

金属粉末射出成形技術の最適化

機械技術部 ○岩本竜一、森田春美

1. はじめに

金属粉末射出成形は、混練・成形・脱脂・焼結という工程を経て製品を製作する技術である。本報告では、金属粉末に SUS316L を用い、混練温度・バインダー割合・金型温度・射出速度・射出圧力・射出筒温度・脱脂速度・焼結温度が製品強度および引け代に及ぼす影響について、品質工学の手法を用い L₁₈ 直交表に割り付けて実験を行ったので、この結果について報告する。

2. 実験方法

実験は、万能混合攪拌機(ダルトン 5DMV-r)を用いて、粒径 20 ミクロン以下の SUS316L 粉末とバインダ(中京油脂 NE119 : 三菱レーヨン BR-105 = 1 : 1)を脱泡しながら混練したものを、粒径約 3 mm 程度まで破碎した。これを金属粉末射出成形機(三菱重工 80MS III-2.5E)に投入し、図 1 の形状の引張試験片の形状に成形した後、脱脂炉(光洋リンドバーク ETO-21CD-55S)を用いて大気圧中で加熱脱脂し、真空熱処理炉(日本ヘイズ VCA-161616)で焼結した後、精密万能試験機(島津製作所 AG-10TA)を用いて、速度 10mm/min で引張試験を行った。焼結中の真空度はおおよそ 10⁻⁴ torr オーダーであった。脱脂および焼結の熱処理履歴を図 2 および図 3 に示す。

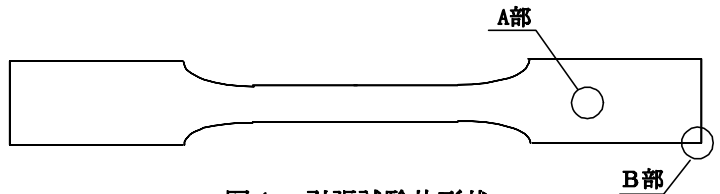


図 1 引張試験片形状

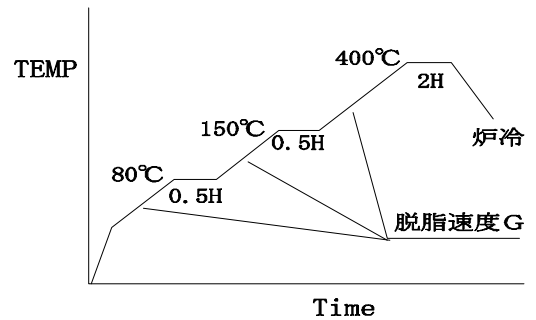


図 2 脱脂速度

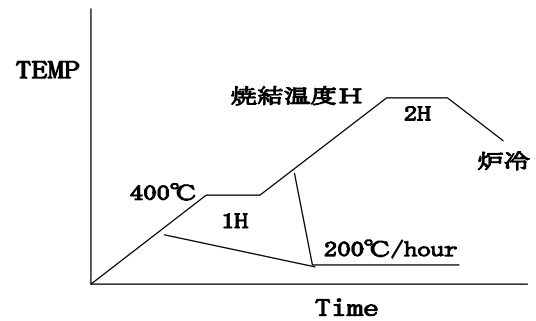


図 3 焼結温度

表 1 に今回の実験で取り上げた要因および水準値を示す。これらの要因を表 2 のように L₁₈ 直交表に割り付けて実験を行った。誤差因子は同一ロット間のバラツキとした。

表1 制御因子と水準値				表2 L ₁₈ 直交表への制御因子の割付									
要因	水準			単位	No	制御因子							
	1	2	3			A	B	C	D	E	F	G	H
A:混練温度	140	150		°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B:バインダ割合	9	10	11	wt%	2	1	1	2	2	2	2	2	2
C:金型温度	30	40	50	°C	3	1	1	3	3	3	3	3	3
D:射出速度	60	40	20	%	4	1	2	1	1	2	2	3	3
E:射出圧力	50	55	60	%	*				*				
F:射出筒温度	120	130	140	°C	*				*				
G:脱脂速度	5	10	15	°C/h	17	2	3	2	1	3	1	2	3
H:焼結温度	1350	1300	1250	°C	18	2	3	3	2	1	2	3	1

