

光造型法を活用した射出成形用簡易金型の開発

岩手県工業技術センター

木工特産部 町田俊一、○小林正信

金属材料部 米倉勇雄

1 はじめに

現在プラスチック射出成形用に使われている金型は、一般的に切削加工や放電加工で製作されている。しかしこの加工方法は、加工時間がかかり、コストも高い。本研究では、プラスチック射出成形用金型を、光造形装置及び電鍍と鑄造技術により簡便に製造する方法を検討した。この技術開発は従来の切削加工による金型製作に比べ同等の精度の確保は困難であるが、時間短縮の点で大きなメリットを持ち、特に製品開発時に使用する試作金型等では、低コスト・短期間で製品提案や製品のサンプル生産を行える大きな利点がある。

2 実験方法

実験は、①光造形により金型原形を製作、②銅電鍍により原形形状を転写した電鍍層を形成、③鑄造により電鍍層を補強、④プラスチック射出試験、で行なった(図1)。開発する金型はプラスチック射出成形装置で使用できるものでなければならないため、当センター所有のプラスチック射出成形機の仕様より、表1に示す金型性能を最終的な目標値とした。

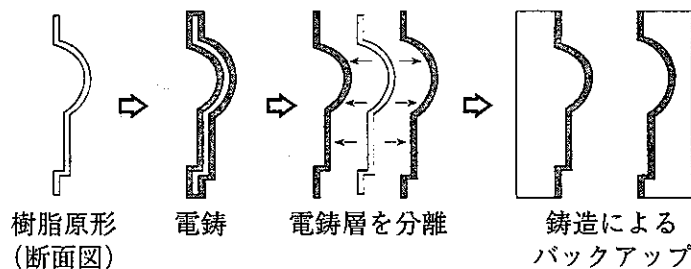


図1 金型開発の流れ

表1 開発する金型の性能目標値

射出圧 (kgf/cm ²)	射出温度 (°C)
2000	200~280

まず、3次元CADで設計した試験金型の原形を光造形装置により作成し、その表面に銅を電鍍することで電鍍層を形成させた。樹脂原形に導電性を持たせるための前処理として、ニッケル微粉末混合電導性スプレーを吹付けた。電鍍は層の形成される速度や金属の融点を考慮し、銅電鍍とした。原理は銅電解メッキと同じである。電極として厚さ3mmの銅板を樹脂原形の大きさに切断し使用した。樹脂原形の表面積より計算し、直流3.6Aで55時間処理した(図2)。処理後の原形は、縁を切断し、アセトン処理により樹脂と電鍍層を分離した。

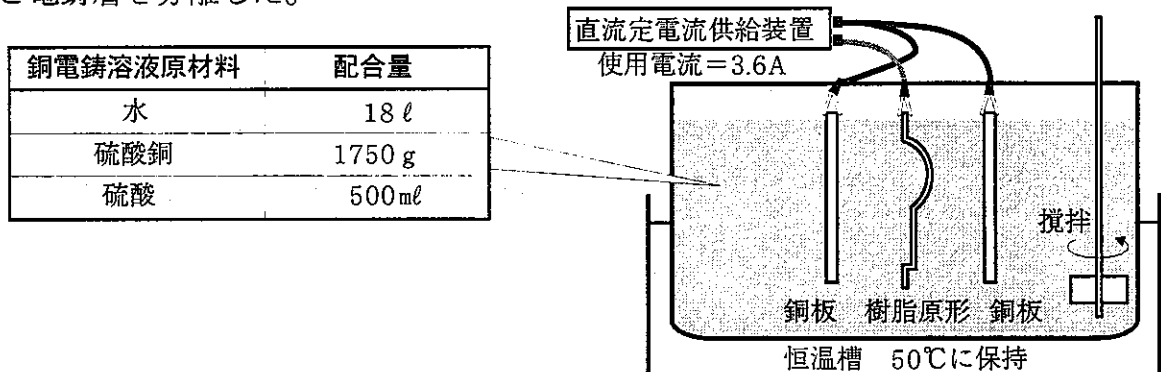


図2 銅電鍍装置と溶液成分

電鍍層が完成後、鑄型に固定し鑄造する場合の適正な鑄造条件を抽出した。鑄造金属の溶解温度条件、試料の温度条件、鑄造金属材料、鑄造方案条件について検討した。

鑄造温度の影響を見るため、同一材料で、溶解温度を変えて鑄造試験をし、試料と鑄造金属の結合状態を確認した。また、試料の予熱効果を検討するため、アルミ合金の注湯温度を800℃、試料を550℃に予熱し実験した。(図3)。

