

金属粉末射出成形における形状精度向上に関する研究

西澤 崇*¹ 田尻 智基*¹ 中村 憲和*¹

Study on Improving Shape Accuracy in Metal Injection Molding

Takashi Nishizawa, Tomoki Tajiri and Norikazu Nakamura

金属粉末射出成形(Metal Injection Molding, MIM)は、複雑形状の小型部品をニアネットシェイプで大量生産可能であるため、自動車業界や医療機器業界等で注目されている。しかし、焼結時の収縮が大きく、変形を生じやすいことから形状精度の向上が課題となっている。本研究ではMIMの形状精度向上を目標に、射出成形工程と脱脂焼結工程の両面から加工条件と変形挙動との関係性を調査し、変形量低減に繋がる射出成形条件・脱脂焼結条件を明らかにした。

1 はじめに

金属粉末射出成形(MIM)は、プラスチック射出成形と金属粉末冶金を組み合わせた製造技術であり、複雑な三次元形状を高精度に量産できることから、自動車業界や医療機器業界等で注目されている。一方で、MIMは金属粉末にバインダーを高い割合で添加するため、焼結時の収縮が大きく、変形を生じやすいという課題がある。この課題を解決するべく、焼結時の形状の制御や変形挙動の研究が盛んに行われており、成形品焼結時に、①部位毎の微小な温度差、②重力、③試料と敷板間の摩擦拘束、④試料内部の密度差、に起因する変形が発生することが明らかになっている¹⁾。したがって、MIM技術の普及のためには焼結時の変形挙動に応じた射出成形条件・脱脂焼結条件の最適化が必要であるが、部品形状が多岐にわたることから変形対策の事例報告は少ない。

本研究は射出成形条件・脱脂焼結条件の最適化によるMIMの形状精度向上を目的とした。本報では福岡県内企業から要望があったSUS304L、超硬合金、チタンを対象に、ゲートフローによる変形、厚肉部のヒケによる変形、重力による変形、試料と敷板間の摩擦拘束による変形対策を検討した結果を報告する。

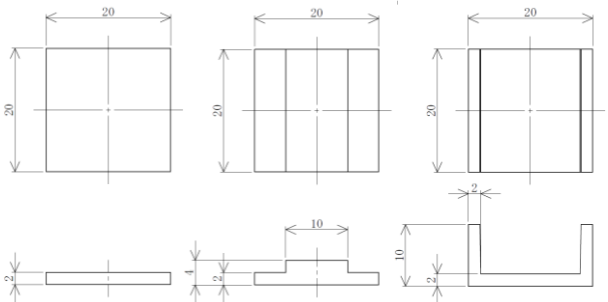
2 実験方法

2-1 使用MIM原料

MIMで広く使用されるSUS304L、及び難加工材である超硬合金、チタンの3材料を対象とした。SUS304LのMIM原料は太盛工業(株)製、超硬合金及びチタンは(株)アテクト製のMIM原料を使用した。

2-2 試料形状

図1に射出成形・脱脂焼結時の形状精度を評価用の試料形状を示す。試料Aは平板形状とし、試料Bは中央部が厚肉の凸形状、試料Cはコの字形状とした。



試料A(平板形状) 試料B(凸形状) 試料C(コの字形状)

図1 試料形状

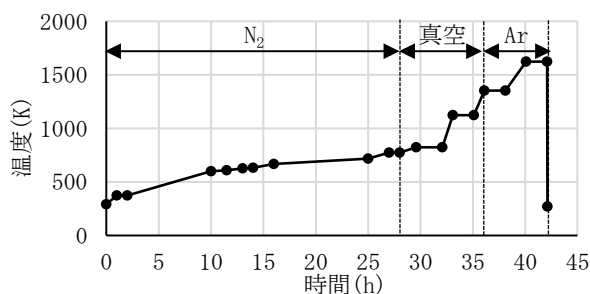
2-3 成形品・焼結品の作製方法

射出成形には(株)ソディック製の堅型射出成形機TR20EHV(MIM仕様)を、脱脂焼結には島津産機システムズ(株)製の小型真空加圧焼成炉VESTAを用いた。試料を作製した射出成形条件を表1に、脱脂焼結条件を図2に示す。

