

イオンプレーティング皮膜の形成及びその特性に関する研究

中山 恭利*¹

服部 悟*²

市村 恒人*³

【要 旨】

金属加工用プレス金型表面にセラミックコーティング処理をすることにより TiN 硬質膜を生成させ、金型寿命の延命をはかった。

その結果、延命の傾向を得ることができた。

1 緒 言

工業用ミシンの部品である「下釜止め」を製造するさい、金型で材料となる金属を挟み、約300tの荷重を瞬間的に加えて加工する。

その時、材料である金属と金型とに摩擦が生じ金型が徐々にすり減ってしまう。

そこで、一般に切削工具などに用いられている、金属表面の摩擦係数を下げ耐摩耗性を向上させる技術である TiN セラミック硬質膜を金型に処理することにより、金型寿命の延命をはかった。

今回、プレス製品製造メーカーの協力により実際の金型での耐久試験を行うことができた。

また、その金型及び製品と同一の材質でテストピースを作り、摩擦による硬質膜の耐久性について検証を行った。

2 実験方法

2 - 1 金型耐久試験

実際に耐久試験を行う金型 A (写真 1) と、さらにそれに形状のよく似ている金型 B の 2 つに

同一条件で、イオンプレーティング法による TiN 硬質膜処理を行った。

金型 A については実際に製品を製造してもらい、その後、金型の状態を確認するのに用い、金型 B については膜処理後、その膜の状態の確認のために用いた。

一般的にイオンプレーティングによるコーティング処理では、溝や穴の内部には膜が着きにくい。

そこで、金型 B について膜の着きにくい場所である壁面部及び膜の着きやすい場所である平坦部について切断し電子顕微鏡で膜の厚さを測定した。

また、金型 A については一つの金型で一度に

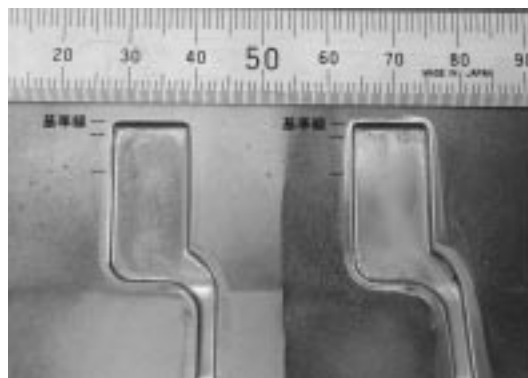


写真1

左：TiN コーティング有り
右：TiN コーティングなし

* 1 材料技術課 技師

* 2 材料技術課 技師

* 3 材料技術課 主任研究員



写真2
(左：ディスク 右：ピン)

2個製造できる形状であるので、同一条件で比較検討できるようにする目的で、一方については硬質膜を生成し、もう一方にはマスキング処理を行い膜が生成しないようにした。

その後、製造ラインで使用した後、表面状態の確認を行った。

2 - 2 硬質膜耐久試験

後述(3 - 1)の実験の結果より、約 $3\mu\text{m}$ 及び約 $6\mu\text{m}$ の膜厚(実際には膜厚 $2.3\mu\text{m}$ $4.9\mu\text{m}$)で摩耗試験用のテストピースを作成し、荷重及び摩擦速度による摩耗量の違いを比較した。

試験方法はピンオンディスク型の摩擦摩耗試験機を用いた。

ピン材側として金型の材質に近いSKD11を用い、それにイオンプレーティング処理によるTiN硬質膜をコーティングしたものとした。

また、摩擦の相手材としてディスク状の試験片にはプレス製品の材質であるS15Cを用いた。

これらの試料で、ディスクを(実際には試験装置の性能上ディスクとピンが合わせて)3mm摩滅させ、その時のピンの状態を確認した。

3 実験結果

3 - 1 金型耐久試験

金型Bにおいて、コーティング膜は最も薄い部分である壁面部で約 $3\mu\text{m}$ 、最も厚い部分である周辺部の平坦な所で約 $6\mu\text{m}$ であった。