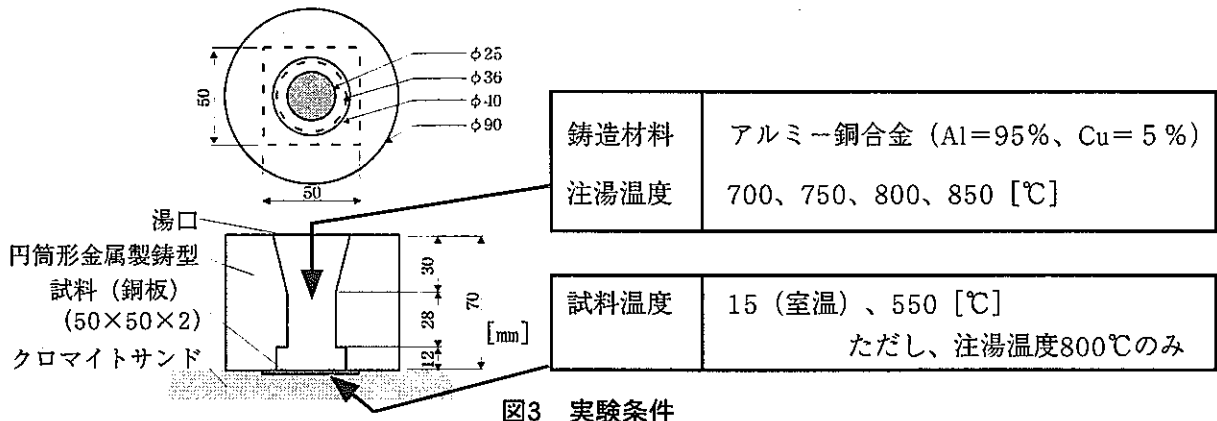


図3 実験条件

次に、鑄造金属の適性を検討した。銅の混合率を変えたアルミ-銅合金およびJISの青銅鑄物6種 (BC6) により鑄造実験を行った (図4、表2)。これら実験に用いた金属は、鑄造金属と試料との溶融促進のためには、鑄造金属が液体状態の時間がある程度必要 (融点が高い合金の鑄造が良い) であり、試料との共晶化 (材料が境界で融け合い一体化する) を考えた場合、組成に近い合金のほうがより適していると考え選定した。

方案の検討では、試料と鑄造金属の共晶化を促進する方案として、湯口を改良した鑄型を作成し、開放型 (落とし込み) 方案と比較し、最終金型を鑄造した (図5、6)。

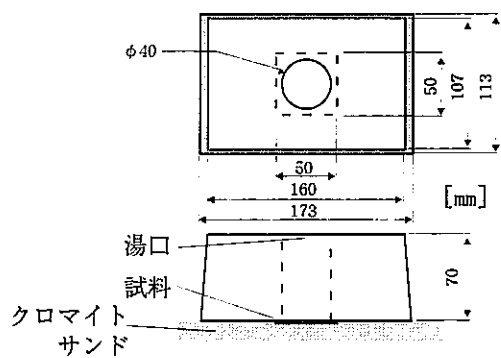


図4 実験用鑄型

表2 実験に用いた金属

合金名	化学組成 (mass%)	融点 (°C)
アルミ-銅合金	アルミ95 銅5	650
〃	アルミ85 銅15	580
〃	アルミ65 銅35	550
JIS青銅鑄物6種 (BC6) 銅83-87 錫4-6 亜鉛4-6 鉛4-6. 970		