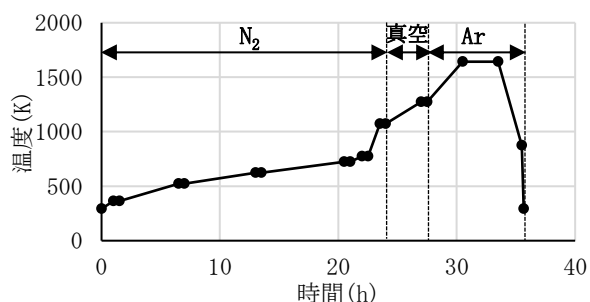
表1 射出成形条件

MIM 原料	SUS304L	超硬	チタン
射出温度(K)	453	443	443
金型温度(K)	323, 333, 343	313	303, 323
射出速度(mm/s)	20	20	20
保圧(MPa)	20, 40, 60, 80	70	50, 100
保圧時間(s)	4	4	3

*1 機械電子研究所



(a) SUS304L



(b) 超硬合金

図2 脱脂焼結条件

2-4 形状評価方法

成形品及び焼結品の形状測定については、GOM 社製の 3D スキャナ ATOS5 を使用した。測定データは三次元形状で表現されるため、2 つの 3D モデルを位置合わせて表面偏差を評価することが可能である。本研究では、まず成形品と焼結品の寸法から収縮率を計算し、その収縮率分縮ませた成形品と焼結品の表面偏差から焼結時の変形量を評価した。

3 結果と考察

3-1 ゲートフローによる変形への対策

MIMはバインダーを添加した金属粉末を射出成形するが、成形中に金属粉末とバインダーが不均一となり、成形品表面が黒色化する現象がある。特にゲート近傍で発生するものはゲートフローと呼ばれており、ゲートフローは焼結時の変形要因となるため、射出成形の時点で対策が必要になる。そこで、ゲートフローが顕著に見られたチタンを対象に、ヒケを抑制できる射出成形条件を検討した。

図2にチタンMIM原料から作製した試料Aの成形品外観を示す。ゲートフローは、保圧を低く、金型温度を高くすることで抑制できることを確認した。保圧と金型温度はいずれもゲートにかかる成形圧力に影響する

ため、ゲートフローの抑制には成形圧力の低減が有効であると考えられる。

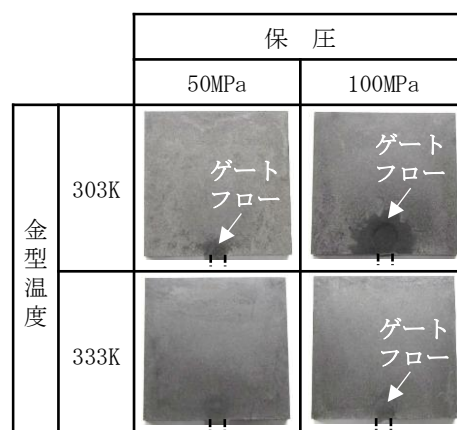


図3 チタン成形品の外観

3-2 厚肉部のヒケによる変形への対策

MIMの厚肉部では、プラスチック射出成形と同様に、成形品表面に凹みが発生するヒケという現象が生じる。図4にCADデータとヒケが発生した試料B成形品 (SUS304L) の表面偏差を示す。最終製品である焼結品の形状精度向上のためには成形品を精度良く作る必要があるため、SUS304Lを対象にヒケを抑制できる射出成形条件を検討した。

図5にSUS304L MIM原料から作製した試料B成形品及び焼結品の平面度を示す。成形品平面度から、保圧を高くすることで成形品を平面度良く作製することができ、金型温度を高くすることで平面度が良好な範囲を広くできることを確認した。特に、金型温度の上昇が平面度の向上に有効であり、これはMIM原料の熱伝導率が高いことにより金型温度の変化が反映されたためと考えられる。また、焼結品の平面度は成形品より悪化しており、成形品平面度が良好であった金型温度333Kの条件では、一様に約0.07mmの平面度の悪化が確認された。焼結品平面度の向上には、脱脂焼結条件（温度、雰囲気）の最適化が必要と考えられる。