次に、3,500ショット終了した金型Aを写真1に示す。

この金型Aの写真1の基準線から下に2mm及び7mmの部位についてそれぞれ、横方向に底平坦部の表面形状の測定を行った。

その結果を図1 - 1及び図1 - 2に示す。

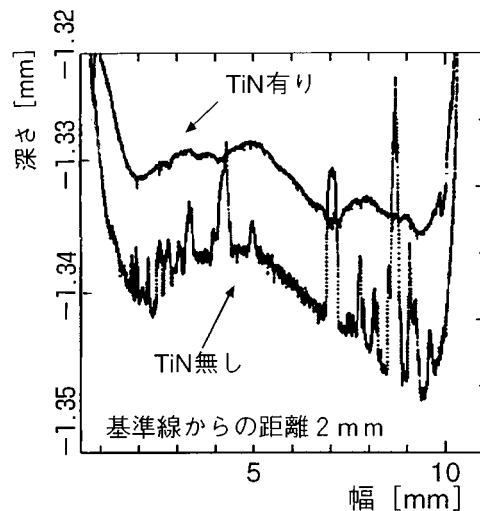


図1 - 1 3500ショット使用後の金型底部の形状比較(2mm)

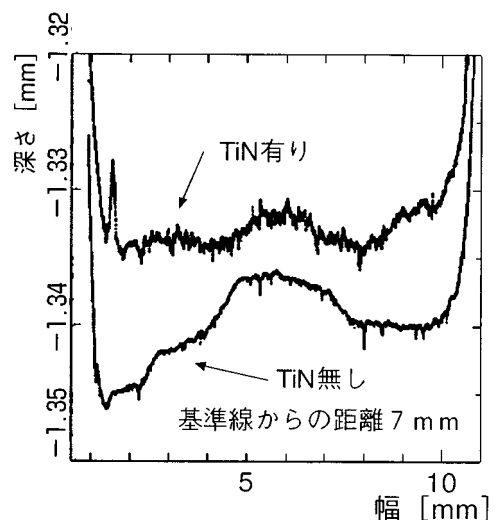


図1 - 2 3500ショット使用後の金型底部の形状比較(7mm)

図1 - 1のTiNなしの線について極端に上下しているのは、その表面に相手材であるS15Cが凝着したためである。これは写真1においてもわずかに確認することができる。

図1 - 1、図1 - 2の両方でTiNなしの線では底の中央部が盛り上がった形状になっている。これは周囲がすり減ったため、相手材が左右に広がる方向で加工されるため、その際に摩滅したものと考えられる。実物では目視において光の反射具合で確認できるが、写真1では判別は難しい。

これらの2点についてTiNありのものは凝着及び摩滅がほとんど確認されなかった。

以上から、耐摩耗性及び相手材の離脱性が向上しているといえる。

3 - 2 膜耐久試験

試験に用いたピンとディスクを写真2に示す。まず、荷重を6 [N/mm²]と一定にした時の摩擦速度と摩耗量の関係を図2 - 1に示す。

膜が完全に剥離し、摩耗が急速に始まる速度が、ほぼ0.94 [m/s]付近にあることがわかる。

次に回転速度を0.94 [m/s]と一定にした時

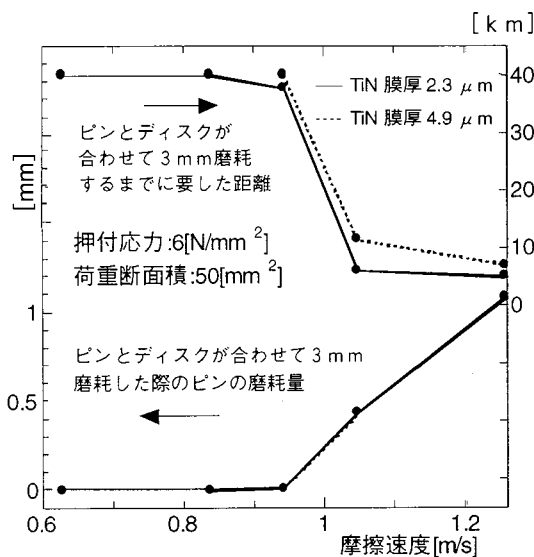


図2 - 1 定荷重での摩擦速度と摩耗量の関係 (ピンオンディスク型摩擦摩耗試験機使用)

