

電子ビームによる金型鋼の性能向上に関する研究

—電子ビームによる改質面の特性について—

萩原義人・佐野正明・古屋雅章・石田正文・上條喜久夫^{*1}

Study on Performance Improvement of Molding Die by Electron Beam Irradiation

- Characteristic of Treating Surface by Electron Beam Irradiation -

Yoshihito HAGIHARA, Masaaki SANNO, Masaaki FURUYA, Masafumi ISHIDA 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、金型表面の離型性能向上を目的として、切削加工面に窒化ホウ素を塗布した後に電子ビーム加工を施した各試験片に対し各種評価を行った。その結果、窒化ホウ素塗布後の電子ビーム照射面において、硬さの向上やぬれ性試験における良好な結果が得られたことから、金型の離型性ならびに耐摩耗性の向上が期待できることが明らかとなった。

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、溶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操業時には、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。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生産性が低下し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。

そこで、表面の面粗度向上や改質法など幅広く活用されている電子ビーム加工を用いて、離型成分を有する改質面の生成ならびにその評価を行うことで、金型鋼の性能向上を図り、企業現場における生産性の向上と品質向上に繋げることを目的に研究を実施した。

2. 実験方法

2-1 試験片素材

実験には、ダイカスト金型材料として活用されている熱間金型用合金工具鋼（SKD61）改良材を用いた。試験片素材の組成を表1に示す。

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 試験片形状

実験に用いた試験片は、20×20×10 mm の直方体形状であり、切削加工後に熱処理を行った材料である。

2-3 加工条件および処理条件

実験には金型鋼の切削加工（以下、CUT と記す）面に、離型成分である窒化ホウ素（以下、BN と記す）を塗布し、その後、内部拡散を目的とした電子ビーム（以下、EB と記す）照射を施した。

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（株）製 e-Flush を用いて表2に示す各条件により加工を施した。

また、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」¹⁾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（以下、EDC と記す）による表面改質手法も一部併用した。

*1 株式会社プログレス

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)
0.6	0.04	2000
0.8	0.04	2000
1.0	0.04	2000

3. 結果および考察

3-1 表面あらしの測定

各試験片の表面あらし測定結果を図1に示す。測定には、表面あらし輪郭形状測定機（小坂研究所 Surfcoorder DSF1000型）を用いた。

CUT面にBN塗布後、EBを照射した場合、若干悪化する傾向を示したが、その値は1 μm以内と小さい値であった。

3-2 SEM観察

各試験片表面の走査型電子顕微鏡（SEM）による観察結果を図2に示す。観察には、低真空型走査電子顕微鏡（日本電子 JSM-5310LV）を用いた。

CUT面にEBを照射した場合、大きな凹凸はEB加工による表面熔融で消失し、平滑な加工面が得られることが確認できた。しかし、BN塗布後にEBを照射した場合、BN塗布の影響と思われる照射時のうねり成分が残存することが確認できた。

