

# 遊離砥粒を用いた金型用冷却水管の表面改質：砥粒 流れの可視化による研磨機構の考察

著者	落合 良基, 古本 達明, 細川 晃平, 小谷野 智広
著者別表示	Ochiai Yoshiki, Furumoto Tatsuaki, Hosokawa Akira, Koyano Tomohiro
雑誌名	精密工学会学術講演会講演論文集
巻	2015 Spring
号	N46
ページ	881-882
URL	<a href="http://doi.org/10.24517/00052941">http://doi.org/10.24517/00052941</a>

doi: 10.11522/pscjspe.2015S.0\_881



## 遊離砥粒を用いた金型用冷却水管の表面改質 -砥粒流れの可視化による研磨機構の考察-

金沢大学大学院 ○落合良基, 金沢大学 古本達明, 細川晃, 小谷野智広

### Surface Modification of Cooling Channel inside the Die Casting Dies with Free Abrasive Grains -Investigation of Finishing Mechanism by Visualization of Flowing Grains-

Graduate school of Kanazawa University, Yoshiki OCHIAI,

Kanazawa University, Tatsuaki FURUMOTO, Akira HOSOKAWA, Tomohiro KOYANO

This paper deals with the surface modification of cooling channels in die casting dies with free abrasive grains. When the internal pressure is loaded to the hydraulic cylinder, the solution containing the free abrasive grains is passed through the cooling channel. The internal face is then finished by the free abrasive grains. The influences of various conditions on finishing characteristics, such as channel diameter and internal pressure, are experimentally investigated. Free abrasive grains flowing in the cooling channel is observed using high speed camera. It was measured the grains velocity, using the videos taken by the high speed camera. It was discussed the finishing mechanism with the visualization of flowing grains.

#### 1. 緒言

ダイカスト金型に求められる条件として、製品の薄肉化や溶湯の高速充てん化があげられる。そのため、金型をより過酷な条件で使用する必要性が生じ、型割れ等の不具合が生じるリスクが高まっている<sup>(1)</sup>。そこで本研究では、ダイカスト金型用の冷却水管内に遊離砥粒を流動させることで水管内面を研磨し、表面性状を改善する方法を提案する。金型内部の循環型冷却水管に対して、水管径、流入圧力を変化させた時の研磨特性を調べた結果を報告する。また、高速度カメラを用いて水管内部の砥粒の流れを可視化し、遊離砥粒による研磨機構を考察したので以下に報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 研磨装置

金型用冷却水管の内面研磨装置の概略図を図1に示す。加工装置は、油圧ポンプ、ピストン、シリンダ、及びカートリッジで構成される。カートリッジ B, C には水と砥粒が充填されており、カートリッジ A, D には水のみが充填されている。カートリッジ A, D は砥粒がシリンダ内部まで流入することを防ぐために配置している。電磁弁を用いてピストンを往復運動させることで、カートリッジ B, C 内の砥粒と水の懸濁液が水管内に流入し、水管内面に接触することで水管内面を研磨する。

##### 2.2 被加工水管モデル

実験に用いた水管モデルの仕様を表1に示す。水管は、ダイカスト鋼 SKD61 に対してドリルで穴加工を行い、直径が 5, 8, 10 mm、長さが 80 mm である U 字形状とした。試料は、穴加工を行った後に焼き入れ処理を行った。焼き入れ処理後の硬度は 45 HRC である。また、加工前後の水管内面を観察するため、ワイヤー放電加工機を用いて加工穴の中心を通るように分割した。さらに、水平方向に開けた穴の入り口を留め具で封入し、冷却水が一方に循環するようにした。

##### 2.3 実験方法

実験条件を表2に示す。実験には、平均粒径が 425  $\mu\text{m}$  である WA 砥粒を用いた。流入圧力を変えながら水管内面の加工実験を行い、水管内面の様子を光学顕微鏡で観察すると共に、表面粗さ計(株)東京精密製: SURFCOM-2000DX)を用いて粗さの変化を調べた。表面粗さは水管の長手方向に測定し、各加工時間における測定は同一箇所で行った。また、高速度カメラ(株)フォトロン製: FASTCAM SA5)を用いて、水管直径が  $\phi 5\text{ mm}$ 、長さが 80mm のアクリル水管を用いて内圧を変えながら砥粒流れの可視化実験を行った。高速度カメラの撮影条件を表3に示す。高速度カメラで撮影した動画から水管内を流れる砥粒の移動距離を調べ、各流入圧力における砥粒の移動速度を測定した。

