

金属積層造形における金属粉末の流動性

【1.はじめに】

PBF(Powder Bed Fusion)方式の金属積層造形において粉末供給や回収は重要な因子であり¹⁾、粉末をリコータで敷き詰める工程も重要です。この、因子に係わる重要な粉末特性の一つに流動性があります。流動性は造形物にも影響を与えるため、今回流動性について述べさせていただきます。

【2.粉末の流動性とは】

粉末は固相でありながら、その形状から一定以上の力が加わると液相のように流動する性質をもち、この流れやすさを示すものを流動性と言います。評価方法の一つに、ホールフロー/カーニーフローがあります。穴の開いた漏斗に規定質量の粉末を入れ自重で落下しきる時間を測り、時間が短い方が流動性がよいされます¹⁾。なお、カーニーフローはホールフローで粉末が自由落下しない(流動性が悪い)時に行う評価方法で、漏斗の穴が大きくなっています。(規定体積の粉末を入れ、流動性を確認する試験方法、ASTM B855 もありますが、弊社では扱っていないため、割愛させていただきます。)



図 1.ホールフローメータ

【3.粉末の流動性に係わる因子】

流動性を決定する粉末の因子は多くあり、その中に湿気・粒子径・粒子形状・静電気力があります。各因子は下記に示すように流動性に関係しています。

- 湿気 : 高くなると液架橋力による粉末同士の付着力の発生により、流動性悪化。
粒子径 : ファンデルワールス力と自重の関係から、自重の小さい微粒子はファンデルワールス力の方が勝り付着し、流動性悪化。
粒子形状 : 球形のほうが転がりやすいため、異形になると流動性悪化。
静電気力 : 粉末の帯電により、付着し流動性悪化。

上記のように、流動性に係わる因子は様々な要因で変化しうるものです。

【4.各因子の造形物への影響】

上記4つの因子の中で湿度は高温多湿の日本で特に懸念されるべき因子と考えられます。湿気量の増加による流動性悪化がリコータでの粉末の敷き詰めへの影響を及ぼし、造形物に悪影響を与える可能性が有ります(この場合の粉末の敷き詰めへの影響とは、リコータで敷き詰めた粉末床にえぐれ、凹部が発生する事を指し、この発生により造形物に空孔が生じやすくなると考えられています²⁾)。さらに、水分は流動性以外でも悪影響を与える可能性があります。具体的にはレーザを照射した際に、蒸発し造形物中にガスを閉じ込める事や、分解され余分な酸素と水素を造形物に含ませる事が挙げられます。

粒子形状はリサイクルを繰り返すことで、熱影響によりサテライトが付着し球形から異形になり、流動性悪化の原因となる事も考えられます。この場合の流動性悪化も、粉体床に凹部を生じ、造形物中への空孔の発生原因とされています。

【5.流動性に係わる因子の分析装置】

3.で述べたように、粉末の流動性は湿気が多く、微細、異形状、帯電している粉末ほど悪くなります。流動性が悪くなると、先に述べたように、粉末の供給やリコータでの敷き詰めに問題が生じます。このため、流動性を安定させることは造形を安定させるために重要であると言えます。

そこで弊社では上記4つの要因の内、3つを分析できる下記の装置を備えております。

湿気 : カールフィッシャー水分計

粒子径 : 自動画像解析装置、レーザ回折式粒度分布測定装置

粒子形状 : 自動画像解析装置

造形の問題が流動性に起因するかを、上記分析により判断できる可能性があります。

カールフィッシャー水分計は粉末に付着した水分量を ppm オーダーで測定が可能です。粒子径は、自動画像解析装置とレーザ回折式粒度分布測定装置で測定可能です。それぞれの特徴として自動画像解析装置は面積円相当径測定し、レーザ回折式粒度分布測定装置は体積球相当径で測定を行います。粒子形状は、自動画像解析装置で面積円形度やアスペクト比、周囲長包絡度、面積包絡度を自動で測定が可能です。



図 2.カールフィッシャー水分計

仮に夏と冬で比べた際に、夏の方が造形物に異常が発生しやすいという事がありましたら、湿度の影響を考えていただき、カールフィッシャー水分計で粉末の水分量(湿度)の測定をお勧めいたします。また、リサイクルを多く繰り返した粉末の造形に問題が生じた場合、粉末の形状変化を考え、自動画像解析やレーザ回折式粒度分布測定装置による分析をお勧めいたします。

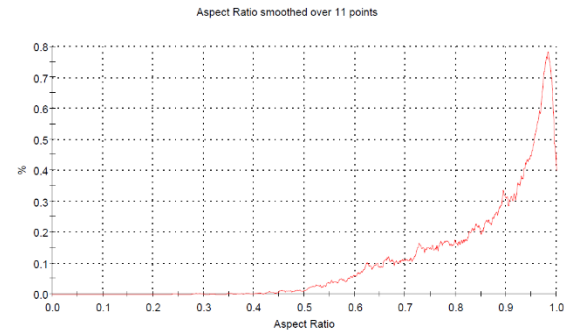


図 3.自動画像解析装置結果一例

【6.最後に】

これまで、述べてきました様に粉末の流動性は様々な要因で変動しうると同時に、造形物にも影響を与える重要な特性です。そのため、流動性を評価し、管理する事は重要なことで、その因子を分析する事で原因追求が可能であると思われます。粉末の流動性に係わる因子の内、湿度・粒径・粒子形状の測定は弊社装置で行う事ができます。よろしければ、弊社で分析を通じ、貴社のお手伝いをさせていただければ幸甚です。

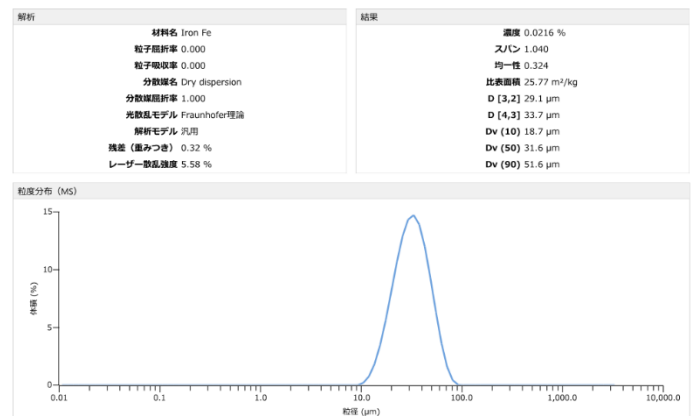


図 4.レーザ回折式粒度分布測定装置結果一例

参考文献

- 1) 京極秀樹 池庄司敏孝,図解金属 3D 積層造形のきそ,p32,日刊工業新聞社(2017)
- 2) 山田慎之介 高橋信幸,電気製鋼,第 88 卷 1 号,p56,(2017)