

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	アルミナ系粉体を用いた三次元積層造形物の機械的性質の異方性に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	浜野凌平
Author(English)	Ryohei Hamano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12092号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:生駒 俊之,中島 章,矢野 哲司,松下 伸広,宮内 雅浩
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12092号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		浜野凌平	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名	
	主査	生駒俊之	教授	審査員	宮内雅浩	教授	
	審査員	中島章	教授				
		矢野哲司	教授				
		松下伸広	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「アルミナ系粉体を用いた三次元積層造形物の機械的性質の異方性に関する研究」と題し、6章よりなっている。

第1章「緒言」では、様々な三次元積層造形の現状と課題を概説し、特にバインダージェット法の利点とその問題点について指摘している。特に、造形物の機械的性質の異方性の原因が十分には解明されていないこと、従来から開発されている水和硬化するセメント材とは異なるアルミナ系粉体において高圧水蒸気処理法や焼結などのポストプロセスが機械的性質に与える効果、これらポストプロセスを行った造形物の気孔構造による機械的性質の異方性の解明など、本論文の意義を記述している。

第2章「石膏造形物の異方性の解明」では、バインダージェット法を用いて各方向に作製した石膏造形物の圧縮強度の異方性とその破壊モードを詳細に検討している。各方向で作製した造形物は、半石膏から石膏に変化する反応率や密度は同等であったが、 y や z 軸方向で作製した造形物と比べて、 x 軸方向で印刷した造形物の強度が最も高くなる、機械的性質な異方性を示した。これらの圧縮強度と破壊モードの解析から、滴下されたインクの間隔、すなわちインクヘッドの解像度、によって造形物に異方性が生じることを明らかにしている。このような劈開状の破壊が生じる要因として、滴下されたインクの間隔と積層厚さが、結晶学的な格子状構造モデルに由来することを新たに提案している。

第3章「 ρ -アルミナ粉体の調製と造形とポストプロセス」では、造形可能な ρ -アルミナ粉体、結合剤と焼結助剤からなる粉末を調製し、その造形物に対する高圧水蒸気処理法や焼結といったポストプロセスがその機械的性質の異方性に与える効果を検討している。ここで、結合剤にはエチレン酢酸ビニル共重合体を、焼結助剤には α -アルミナを用いている。作製した ρ -アルミナの造形物はゴム状の応力ひずみ曲線示すが、高圧水蒸気処理では石膏と類似した破壊モードを、さらに焼結することで脆性破壊に変化することを明らかとしている。高圧水蒸気処理法では ρ -アルミナが擬ベーマイトに、さらに焼結により α -アルミナに相転移する。また、 ρ -アルミナ造形物は石膏と同様に x 軸方向の造形物が最も高い強度をもつ機械的性質の異方性を示すことから格子状構造を形成しているが、焼結することにより劈開が観察されなくなることから格子状構造が変質していることを明らかとしている。

第4章「 α -アルミナ粉体の調製と造形」では、造形可能な α -アルミナ粉体と結合剤からなる粉体とその粒度分布と結合剤の添加量を調整し、その造形物の気孔構造と機械的性質の異方性を検討している。粒度分布を調整することにより、焼結時の収縮率を5%以下に抑制できること、結合剤の添加量によって水銀圧入法による細孔分布が制御できることを明らかとしている。焼結体の気孔構造を X 線マイクロコンピュータトモグラフィーで観察・解析した結果、気孔が x 軸方向に配向して連通していることを見出している。さらに、気孔率と気孔の配向角・アスペクト比に着目し、これまでに報告されている Ryshkewith の式を拡張することで、異方性のある多孔体の気孔率と強度の関係に形状因子を付与した新たな経験式を提案している。また、造形時に滴下されたインクによって形成された微構造は、焼結後には配向した気孔として残存し、機械的性質の異方性に寄与することを明らかとしている。

第5章「アルミナ造形物への金属イオン添加」では、アルミナ系造形物に金属イオン (Co^{2+} , Cr^{2+} , Fe^{3+}) を水溶液で添加させた焼結体の生物学的な機能について検討している。特に ρ -アルミナからなる粉体を用いた造形物に、金属イオンを含有したインクを滴下し、ポストプロセスを行った α -アルミナの格子中に金属イオンが導入されることを見出している。さらに、金属イオンを含有したインクを調整するには、キレート剤で金属イオンを安定化する方法を提案している。作製した金属イオンを添加した α -アルミナからなる足場材料に骨芽細胞様細胞 (MC3T3-E1) を播種すると、細胞がコラーゲン線維を分泌して顆粒状の粒子形成、すなわち石灰化が促進されることを見出している。

第6章「総括」では、各章で得られた結果をまとめ今後の研究課題を提案している。

これらを要するに本論文では、バインダージェット法による三次元積層造形により、造形物の機械的性質の異方性に要因について、造形可能な新たなアルミナ系粉末を調整して、格子状構造の形成並びにポストプロセスによる気孔構造の寄与を明らかにしたものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。