3-3 X線回折分析

各試験片表面のX線回折分析結果を図3に示す。分析には、X線回折装置（リガク SmartLab）を用いた。

BN塗布後のEB照射面には、CUT面では確認できなかったBNの回折ピークが認められたことから、EB照射後の試験片表面にはBNが残存することが確認できた。

3-4 表面の硬さ測定

各試験片表面の硬さの測定結果を図4に示す。測定には、微小硬度計（アカシ MVK-G3500AT）を用いた。

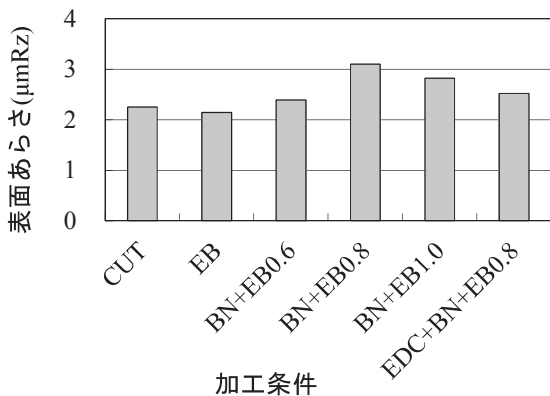


図1 表面あらし測定結果

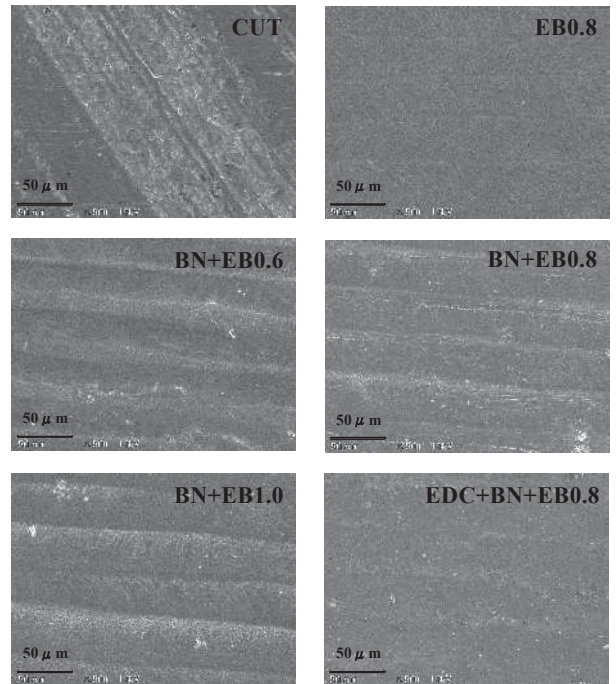


図2 SEM観察結果

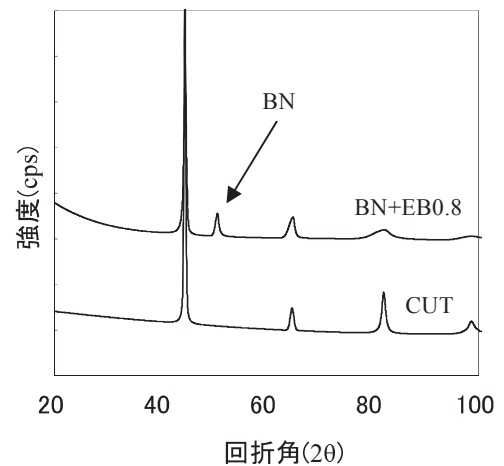


図3 X線回折分析結果

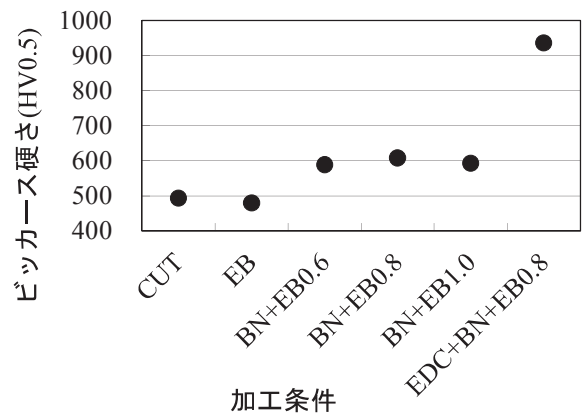


図4 表面硬さ測定結果

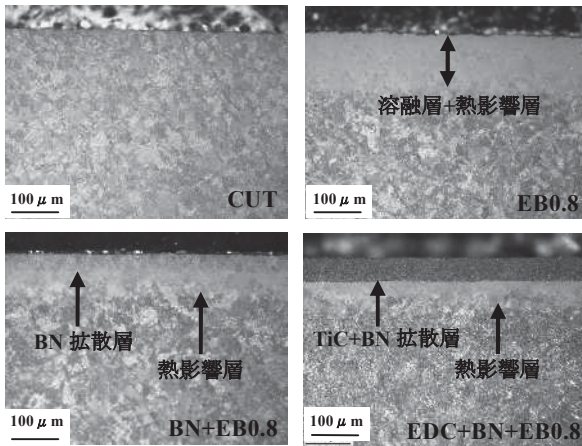


図5 各試験片断面の観察結果

BN 塗布後の EB 照射面は、硬さが約 100 HV 上昇し、耐摩耗性の向上が期待できる結果を得ることができた。この硬さの上昇は、EB 照射時の熱的影響によるものだと考えられる。

