

6 離型剤フリーを目指した金型表面への窒化ホウ素膜形成に関する調査・研究

山下 満

1 目的

アルミニウムダイカストの工程において、離型剤は金型の溶損を抑え製品の脱離を容易にする上で必要不可欠であるが、環境負荷の軽減や製品の欠陥(鑄巣)を防止するためにその使用量の削減が強く求められている¹⁾。

我々は、切削工具用途向けに神港精機(株)と共同研究を行ってきた窒化ホウ素膜の優れた密着性と化学的安定性に着目し、切削工具用途以外の応用展開を検討しており、非常に活性の高い熔融金属に曝されるアルミニウムダイカスト用金型の耐久性の向上に、窒化ホウ素膜が有効であると考えた。

本研究では、窒化ホウ素膜コーティングがアルミニウムダイカスト用金型の耐久性の向上に有効かの検証を目的に、異なる成膜条件で窒化ホウ素膜をコーティングした金型材のアルミニウム溶湯に対する耐溶損性の評価試験(浸漬試験)を行った。

2 実験方法

浸漬試験を行うにあたり、コーティングを施す基材にはダイカスト金型として一般的に使われている SKD61 を選定した。鋼材は大同アミスターの先行研究事例²⁾にならない、生材を図 1 の形状に加工した後、HRC45 程度になるよう熱処理したものを入手した。熱処理した鋼

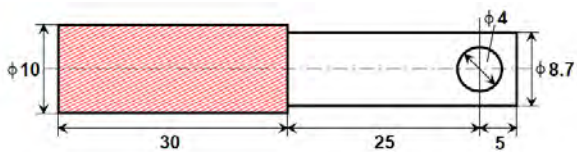


図 1 鋼材の加工図面影部をアルミニウム溶湯に浸漬する右の丸穴は固定用

材の表面には、処理の際に生成した酸化生成物が多数見られたため、エアロ処理により酸化生成物を除去した後には窒化ホウ素膜を成膜した。

窒化ホウ素の成膜には、神港精機が開発・製品化した磁界励起型イオンプレーティング装置を用いた。成膜条件は、事前の予備実験の結果をふまえて切削工具の表面コーティング用途に適した条件であるガス導入量 $Ar/N_2=60/55$ [ml/min]、アノード電流 30A を中心に、表 1 に示す 9 条件とした。なお、これらの条件で成膜した際の窒化ホウ素膜の厚みは、おおよそ $1.5\mu m$ である。

表 1 窒化ホウ素膜の成膜条件 (条件 1 ~ 条件 9)

電子銃出力 フィラメント ガス導入量 成膜時間	9kV, 450mA -24V, 26A 下表参照 120分	アノード条件 基板電圧 基板加熱 中間層	50V, 下表参照 -120V 500℃設定 TiN		
アノード 電流 [A]	ガス導入量 (Ar/N ₂) [mL/min]				
	70/45	80/45	60/55	70/55	80/55
30A	条件 1	条件 2	工具用条件	条件 3	条件 4
35A	条件 5			条件 6	
40A				条件 7	
45A				条件 8	
50A				条件 9	

アルミニウム溶湯への浸漬・溶損実験は、アルミニウムダイカストの材料として一般的である ADC12 を電気炉で $750^\circ C \pm 5^\circ C$ に熔融・保持し、図 2 に示すように、回転中心から 15mm 偏心した位置で毎分 60 回転で試料が溶湯をかき混ぜるように配置して行った。

この時、試験片は目視にて図 1 の影部が溶湯に漬かる高さに調節して浸漬実験を行った。なお、アルミニウム溶湯の熱が偏心回転用モーターに伝わって悪影響を与えることが無いよう、回転シャフトの 2 箇所セラミック製の断熱カップリングを装着した。アルミニウム溶湯は、内径 100mm (外径 130mm) のセラミック製のつぼを用いて溶解保持した。なお、金型の成分が溶出するため、アルミニウム溶湯は 1 日単位で浸漬実験が終了する毎に更新した。

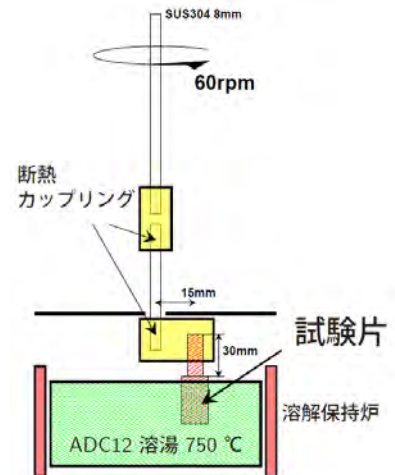


図 2 浸漬実験の模式図

浸漬試験が終了した後、付着したアルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液で溶解除去し、アルミニウムと反応して溶損した重量から耐溶損性を定量化するとともに、マクロ観察で外観の変化を評価した。