※表中の融点は、状態図から読み取ったおおよその値である。

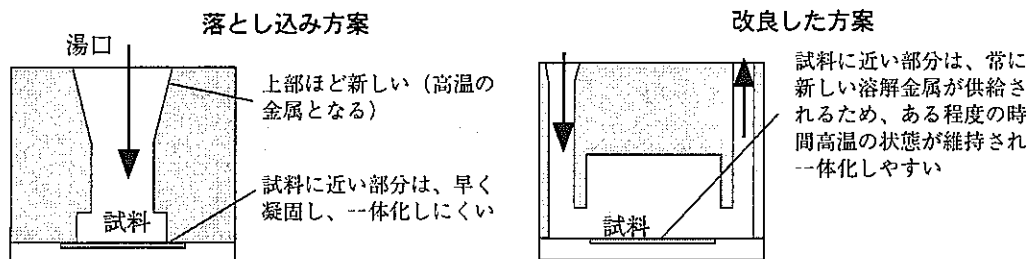


図5 方案による湯流れの違い

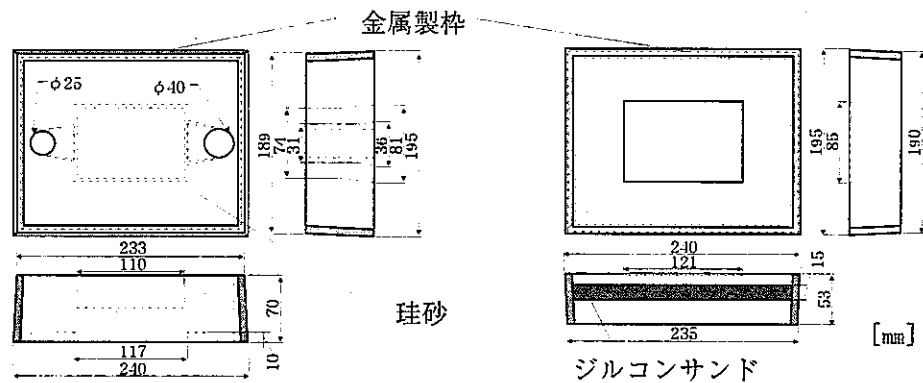


図6 最終金型铸造用鑄型

完成したプラスチック射出成形用簡易金型を当センターで所有するプラスチック射出成形機で性能評価実験した。金型を、金属製モールドベースにはめ込み、射出条件〔射出圧800 (kgf/cm²)、射出温度200 (°C)〕で、ABS樹脂を成形した。

3 実験結果及び考察

銅電鍍実験では0.5~1.5mmの厚みの電鍍層を得た。厚さに偏りがあるのは原形形状によるものであり、凸部に厚みが付きやすく、電極からの距離も影響する。これは、電極を原形形状に近似させることである程度解消できるが、現実的には全体の電鍍層形成状態を見ながら処理時間を調整するのが良い。また、原形から離形した電鍍層の表面の状態も良く、原形の変形もなく精度を保持していた。

次に、検討した鑄造条件について結果を述べると、まず、鑄造温度の影響と予熱の効果については、実験の結果、条件の違いによる顕著な差は見られなかった。鑄造温度については、どの条件下でも結合しにくいことが分かった。原因として、①実験に用いた落とし込み方案が鑄造金属の温度低下を引き起こしやすい、②鑄造時の試料温度(約15°C)との格差がありすぎるため、共晶化する前に合金が凝固してしまう、などが考えられる。試料の予熱についても、不活性ガスの雰囲気等での鑄造であれば効果があると考えられるが、今回は予熱炉から出した時点で試料表面に酸化被膜が形成される理由から、試料と鑄造金属の共晶化を促進する意味での有効性は確認できなかった。