3-5 顕微鏡による断面観察

各試験片断面の金属顕微鏡による断面観察結果を図5に示す。測定には、金属顕微鏡（ニコン ECLIPSE MA200）を用いた。

CUT 面に EB を照射した場合（EB0.8），EB 照射時の熱的影響と思われる約 120 μm からなる熔融層と熱影響層の形成が確認できた。また BN 塗布後の EB 照射断面（BN+EB0.8）では、最表面に熱影響層とは色味の異なる約 50 μm の層を確認できたことから、この領域に BN が拡散したと考えられる。また EDC を事前に施した断面（EDC+BN+EB0.8）においても、同様の結果を得ることができた。

3-6 表面のぬれ性試験

各試験片表面のぬれ性試験の結果を表3ならびに図6に示す。試験には、携帯式接触角計（FIBRO system ab PGX）を用いた。

CUT 面に EB を照射した場合、接触角が大きくなる結果が得られた。また BN 塗布後に EB を照射することでさらに接触角が大きくなる結果が得られたことから、離型性向上が期待できる。この要因としては、BN の表面近傍への残存ならびに EB の耐食性向上^{2) 3)} などの影響と考えられる。

4. 結 言

金型表面の離型性能向上を目的として、切削加工面に窒化ホウ素を塗布した後に電子ビーム加工を施した各試験片に対し各種評価を行った結果、以下のことが確認できた。

表3 電子ビーム照射条件

加工条件	接触角（度）
CUT	86.2
EB	87.3
BN+EB0.6	89.5
BN+EB0.8	92.2
BN+EB1.0	90.3
EDC+BN+EB0.8	90.4

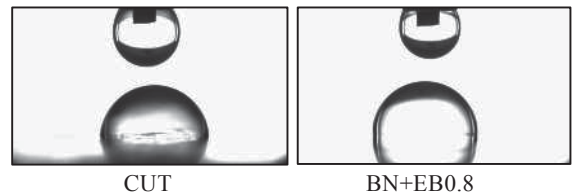


図6 ぬれ性試験結果

- 1) BN 塗布後の EB 照射面の表面あらかさは、CUT 面とほぼ同じ値であった。
- 2) BN 塗布後の EB 照射面には、BN 塗布の影響と思われるうねり成分が残存することが確認できた。
- 3) BN塗布後のEB照射面には、BNが残存していることが確認できた。
- 4) BN 塗布後の EB 照射面の硬さは、CUT 面に比べ約 100 HV 上昇していたことから、耐摩耗性の向上が期待できる。
- 5) BN 塗布後の EB 照射面には、最表面から約 50 μm, BN が拡散していると考えられる層が存在することが確認できた。
- 6) ぬれ性試験において、BN 塗布後の EB 照射面は CUT 面より接触角が大きくなることが確認できた。

以上の結果から、CUT 面に BN を塗布したのち EB 照射を施すことで、金型の離型性ならびに耐摩耗性向上が期待できる。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 安齋正博, 日原政彦: 金型高品質化のための表面改質, 日刊工業新聞社, pp.312-313 (2009)
- 3) 虞戦波, 桜井豊久, 森岡雅男: 電子ビーム PIKA 面加工装置による高能率仕上げ加工—大面積電子ビームを用いた金型仕上げ技術—, 電気加工学会誌, Vol.38, p.49 (2004)