

電子ビームによる金型鋼の性能向上に関する研究（第2報）

－電子ビームによる改質面の実用性評価について－

萩原義人・佐野正明・石田正文・古屋雅章・上條喜久夫*1

Study on Performance Improvement of Molding Die by Electron Beam Irradiation

(2nd Report)

- Practical evaluation of Treating Surface by Electron Beam Irradiation -

Yoshihito HAGIHARA, Masaaki SANNO, Masafumi ISHIDA, Masaaki FURUYA and Kikuo KAMIJO*1

要 約

近年、各種製品の多様化に伴い、金型への性能要求も高度化している。そこで本研究では、金型表面の溶損や破損を抑制するための離型性能向上（金型寿命向上）を目的として、アルミニウムダイカスト用の金型ピンに電子ビーム加工を適用し、ダイカストマシンにより実用性試験を実施し、各種評価を行った。

その結果、金型ピンに BN 塗布ならびに EB 照射を施すことで、離型性向上、表面硬さの向上、圧縮応力化などの効果が認められた。さらに、実用性試験においても、本改質手法を適用した金型ピンの耐溶損・溶着性能の向上効果を確認することができた。

1. 緒 言

各種金型は、その用途（プレス、プラスチック、ダイカストなど）から、離型性、耐摩耗性、耐疲労強度など、様々な性能が要求されている。特に離型性が低下した場合、プラスチック射出成形では、金型の微小領域への材料の残存や材料から発生したガスの金型表面への付着による成形不良、またアルミニウムダイカストでは、熔融アルミの金型への付着による金型の溶損や破損などを生じる。アルミニウムダイカスト作業時には、窒化ホウ素などを主成分とした離型剤を毎ショット塗布しているが、ショット数の増加とともに金型表面に劣化を生じているのが現状である。その不良発生の際には金型洗浄だけでなく、成形機から金型を取り外した分解作業なども要するため、企業現場では大きな不利益に繋がっている。そのため、各種成形現場では、成形時の離型剤塗布や金型への各種コーティングにより対策を行っているが、材料や製品形状によっては、十分な効果が得られないため、より高い離型性能を有した金型が要望されている。

第1報¹⁾では素材表面に対して離型剤成分である窒化ホウ素（以下 BN）をスプレー塗布した後、電子ビーム（以下 EB）を照射し試験片を作製した。

そこで本報では、アルミニウムダイカスト作業現場で

使用されている金型ピン（φ10 mm）に対し、第1報と同様の各処理を施し各種評価を行った。

2. 実験方法

2-1 試験片形状および素材

実用性試験に用いた金型ピン（φ12 mm，L78 mm）を図1に、試験片素材の組成を表1に示す。



図1 金型ピン

表1 試験片組成（重量%）

	硬さ	C	Cr	Mo	V	Si	Mn
SKD61	50HRC	0.3	5.0	2.3	0.6	0.2	0.5

2-2 試験片作製条件

作製した試験片は、①～③の3種類である。

試験片表面に塗布した BN は、(株)オーデック製 ホワイトイルブ、EB 照射は、三菱電機機軸製 e-Flush を用いて表2に示す条件により加工を施した。

*1 株式会社プログレス

また第1報と同様に、平成26から27年度に実施した「電子ビームによる金型の表面改質に関する研究」²⁾において、金型鋼の寿命向上等の成果が得られた放電表面処理(EDC)による表面改質手法を併用した試験片も作製した。

- ①電子ビーム照射のみ(EB)
- ②窒化ホウ素塗布+電子ビーム照射(BN+EB)
- ③放電表面処理+窒化ホウ素塗布+電子ビーム照射(EDC+BN+EB)

表2 電子ビーム照射条件

ビーム電流値 (mA)	走査線間隔 (mm)	送り速度 (mm/min)
0.8	0.04	2000

2-2 アルミニウムダイカスト試験

アルミニウムダイカスト試験は、現場における実稼働条件であるアルミ熔融温度670℃、サイクル時間約40秒/1ショットで、10,000ショット行った。

3. 結果および考察

各試験片の評価は、アルミニウムダイカスト作業時に発生する問題(摩耗、溶損、溶着、破損、ヒートチェック等)を考慮し、表面あらさ、硬さ、残留応力により行った。また、実用性試験後の評価は、表面の溶損・溶着状態を設計値との比較検証により行った。