鑄造金属の検討では、アルミ-銅合金は組成の違いとは無関係に、全て共晶化しなかった。それと比較してBC6では共晶化が見られた。これは組成よりもBC6の鑄造温度がアルミ-銅合金と比べ高温であることが寄与していると考えられる。また、試料の変形も懸念されたが、結果的には変形は起こらず、鑄造金属としてBC6が適しているという結論になった。ここまでの実験で、鑄造金属と試料の境界面での温度保持、すなわち鑄型方案が重要であると考えられた。方案を改良した鑄型で実験した結果、いずれの材料でも良い結果が得られた。特にBC6では、これまでに行った実験中で最も良く結合した。このことから試料と鑄造材料の共晶化を図る場合、温度と鑄造方案が非常に重要であるといえる。

以上の実験から得た条件により金型を鑄造した。鑄型から取り出し、冷却した金型は、銅電鍍層とBC6が変形もなく境界で完全に結合していることが確認された。ただし、雄型と雌型のすり合わせ面に当たる平面には多少歪みがあった(図7)。

完成した金型による射出成形実験の結果、図8に示す成形品を得た。射出後の金型にも変形等は見られず、鑄造金型は強度、耐熱性について実用的な性能を持っていること

が確認できた。また、寸法精度に関しては、電鍍層が光硬化樹脂の原形精度を忠実に保つので、製品の寸法誤差は±0.1mm以下を達成できた。しかし一方で、強度補強のための casting 時の電鍍層の変形のために、雄雌、両モールドの合わせ面がゆがみ、研削加工も行わなかったため射出試験においてバリを生じる結果となった。この歪みの原因の一つは、今回作成した電鍍層の薄さが考えられる。そのため電鍍層を厚く形成させればこの問題を解決できると考えられるが、casting で歪みを生じないと予想される 3 mm 以上の電鍍層を生成するためにはかなりの時間が必要である。そのため、casting 後に平面研削等の後加工を行い精度を高めるのが製作効率の面で最適と考える。

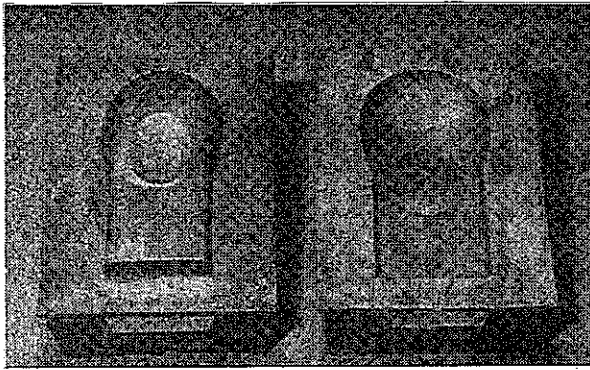


図7 铸造した金型

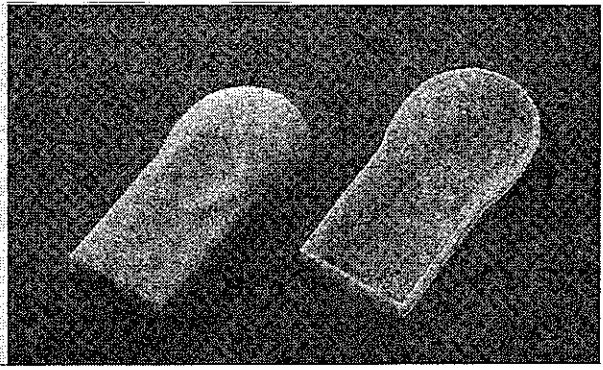


図8 射出成形品

4 まとめ

本研究により、プラスチック射出成形用金型を光造形法を利用し簡便に製作する一つの手法として以下のことが分かった。

- ①光造形装置で製作した原形に銅電鍍を行うことで、高精度に金属に表面形状を転写することが可能である。
- ②電鍍層への casting で結合の促進を図るには、試料の予熱よりも casting 金属の選別と方案の工夫がより有効であった。今回の条件ではBC6を casting 金属に用い、試料に近い部分を湯口とした場合が最も結合が促進された。
- ③バリ等の少ない射出成形品を得るために、金型の合わせ面の精度を上げる工夫が必要である。

本研究で行った技術の実用化については、電鍍による金属層の生成技術についての技術移転を行えば、プラスチック成形試作用金型加工の合理化が図られると期待される。