

熱パラメータ取得技術の開発（第1報）

9 熱伝達係数の計測精度向上に関する研究

寺山 朗, 府山伸行, 長岡 孝

Research on improvement of measurement accuracy of heat transfer coefficient

TERAYAMA Akira, FUYAMA Nobuyuki and NAGAOKA Takashi

With the development of computers, simulations in aluminum die cast molding have been developed. However, there are often discrepancies between actual molding and simulation results. The cause is considered to be that the correct thermal characteristics are not obtained. Although we have studied thermal property measurement methods so far, we report new methods (heat transfer coefficient of molten aluminum) to solve the conventional problems.

キーワード: シミュレーション, ダイカスト, 熱伝達係数

1 緒 言

ダイカスト成形では、製品設計の効率化にシミュレーションが活かされている。高精度な解析結果を得るには、冷却工程での溶湯温度を推測することが必要であり、これには正確なパラメータ（熱伝達係数）を用いて計算を実施することが重要である。熱伝達係数は、製品と金型間の接触状態、製品部位、冷却中の時間によって変化するため、各製品形状の下で逐次測定することが必要である。

著者らは、実際の成形下で熱伝達係数を測定できれば、より正確なパラメータが得られるとの観点から、ダイカスト成形における金型内部の温度変化を測定し、実成形における熱伝達係数の測定を試みてきた^{1),2)}。本稿では、これら熱伝達係数の測定方法について紹介する。

2 熱伝達係数の算出

アルミニウム合金のダイカストにおける溶湯－金型界面の熱伝達係数（Interfacial Heat Transfer Coefficient, IHTC）は、実測定した溶湯及び金型内部の複数点の温度を関数近似することにより、溶湯側、金型側それぞれの界面の温度を求め、界面の温度差から算出することができる。

図1の模式図に示すように、溶湯及び金型内部の温度分布を多項式 $T_c(x)$ 及び $T_m(x)$ で近似し、各時間における溶湯表面温度 T_{cs} と金型表面温度 T_{ms} を実測温度か

ら外挿して求めた。まず、溶湯内部の温度分布 $T_c(x)$ を求める。 $T_c(x)$ を表面からの距離の5次関数と仮定すると、 $x=d_1$ 位置の実測温度 $T_c(d_1)$ は式(1)で表される。さらに、一次元の非定常熱伝導方程式に $T_c(d_1)$ の微小時間の温度変化を代入し、式(2)が得られる。 $x=d_2$ 及び d_3 においても同様にそれぞれ2式を得る。これら合計6式を連立させ式(1)の未知数を求めるとともに、各時刻における温度分布と表面温度 T_{cs} を算出した。なお、式(2)の熱物性値は温度依存の値を用い、凝固潜熱は比熱に含み計算した。

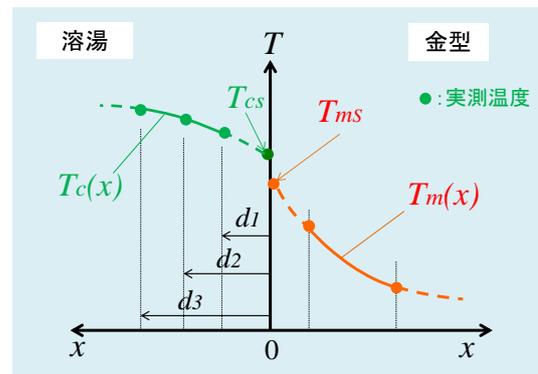


図1 溶湯及び金型内部温度の関数近似

$$T_c(d_1) = Ad_1^5 + Bd_1^4 + Cd_1^3 + Dd_1^2 + Ed_1 + T_{cs} \dots (1)$$

$$\frac{\partial T_c(d_1)}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \cdot \frac{\partial^2 T_c(d_1)}{\partial d_1^2} \quad \dots (2)$$