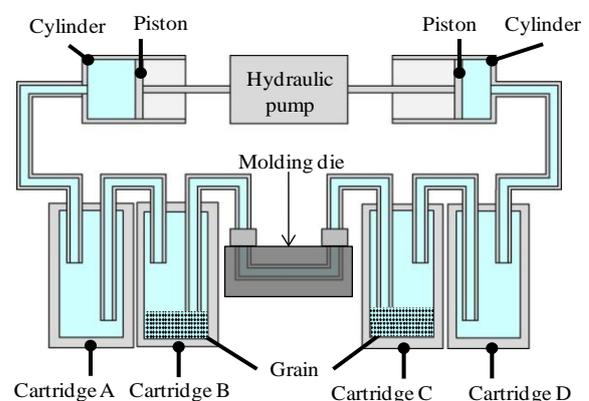


Fig.1 Experimental setup for internal face finishing

Table 1 Cooling channel dimensions

Material	SKD61
Hardness	45HRC
Cooling channel	
Form	U-shaped
Diameter [mm]	$\phi 5, 8, 10$
Length [mm]	80

Table 2 Experimental condition

Free abrasive grain	
Material	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Average diameter [ $\mu\text{m}$ ]	425
Concentration [vol%]	9.7
Fluid	Water
Internal pressure [MPa]	0.5 - 2.2

### 3. 実験結果

#### 3.1 水管直径の違いによる研磨特性

流入圧力 2.2MPa で研磨実験を行ったときの水管上面の画像を図 3 に示す。図 3 (a) が  $\phi 5$  mm, 図 3 (b) が  $\phi 8$  mm, 図 3 (c) が  $\phi 10$  mm の研磨 2000 秒段階における水管上面の観察結果である。水管径が  $\phi 5$  mm の場合、ツールマークが観測できないため非常に良好な表面が得られている。しかし、水管径が  $\phi 8$  mm の場合、ツールマークが確認でき。水管径が  $\phi 10$  mm の場合、金属光沢がほとんど見られずツールマークも残っていることが確認できる。

また、水管径と最大高さ粗さ  $Rz$  が  $10 \mu\text{m}$  減少する研磨時間を調べた結果を図 4 に、研磨前後における表面粗さの減少率を調べた結果を表 4 に示す。各水管によって研磨前の粗さが異なるため、粗さ減少率で評価した。図 4 に示すように水管径が小さいほど表面粗さが減少するまでの時間が短いことが分かる。粗さ減少率を見ると、水管径  $\phi 5$  mm では 59.3% であるのに対し、 $\phi 10$  mm では 20.2% と大きく異なっている。水管径が小さいほど水管内を流れる砥粒流速が速くなり、砥粒の持つ運動エネルギーが大きくなるため、効率良く水管表面を加工することができたと考えられる。

#### 3.2 流入圧力の違いによる研磨特性

流入圧力と最大高さ粗さ  $Rz$  を調べた結果を図 5 に示す。流入圧力 0.9 MPa の場合に焼入れ表面やツールマークの無い良好な表面が得られた  $Rz = 13 \mu\text{m}$  となる粗さを基準としている。各流入圧力において、 $Rz = 13 \mu\text{m}$  以下となる研磨時間を示している。流入圧力が 0.9 MPa の場合、十分研磨が進行したといえるまで 2000 秒かかったのに対し、流入圧力が 2.2 MPa で加工した場合は研磨時間が 500 秒で完了していることが分かる。そのため、短時間で加工を行うためには流入圧力を高くする必要があるといえる。

懸濁液の流入圧力を変化させ、水管内の砥粒流れの可視化を行い、砥粒流速を測定した。水管中央部の下面付近の砥粒流速と研磨 2000 秒段階の最大高さ粗さ  $Rz$  を調べた結果、及び各流入圧力における研磨 2000 秒段階の水管下面の画像を図 6 に示す。図 6 (a) より砥粒流速が 3.0 m/s の場合、研磨 2000 秒段階において水管の広範囲にわたり黒色の焼入れ表面が観察される。一方、図 6 (b) (c) (d) より砥粒流速が 4.6 m/s 以上となる条件では、砥粒流速が 3.0 m/s のときに観察された水管内面の焼入れ表面やツールマークが除去されることが確認できる。そのため、水管径が  $\phi 5$  mm の場合、ツールマークの無い良好な水管表面を得るには水管内の砥粒流速が 4.6 m/s 以上になる条件で研磨を行う必要がある。