3 結果と考察

図 3 は表 1 の各条件で窒化ホウ素を成膜した試料表

面の電子顕微鏡像である。熱処理やエアロ処理にともなう表面の凹凸が多数見られたが、凹凸の内部まで概ね窒化ホウ素膜で覆われている様子を確認した。

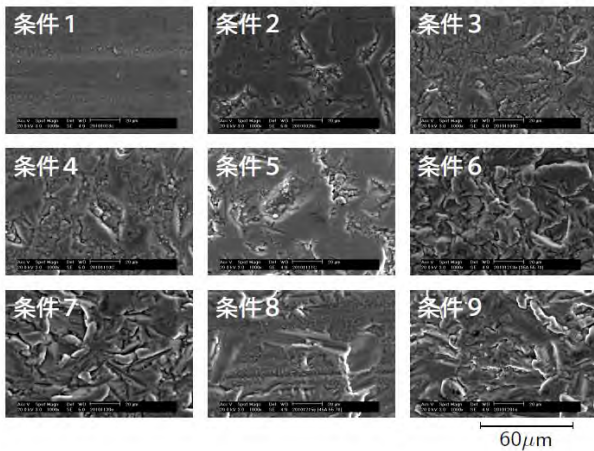


図3 浸漬前の窒化ホウ素膜の走査型電子顕微鏡像



図4 アルミニウム溶湯への浸漬する前および、60min、180min 浸漬後の試験片のマクロ写真

アルミニウム溶湯に対する耐溶損性の評価は、次式で定義される溶損率を用いて比較した。

$$\text{溶損率} [\%] = \frac{\text{処理前重量} - \text{処理後重量}}{\text{処理前重量}} \times 100$$

図5 に浸漬時間と溶損率の関係を示す。浸漬実験後の試験片表面を観察すると、全ての試料表面に程度の違い

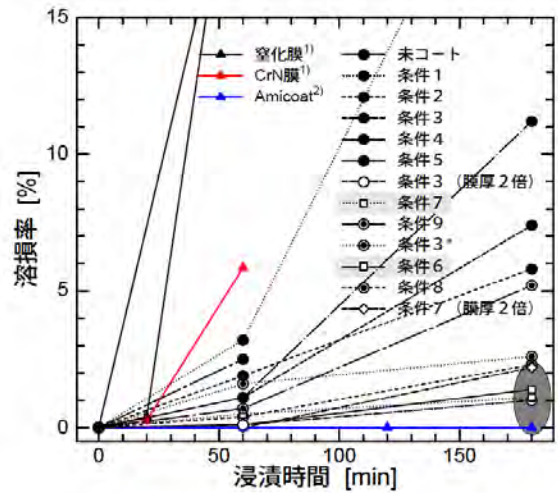


図5 種々の成膜条件でコーティングした試料の浸漬時間と溶損率の関係（斜線部は特に良好な耐溶損性を示した。）

はあるが多くの孔食痕が確認された。窒化ホウ素被膜には多数のピンホール存在すると示唆されるが、膜厚を約2倍にした試料では溶損率が低下しており、膜厚の適正化が貫通ピンホールの抑制に有効であると考えられる。

図5には他社の単純窒化膜、あるいはCrN膜の研究結果^{1),2)}を比較として示しているが、これらの膜に比べ本研究の窒化ホウ素膜はアルミニウム溶湯との反応を効果的に抑制していた。特に、斜線部の条件6、もしくは、条件7は最も優れた耐溶損性能を示した。さらに、先行事例では膜の厚さが6µm程度であるのに対し、本研究の窒化ホウ素膜の膜厚は1.5µmであるにもかかわらず良好な耐溶損性能を示していることから、アルミニウムダイカスト用の金型の表面処理として窒化ホウ素膜は有効であるとの結果が得られた。

4 結論

化学的に安定で高い硬度を有する窒化ホウ素膜をアルミニウムダイカスト金型の表面コーティングに応用し、その耐溶損性能から実用性を検討した結果、窒化ホウ素膜がアルミニウムダイカスト用金型の表面処理として有効であることが明らかになった。

参考文献

- 『プラズマ CVD 法による高離型性金型表面処理技術の開発』、河田一喜、関谷慶之、飯沼育雄、素形材(2007/12) p15
- 『ダイカスト金型用 PVD コーティング “アミコート”』、北川利博、小林喜一、電気製鋼第 78 巻 4 号(2007/11) p341

(文責 山下 満)
(校閲 柏井茂雄)