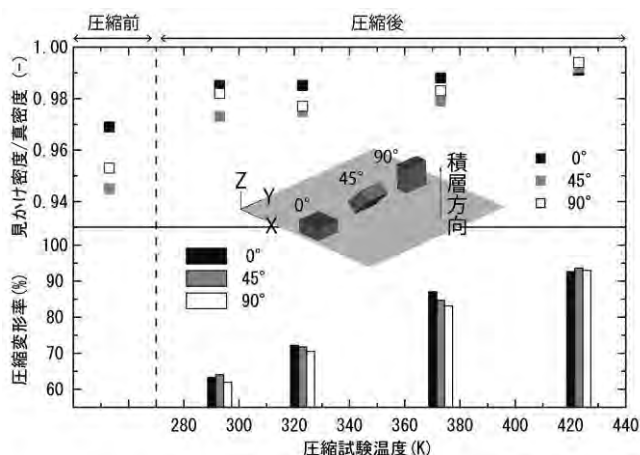


Fig. 1 圧縮変形率と造形方向及び温度の関係性

*1現 商工労働部 商工企画課

圧縮試験片の変形状態をFig. 2に示す。PA積層造形体の圧縮変形の挙動は積層方向に大きく依存し、同一積層面は圧縮応力を逃がすように変形するが、積層面の繋ぎ目では亀裂の発生が認められ、積層面同士の結合は弱いことが示唆された。これは、引張り応力が負荷された際、積層方向がXY平面に対して90°に近づくほど引張り強度は減少する結果と同様の傾向を示している。

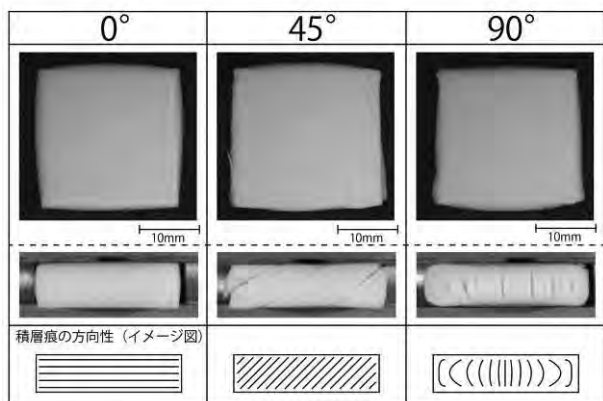


Fig. 2 323Kにおける圧縮試験片の変形状態

3.2 熱的特性の評価

外力に対する抵抗の温度限界を示す指標であるビカット軟化温度及び荷重たわみ温度と造形方向の関係性について調査した。Table 1にビカット軟化温度と荷重たわみ温度の測定結果を示す。また、Fig. 3には曲げ応力1.80MPa負荷時の荷重たわみ曲線と造形方向の関係を示した。Table 1より、ビカット軟化温度は10N負荷時ではPA12の融点である178℃¹⁾を示すことが確認されたものの、50N負荷時では造形方向90°の試料のみ他と比較して低い値を示した。また、この傾向は荷重たわみ温度についても認められ、Fig. 3からも造形方向90°の試料は明らかに

キーワード：積層造形、ポリアミド12、熱変形特性

	ビカット軟化温度(°C)		荷重たわみ温度(°C)
	10N	50N	
0°	178.9	169.4	104.6
45°	179.2	170.4	104.1
90°	178.0	166.4	99.5

Table 1 ビカット軟化温度と荷重たわみ温度

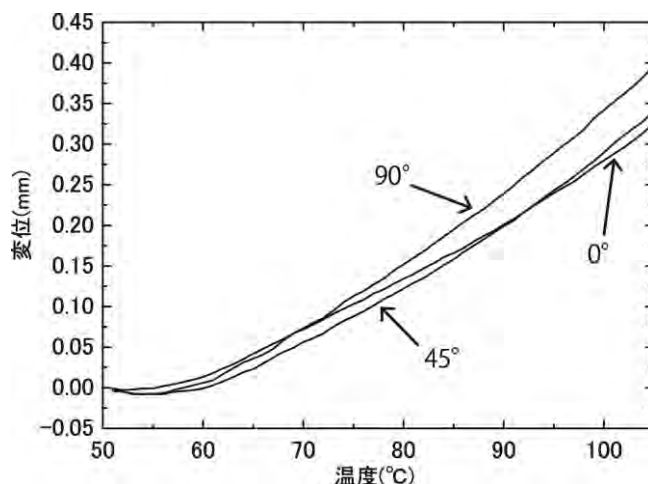


Fig. 3 荷重たわみ曲線と造形方向の関係性

温度上昇にともなう変位量大きいことがわかる。以上の結果より、一定荷重、高温下ではPA12自体の軟化に加え、造形方向に起因した影響が認められることが明らかとなり、使用環境によっては造形方向による影響を加味した上での造形が望ましいことがわかった。

参考文献

- 1) 藤吉敏生：プラスチック成型加工データブック、日刊工業新聞社 出版（昭和63年3月25日）

Heat distortion properties of polyamide specimens by selective laser sintering method

Takafumi YAMAMOTO, Junji SUMIOKA, Chitoshi HAYASHI and Wataru MIZUNO

We investigated heat distortion properties of polyamide specimens prepared by selective laser sintering method (SLS) under high load and temperature. The experimental results showed that compressive deformation behavior and amount of displacement with increased temperature be affected by building orientation on the SLS process. In particular, specimen which inclined 90 degrees for XY plane is easy to be affected. These results show that we should consider the influence by the building orientation depending on environment of usage.