

長寿命化に向けた金型への表面処理技術の開発（第2報）

細野 幸太、原 民夫*、大川 香織、林 亜希美

Surface modification of hard metal dies for long-life (II)

Kota Hosono, Tamio Hara*, Kaori Okawa, and Akemi Hayashi

コバルト量が異なる2種類の超硬合金材料への窒素原子拡散による表面処理を施した試験片について、摩擦摩耗試験を試みた。窒素原子拡散による表面処理を施すと、未処理材よりも比摩耗量が大幅に減少することが分かった。

1. はじめに

プレス加工、冷間鍛造あるいは熱間鍛造加工において使用されている超硬合金製金型において要求されているのが金型の長寿命化である。その解決策として期待できるのが化学蒸着（CVD: Chemical Vapor Deposition）法¹⁾や物理蒸着（PVD: Physical Vapor Deposition）法²⁾による被覆超硬合金であり、耐摩耗性、潤滑性、耐食性の向上による寿命向上が図られている。しかし、CVD法やPVD法で形成できる被膜は素地との密着性が不十分であるために、加工途中での被膜の剥離が問題となる。本研究で行っている表面処理方法は、窒素原子を拡散させる窒化処理方法であるため、被覆膜剥離の問題が起こりにくい方法であると考えられる。前報では、550~700℃で窒素が拡散することを報告した³⁾。また、窒素拡散領域は処理温度が高くなるほど深くなり、700℃の処理条件における拡散深さは約80nmであることが分かった。そこで、本研究では、WC-Co系超硬合金材料への窒素原子拡散による表面処理を試み、摩擦摩耗特性について検討した。

2. 実験

試験形状ならびに組成は前報と同じであり、(株)シルバロイ製の20×20mm角（厚さ2mm）のCo添加量の異なる2種類のWC-Co超硬合金（G5:Co量13wt%、G7:Co量18~20wt%）である。ただし、表面粗さについては、前報とは異なり実際に金型として用いる表面粗さを想定して小さくした。実際に(株)キーエンス製のレーザー顕微鏡(VK9700/9710)で測定したところ平均表面粗さ（Ra）ならびに最大高さ粗さ（Rz）は、G5（Ra）= 0.2μm、G5（Rz）= 2.8μm、G7（Ra）= 0.2μm、G7（Rz）= 2.7μmであった。表面処理装置については、前報と同じである（図1）。前報において、窒素拡散領域は処理温度が高いほど深くなるということが分かったため、本研究では、保持温度を約720℃とし、窒素による処理時間は6時間

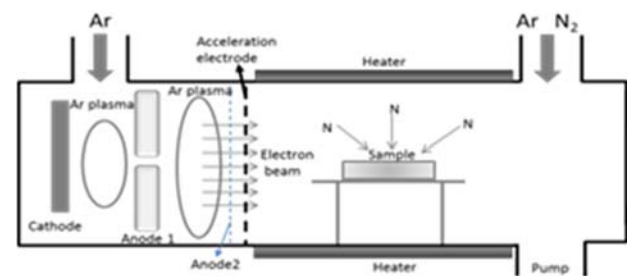


図1 表面処理装置概略図

とした。窒素が被表面処理物内に存在するのかを調べるために、アルバック・ファイ(株)製の(Phi700Xi)のオージェ電子分光装置を用いて分析した。また、試料の摩擦摩耗特性を調べるために、レスカ(株)製のボール・オン・ディスク型摩擦摩耗試験機（FPR-2100型）を用いた。ボールは超硬ボールを用い、荷重0.98N、摺動速度0.03m/sec、摺動時間は3500秒（摺動距離：105m）とした。摩擦摩耗試験後のG5,G7ディスク摩擦痕について、光学顕微鏡（(株)ニコン製LV-UDM）ならびにレーザー顕微鏡を用いて観察した。