3-1 表面あらさの測定

ダイカスト試験前の各試験片の表面あらさ測定結果を図2に示す。測定には、表面粗さ輪郭形状測定機(小坂研究所 Surfscorder DSF1000型)を用いた。

処理前の試験片に対し、BN+EB試験片、EDC+BN+EB試験片とも、若干悪化する程度(1μm以内)であった。また、現表面処理試験片の表面あらさ値(Rz)と比較すると、約1/3~1/4のあらさ値であった。

BNおよびTiCが表面に介在しても表面あらさ値がそれほど悪化しなかった要因としては、電子ビーム照射時に表面が熔融されたことによるBNおよびTiC成分の内部への拡散(混練)化と表面平滑効果によるものだと考えられる。

3-2 表面の硬さ測定

ダイカスト試験前の各試験片表面の硬さの測定結果を図3に示す。測定には、微小硬度計(アカシ MVK-G3500AT)を用いた。

処理前の試験片に対し、BN+EB試験片の硬さは約200HV、EDC+BN+EB試験片は約350HV高い硬さであった。また現表面処理品と比較すると、BN+EB試験片は約100

HV、EDC+BN+EB試験片は約200HV高い硬さを得られたことから、耐摩耗性への効果を期待できる結果となった。

この硬さの向上は、処理面ならびに処理面内部に硬質成分であるBNおよびTiC成分が残存しているためだと考えられる。

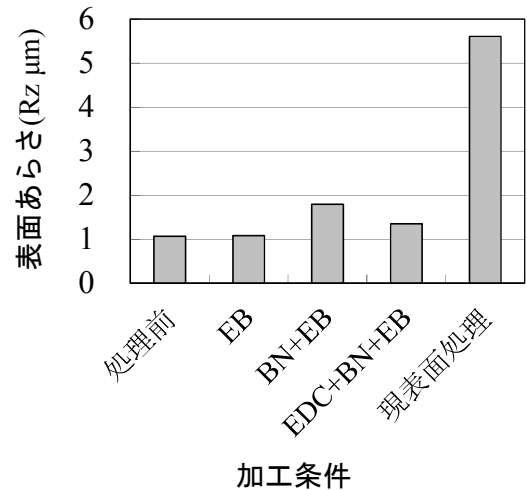


図2 表面あらさ測定結果

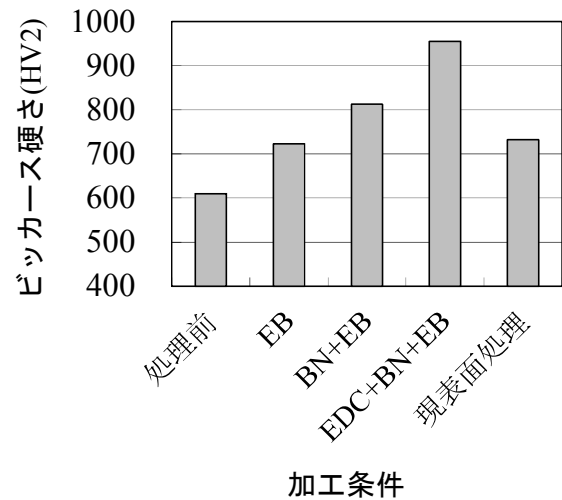


図3 表面硬さの測定結果

3-3 残留応力測定結果

ダイカスト試験前の各試験片の残留応力測定結果を図4に示す。分析には、微小部X線応力測定装置(株式会社リガク製 AutoMATE)を用いた。

処理前の試験片の応力値-300MPaに対し、BN+EB試験片では約-950MPaと約3倍の圧縮応力が、EDC+BN+EB試験片では同程度の圧縮応力が形成されることが確認できた。また、BN+EB試験片、EDC+BN+EB試験片とも現表面処理よりも大きな圧縮応力状態が形成されており、クラック発生の抑制効果を期待できる結果を得ることができた。