金型内部の温度分布も同様な手順で算出したが、金型は内部の2点を測温したため距離の3次関数で近似した。溶湯の表面熱流束 q_c は式(3)で求め、金型の表面熱流束 q_m も同様に求めて、それらの算術平均を、界面を通過する熱流束 q_{c-m} とした。その後、関係式(4)により溶湯-金型の表面温度差と熱流束から IHTC, h を算出した。

$$q_c = \lambda_c \cdot \left. \frac{\partial T_c(x)}{\partial x} \right|_{x=0} \quad \dots (3)$$

$$h = \frac{q_{c-m}}{(T_{cs} - T_{ms})} \quad \dots (4)$$

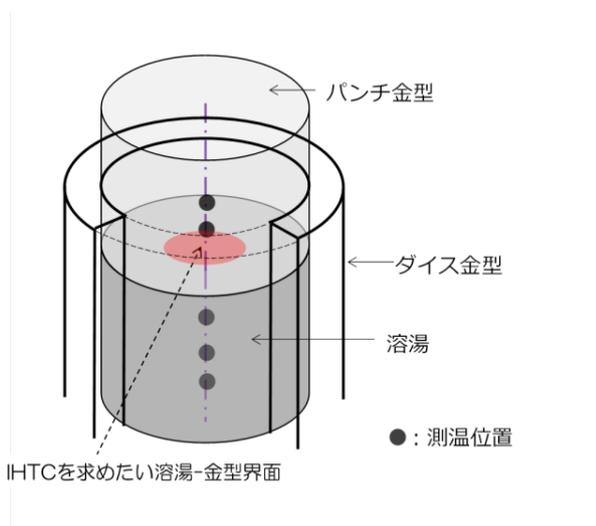


図2 鑄造方法及び温度測定位置

3 温度測定

ダイス金型(内径 $\phi 50\text{mm}$, 300°C 加熱)の内部に溶解した ADC12 合金を注湯した後、上部から SKD61 製のパンチ金型で溶湯を加圧、凝固させた。図2に鑄造の模式図を示す。ここで求めたいのは溶湯とパンチ金型界面の IHTC である。鑄造時にパンチ金型に加えた加圧力は 75MPa とした。素線径 $\phi 0.1\text{mm}$ の熱電対を用いて、金型及び溶湯内部の温度変化を、溶湯と金型が接触してから20秒間測定した。図示のとおり、各測定点が直線上に並ぶよう熱電対を設置し、溶湯内3点と金型内2点の合計5点の温度を計測した。鑄造後は鑄物を切断し、溶湯内部の正確な測温位置を求めて計算に反映させた。

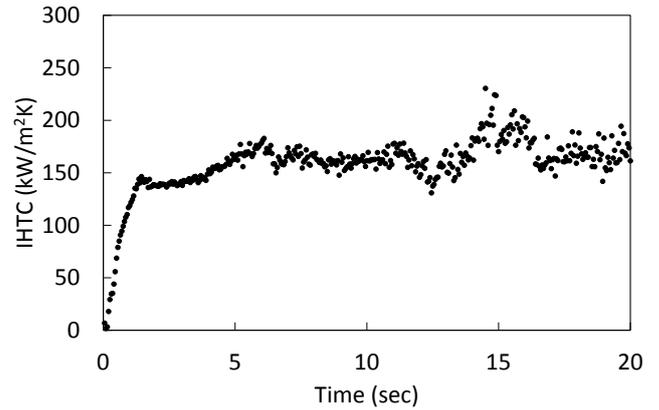


図3 熱伝達係数の経時変化

4 熱伝達係数の算出結果

図3に求めた IHTC の経時変化を示す。溶湯と金型表面が接触したタイミングを基準時間 ($t=0$) としている。溶湯と金型が接触した直後から IHTC は急上昇し、2秒ほどで $150\text{ kW/m}^2\text{K}$ に達し、その後、測定した20秒までは多少の上下変化をしつつ、ほぼ同じ値で推移している。以上のように、鑄造中の溶湯及び金型内部の温度を測定し、その変化から溶湯-金型の IHTC を算出することができた。

4 結 言

シミュレーション高精度化のため、計算に用いる熱伝達係数の測定方法を検討した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) アルミニウム合金ダイカストにおける溶湯内部と金型内部の温度を測定し、温度分布を関数近似して熱伝達係数を求める方法を提案した。
- (2) 鑄造中の溶湯及び金型内部の温度を測定することで、溶湯-金型の熱伝達係数を求めることができた。

文 献

- 1) 寺山他：鑄造工学会第166回全国講演大会
- 2) 寺山他：鑄造工学会第168回全国講演大会