3. 結果及び考察

表面処理材（G5, G7）についてオージェ電子分光分析を行ったところ窒素（N）、炭素（C）、酸素（O）、シリコン（Si）ならびにタンゲステン（W）が存在することが分かった（図2, 図3）。未処理材については、前報同様Nは存在していないことを再確認した。したがって、表面処理により最表面にはNが存在していることが分かった。そこでG5の表面処理材についてアルゴンイオンによるエッチングを1分間行った。エッチング量はシリカ換算で約7.5nmである。図4にエッチング後のSEM像を示す。このSEM像より薄灰色部と濃灰色部ならびに黒色部領域が確認できた。そこで、薄灰色部と濃灰色部ならびに黒色部においてオージェ電子分光装置による元素分析を行った。その結果をそれぞれ図5~

* 豊田工業大学

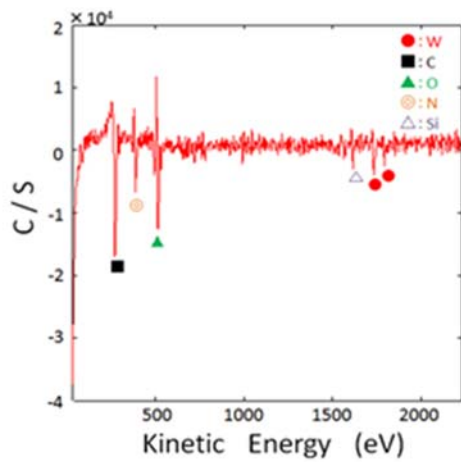


図2 オージェ電子分光装置による元素分析 (G5)

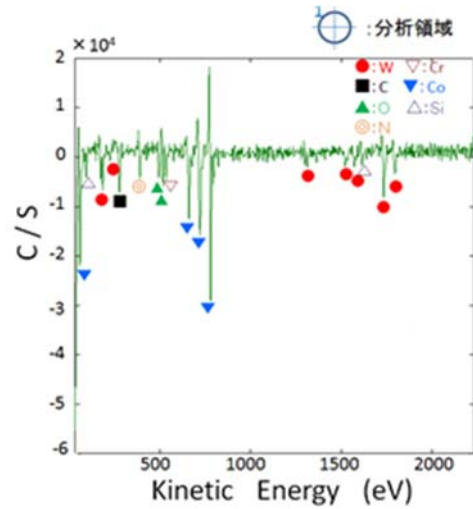


図5 オージェ電子分光装置による元素分析 (薄灰色部)

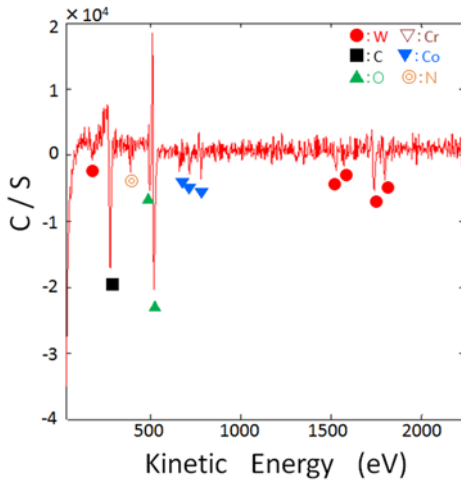


図3 オージェ電子分光装置による元素分析 (G7)

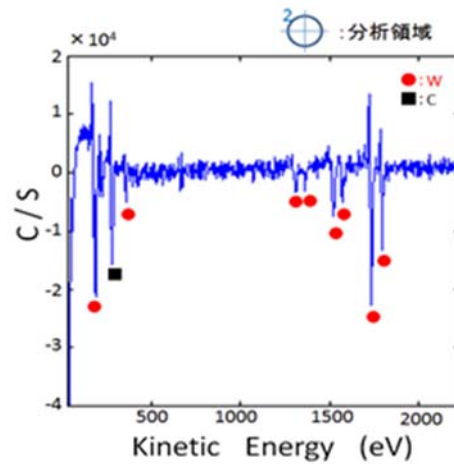


図6 オージェ電子分光装置による元素分析 (濃灰色部)