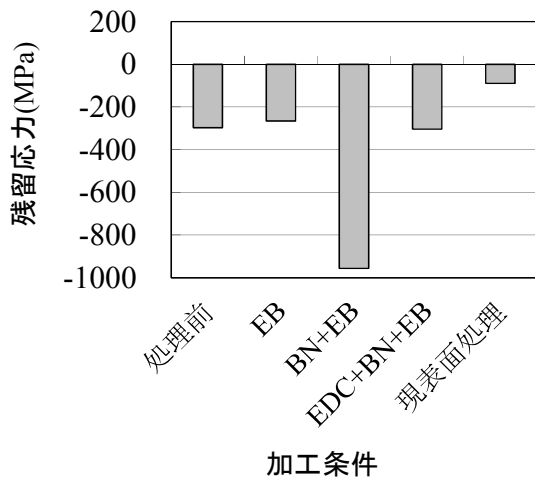


図4 残留応力測定結果

3-4 金型ピンの性能評価

アルミニウムダイカスト試験（10,000ショット）後の各試験片（BN+EB, EDC+BN+EB, 現表面処理）の状態を図5に示す。表面の摩耗性（溶損・溶着）の評価法としては3Dスキャナを用いた。金型ピン先端（φ10mm, L7mm）の評価結果を図6に示す。評価には、3Dスキャナ（ZEISS社製 COMET L3D）ならびに3D測定データ評価ソフト（GOM社製 GOM Inspect）を用いた。

現表面処理品では約0.3~0.4mmの溶損部ならびに溶着部が認められたのに対して、BN+EB試験片では0.1mm未満、EDC+BN+EB試験片では0.075mm未満と、金型摩耗を抑制する効果を認めることが出来た。これは、アルミニウムダイカスト作業時におけるBNの溶融アルミの離型効果ならびにEBの耐食性効果が

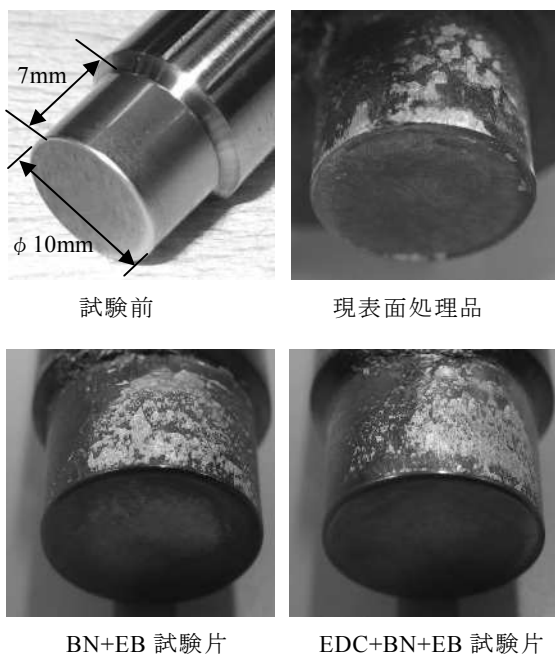
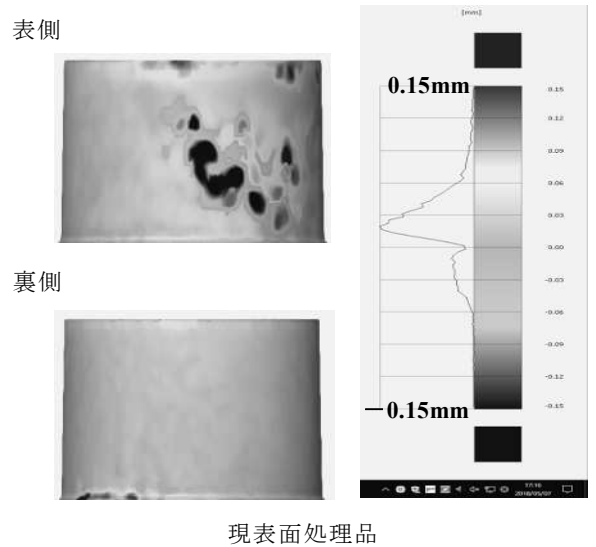
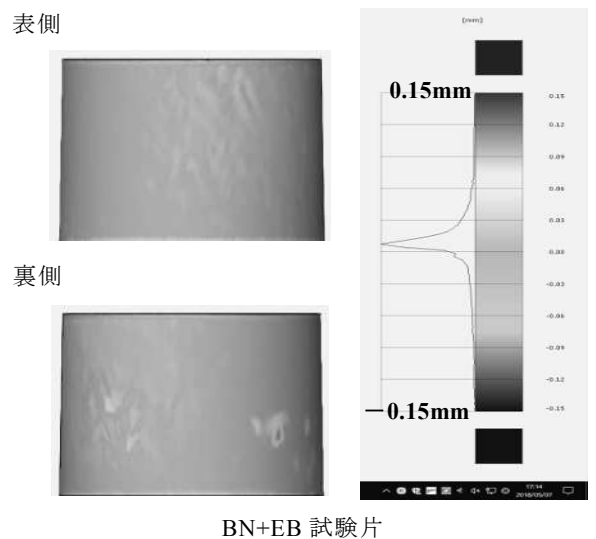