3. 結果及び考察

焼結品の形状を観察すると、引張試験片の輪郭部より中央部の方が低くなっており引けが発生していた。そこで、中央部代表としてA部、輪郭部代表としてB部の厚さをそれぞれマイクロメータを用いて測定した。この差を引け量とし、望小特性の S N 比を計算した。ここで S N 比 η は

$$\eta = 10 \log_{10} (1 / Ve), \quad Ve = (\sum y_i^2) / n \quad (1)$$

とする。

表3に式(1)による解析結果を、図4に要因効果図を示す。

図より、引けに関してはバインダー割合以外の要因がほとんど効いていないことが分かる。バインダー割合が少ない方が高いS/N比が得られるのは理解しやすい。当初は脱脂速度の要因が大きいと推測していたが、ほとんど効果が無かった。このことから、最適な脱脂速度は製品の大きさを考慮して決定する必要がある。つまり、早すぎれば割れなどの欠陥が生じやすくなり、遅すぎれば非効率的になる。

次に、引張試験を行った結果を、望大特性のS/N比を式(2)を用いて解析した。

$$\eta = 10 \log_{10} (1 / Ve),$$

$$Ve = (\sum (1/y_i)^2) / n \quad (2)$$

図5に、この結果から得られた要因効果図を示す。一般に焼結温度が高いほど、引張強さが大きいとされているが、逆の結果となった。これは、引張試験の際に明らかに製品中の欠陥から破断したと思われるものが含まれているため、これらのデータは3dbを減算して解析を行ったが、実験の結果が欠陥の有無によって左右されたためと考えられる。

欠陥の発生する原因について考えると、金型温度が高い場合などに成形品が柔らかくなってしまい、取り出し時に製品が曲がってしまうことがあった。このことが工場顕微鏡などでは発見することが難しい微小な割れなどの欠陥を生じ、強度に悪影響を及ぼしているという報告があり、今回もこれが原因と推定される。また、金型温度や射出筒温度が高い場合では、冷却時間が長くなるため、生産性が低下する。

	引け代			η
	N1	N2	Ve	
L1	0.091	0.098	0.02	17.46
L2	0.120	0.120	0.03	15.41
L3	0.102	0.117	0.02	16.18
L4	0.203	0.294	0.13	8.94
L5	0.218	0.259	0.11	9.41
L6	0.244	0.291	0.14	8.41
L7	0.369	0.369	0.27	5.65
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
L17	0.346	0.302	0.21	6.76
L18	0.294	0.327	0.19	7.14

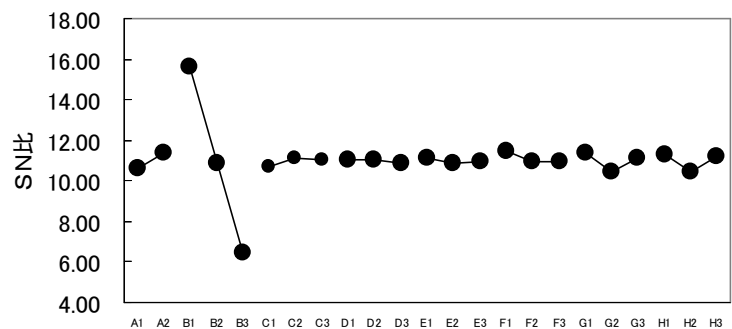


図4 要因効果図(引け)

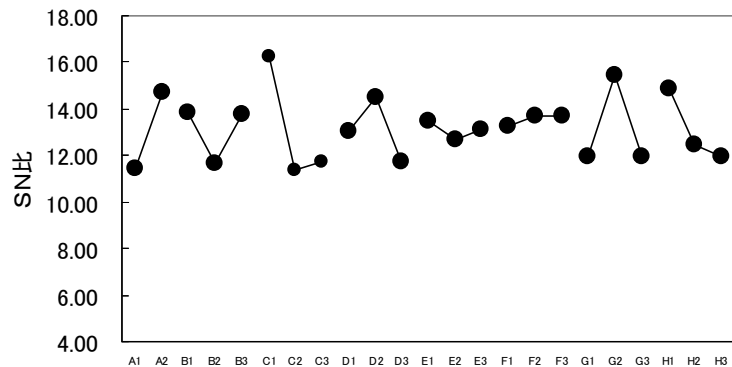


図5 要因効果図(引張強さ)