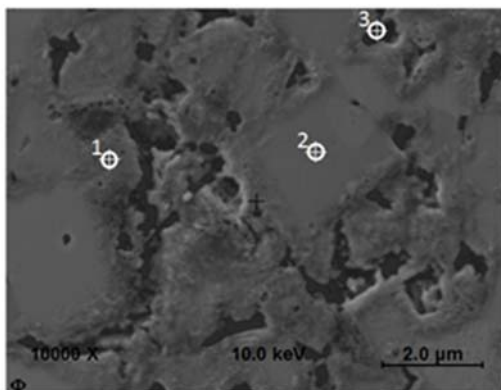


図4 表面処理材 (G5) のSEM像

図7に示す。図5より薄灰色部は、Co を主成分とし、C,N,O,Cr,Si ならびに W が存在していることが分かった。そこで、自動 X 線回折 (XRD) による薄膜測定を行ったところ Co_3W に対応する回折ピークを確認した。また、図6のように濃灰色部においては、C ならびに W が存在していることから濃灰色部は WC 粒子であると判断される。さらに、N は検出されないことから、N は結合層中のみ拡散していることが分かった。黒色部については、C が主成分であり、N,O,Cr,Co,Si,Al ならびに W が存在していることが分かった (図7)。さらに、シリカ換算で約 26.7nm アルゴンイオンによるエッチングを行い、黒色部を分析すると (図8)、Co が主成分となり、C が減少していることが分かった。したがって黒色部は Co 層であり、最表面には、C、N および O を有する変質層が存在していると考えられる。

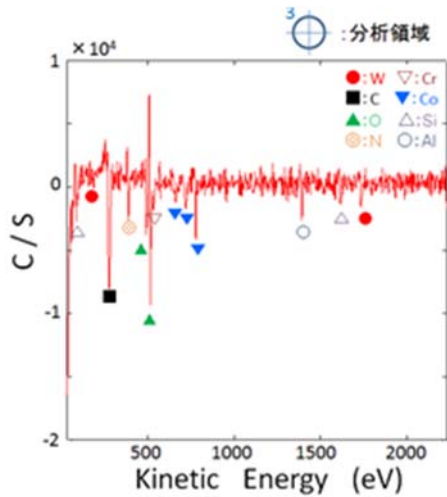


図7 オージェ電子分光装置による元素分析 (黒色部)

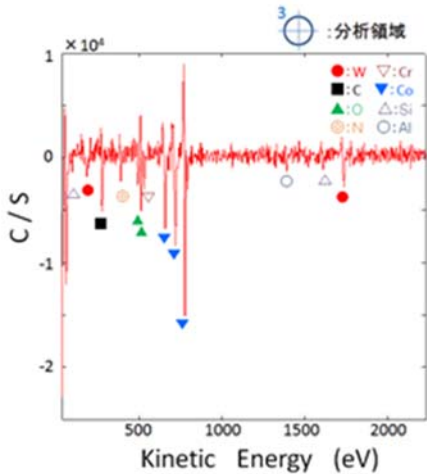


図8 オージェ電子分光装置による元素分析 (黒色部:再アルゴンエッチング後)

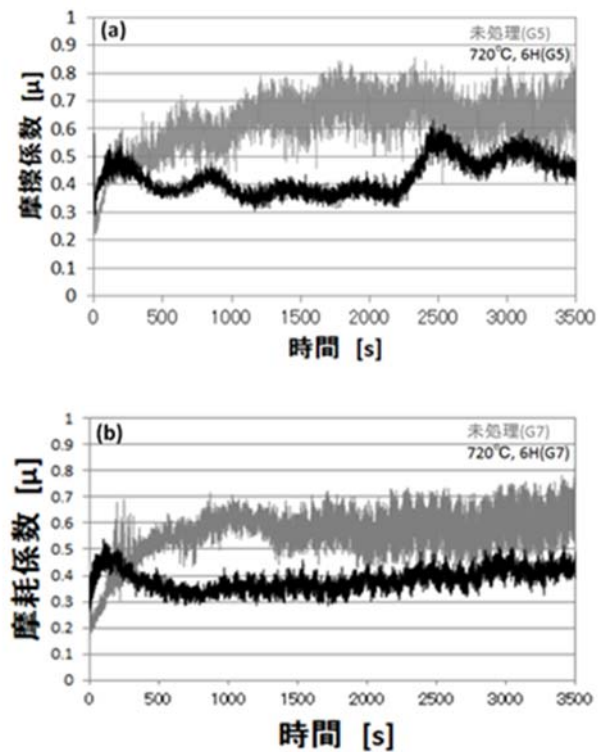


図9 未処理材と表面処理材の摩擦係数 ((a)G5, (b)G7)