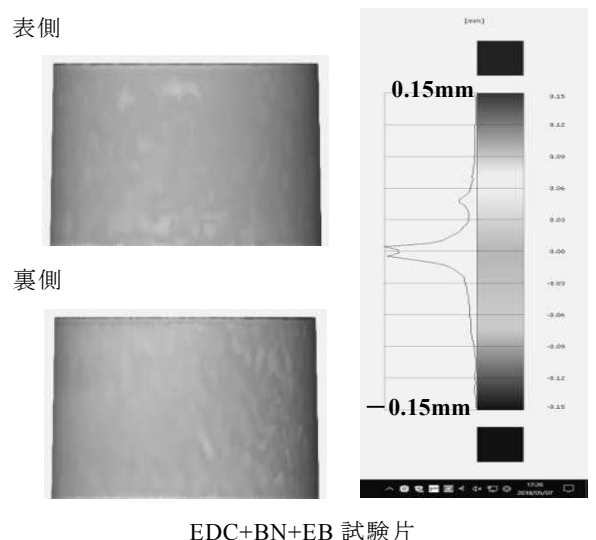
図5 ダイカスト試験後の試験片状態



現表面処理品



BN+EB 試験片



EDC+BN+EB 試験片

図6 3Dスキャナによる摩耗性評価

要因だと考えられる。また、EDC+BN+EB 試験片がより高い耐溶損（摩耗）性を示したことは、EDC による TiC 成分の表面硬質化の効果だと考えられる。

4. 結 言

金型表面の離型性能向上を目的として、アルミニウムダイカスト用の金型ピンに電子ビーム加工を適用し、ダイカストマシンにより実用性試験を実施し、各種評価を行った結果、以下のことが確認できた。

- 1) BN+EB 試験片および EDC+BN+EB 試験片の表面あらかさは、処理前と比べほとんど変化は認められなかった。
- 2) 処理前の試験片表面の硬さに対し、BN+EB 試験片は約 200 HV、EDC+BN+EB 試験片は約 350 HV 高い硬さとなった。
- 3) 処理前の試験片の応力値-300 MPaに対し、BN+EB 試験片は約-950 MPa、EDC+BN+EB 試験片は同程度の応力値であった。
- 4) アルミニウムダイカスト試験（10,000 ショット）後の各試験片表面の評価を行ったところ、現表面処理品が約 0.3～0.4 mm の摩耗状態であったのに対し、BN+EB 試験片では 0.1 mm 未満、EDC+BN+EB 試験片では 0.075 mm 未満であった。

以上の結果から、金型ピンに BN 塗布ならびに EB 照射を施すことで、金型ピンの性能向上効果を確認することができた。

参考文献

- 1) 萩原義人, 佐野正明, 古屋雅章, 石田正文, 岡田晃
: 電子ビームによる金型鋼の性能向上に関する研究
(第 1 報), 山梨県工業技術センター研究報告, 第 31 号, pp.94-96 (2017)
- 2) 萩原義人, 佐野正明, 古屋雅章, 星野昌子, 岡田晃
: 電子ビームによる金型の表面改質に関する研究(第 2 報), 山梨県工業技術センター研究報告, 第 30 号, pp.21-23 (2016)