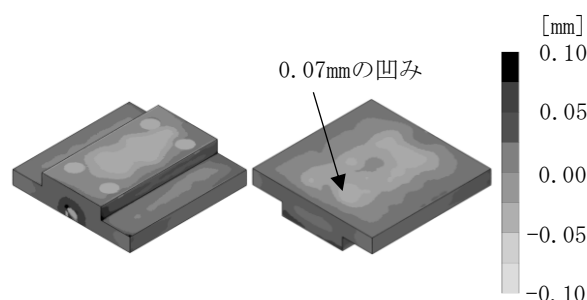


図4 CADデータと成形品との表面偏差測定結果

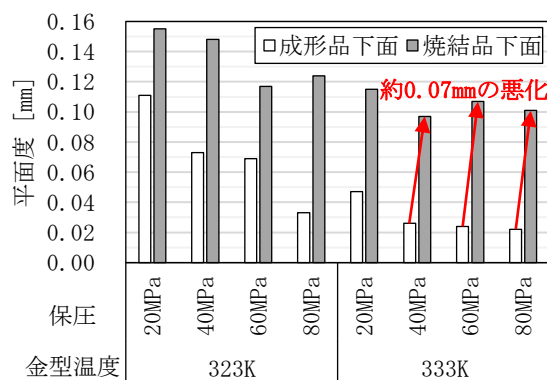


図5 SUS304L成形品及び焼結品の平面度測定結果

3-3 重力による変形への対策

MIMの脱脂焼結工程では成形品を敷板(セッター)上に設置し、脱脂焼結するが、敷板が支えていない箇所は自重により変形する。そこで、敷板が支えていない箇所への支持台(サポート材)の配置を検討した。

図6に試料Bを脱脂焼結する時の炉内設置方法を示す。支持台は、成形品の収縮を考慮し、試料Bと同じ材質の平板成形品及び Al_2O_3 (アルミナ)とした。図7に支持台を利用した場合のSUS304L MIM原料から作製した試料B焼結品の変形量測定結果を示す。支持台を設けることで、敷板に支えられていない箇所の重力による変形を抑制できることを確認した。

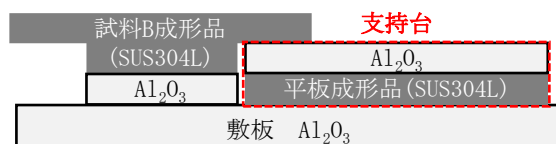


図6 支持台を設けた炉内設置方法

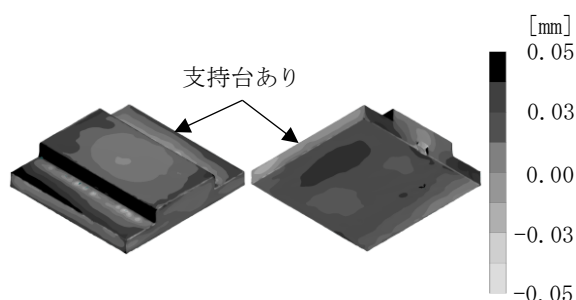


図7 支持台を設けた焼結時の変形量測定結果

3-4 摩擦による変形の対策

MIMの脱脂焼結工程では、成形品と敷板間の摩擦拘束による焼結時の収縮妨害が生じ、不均一な収縮が発生する。そこで、摩擦の影響が顕著に見られた超硬合金を対象に、敷板の材質変更を検討した。

超硬MIM原料から作製した試料B成形品をアルミナ及びBN敷板上で焼結し、焼結時の変形量を測定した結果を図8に示す。試料Cは焼結時に左右の壁部が内側へ変形するが、アルミナを用いた場合は敷板と接触している箇所は内側への変形量が小さく、上方に向けて徐々に変形が大きくなっており、接触箇所に生じる摩擦の影響が見られる。一方で、BNを使用した場合は内側への変形量は大きいものの、上下方向には一様に変形した。以上より、BN敷板を使用することで、摩擦による変形を抑制できることを確認した。

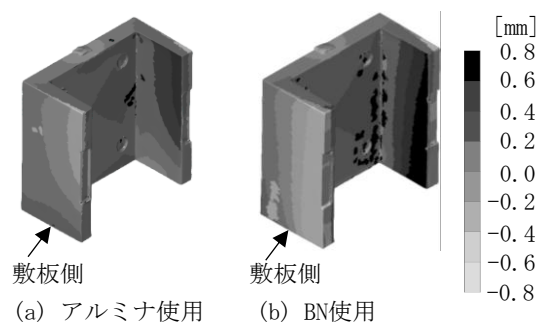


図8 敷板の材質を変更した焼結時の変形量

4 まとめ

SUS304L、超硬合金及びチタンの3材料を対象に、射出成形・脱脂焼結工程において発生する4種の変形への対策を検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) ゲートフローは、金型温度を上げることで抑制できる。
- (2) 厚肉部のヒケは、材料と金型との温度差を小さく、射出圧力を大きくすることで抑制できる。
- (3) 脱脂焼結時の重力による変形は、収縮率を成形品と合わせた支持台を使用することで抑制できる。
- (4) 敷板との摩擦による変形は、敷板の材質を Al_2O_3 からBNに変更することで抑制できる。

5 参考文献

- 1) 瀧澤 将, 渡辺 龍三, 川崎 亮: 粉体および粉末冶金, 48巻, 第5号, pp.445-450 (2001)