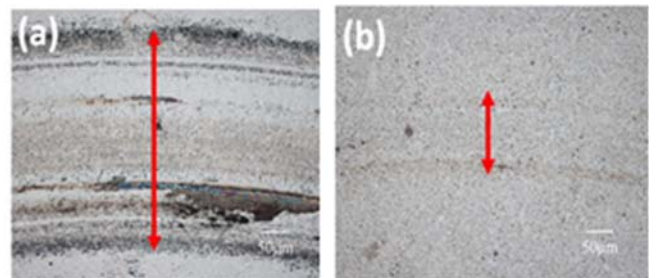


図10 摩擦摩耗試験後のディスク材の摩耗痕 (G5)

図9 (a) (b) にボール・オン・ディスク型摩擦摩耗試験を用いて未処理材と表面処理材の超硬ボールに対する摩擦係数を測定した結果を示す。未処理材 G5, G7 ともに初期の摩擦係数は約 0.2 であるが、時間経過とともに摩擦係数は増加 (0.6~0.8) した。表面処理材では、初期の摩擦係数は約 0.3 で摺動時間 200 秒~300 秒までは摩擦係数は徐々に高くなるが (約 0.5)、その後摩擦係数が低下する (0.3~0.4) ことが分かった。試験後のディスク摩耗痕を確認すると (図10 (a), (b))、G5 未処理材の摩耗幅が 440 μm であり、超硬ボール材の凝着が確認できた。摩耗幅は 4 カ所の平均値である。しかし、処理材の摩耗幅は 156 μm であり、未処理材の半分以下であった。さらに、超硬ボール材の凝着についても未処理材より少ないことが分かった。また、未処理材

G7 のディスク摩耗幅は 349 μm であり、表面処理材のディスク摩耗幅は 219 μm であり、超硬ボール材の凝着が未処理材より少ないことが分かった。次に比摩耗量を算出するために、摩擦摩耗試験後のディスク摩耗痕をレーザー顕微鏡で確認し、摩耗痕の凹凸から摩耗量を算出し、比摩耗量を次式より算出した。
比摩耗量 = 摩耗量 (m^3) / 荷重 (N) \cdot 摺動距離 (m)
その結果を図11に示す。同図より、比摩耗量は処理材のほうが未処理材よりも約 4 分の 1 に減少していることが明らかになった。したがって、超硬材料への窒素拡散による表面処理技術は、耐磨耗性を向上させることが可能であると結論される。

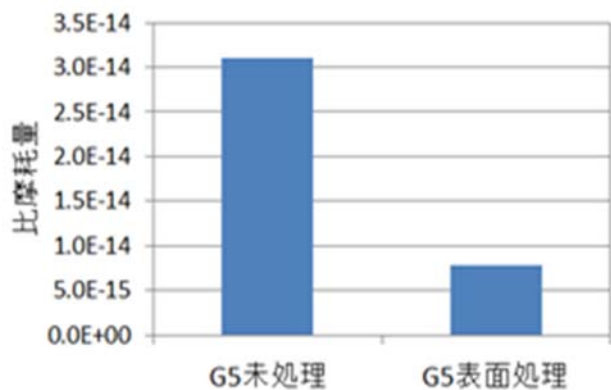


図1 1 摩擦摩耗試験後のディスク材の比摩耗量 (G5)

4. まとめ

Co量の異なる超硬合金材への窒素原子拡散による表面処理を行った試験片について摩擦摩耗試験を行ったところ以下の結果を得た。

1. 窒素は結合層に拡散している。
2. ディスク摩耗幅ならびに比摩耗量は、窒素拡散の表面処理を施すと大幅に減少する。

【参考文献】

- 1) 鈴木寿ら,日本金属学会誌 第48巻,第2号,pp214-219,1984
- 2) 高原一樹ら,R&D 神戸製鋼技法 Vol.55,No2,pp100-104,2005
- 3) 細野ら,岐阜県工業技術研究所研究報告,No2,2014