### 4. 結言

ダイカスト金型用の冷却水管内に遊離砥粒を流動させることで水管内面の研磨実験及び流れの可視化を行った。得られた結果を以下に示す。

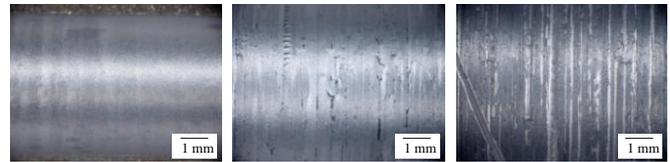
- (1) 径の異なる冷却水管を研磨した結果、水管径が小さいほど表面性状が改善され、表面粗さの減少率が大きくなった。
- (2) 水管径が  $\phi 5$  mm の水管を用いて、砥粒の可視化を行った。水管表面をツールマークの無い良好な表面にするには砥粒流速が 4.6 m/s 以上となる条件で研磨を行う必要がある。

### 参考文献

- (1) 池谷重利, 高三真司: SUS プッシュ構造による冷却穴からの水漏れ防止技術, 型技術, 28, 3, (2013), pp. 42-45.

Table 3 Photographing condition

High speed video camera	
Recording speed [fps]	9300
Resolution	1024 × 512
Light source	Metal halide lamp
Internal pressure [MPa]	
	0.5 - 2.2



(a)  $\phi 5$  ( $Rz = 10.1 \mu\text{m}$ ) (b)  $\phi 8$  ( $Rz = 19.3 \mu\text{m}$ ) (c)  $\phi 10$  ( $Rz = 36.8 \mu\text{m}$ )

Fig.3 Image of cooling channel after finishing time of 2000 sec

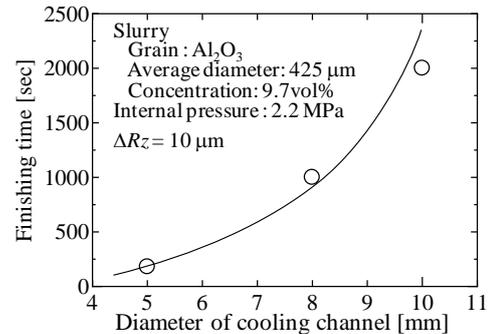


Fig.4 Relation between diameter of cooling channel and finishing time

Table 4 Decrements of the surface roughness in the diameter of cooling channel

	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 10$
Initial roughness [ $\mu\text{m}$ ]	24.6	30.6	46.1
Finishing roughness [ $\mu\text{m}$ ]	10.1	19.3	36.8
Roughness decrease rate [%]	59.3	36.9	20.2

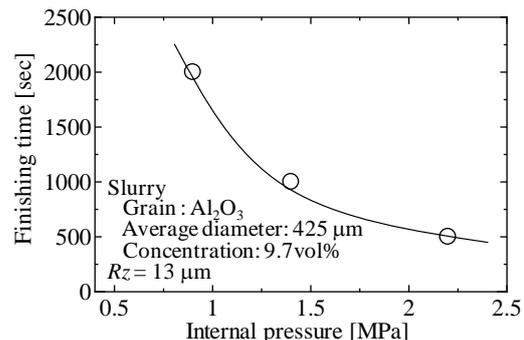


Fig.5 Relation between internal pressure and finishing time

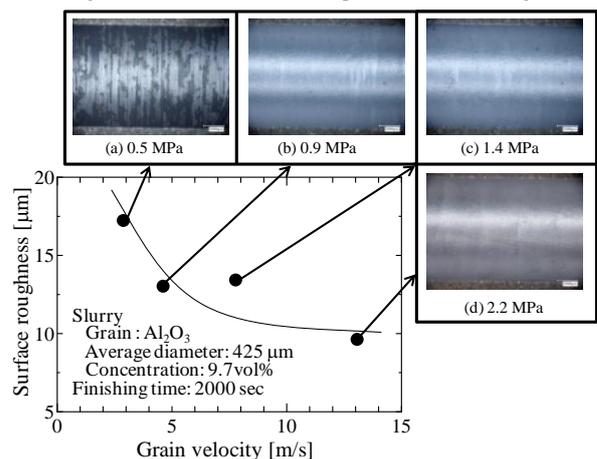


Fig.6 Relation between grain velocity and surface roughness