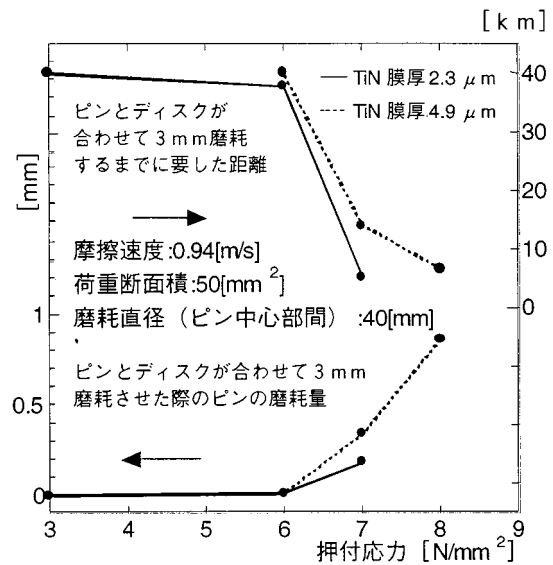


図2 - 2 定速度での荷重と摩耗量の関係 (ピンオンディスク型摩擦摩耗試験機使用)

の荷重と摩耗量の関係を図2 - 2に示す。

先と同じく6 [N/mm²]付近で膜が剥離していることがわかった。

(なお、摩擦距離が40kmを超えたものについてはその時点で試験を中止している。)

4 考察

膜耐久試験より、荷重、速度共にある一定の値を超えると急速に膜の耐久性が下がることがわかった。

金型においてはそれが周辺部や、壁面部と底平坦部の境目など加工条件の厳しい個所で膜の剥離として現れている。(図3)

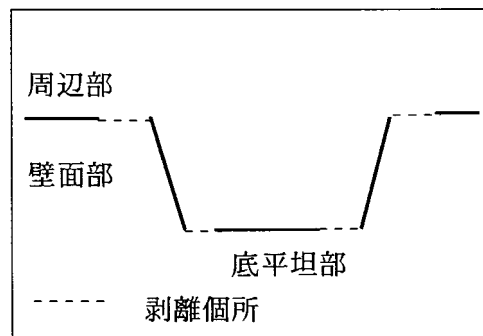


図3 3500ショット使用後の金型断面形状略図 (硬質膜剥離箇所)

壁面周辺の膜の剥離はプレス時に相手材が流れる速度が速いためと思われる。しかしながら、この部分は製品外（後に切り落とされる）となるため加工精度等には影響がない。

また、壁面部と底平坦部の境目での膜の剥離は相手材の流れの方向が急に曲げられるため応力が発生したものである。

さらに当所、壁面部の様に硬質膜の薄い部分が剥離や摩滅するのではないかと予測したが、形状的に負荷がかからなかったので今回は影響がなかった。

5 結 言

今回用いたこの金型は硬質膜を着けていない状態では通常2,500ショット毎に表面の磨き処理が必要であり、その磨き処理を数回行った後、約8,500ショット程度で寿命となる。

硬質膜を着けた今回の試験において、3,500ショット後でもコーティングを施した部分については、磨きの工程の必要が無もなく連続して作業できる状態であり、生産性の向上につながった。

また、金型の摩耗量が減少しているので、製造される製品の加工精度を上げる効果もあったといえる。

しかし、本来ならば8,500ショット磨き処理無しで耐える必要があが、今回生産数の都合上そこまで試験できなかった。

硬質膜が部分的に剥離していることから考えて、そこまで耐久性があるとは言い難いが、同時に行った膜耐久試験の結果から考えると、金型形状を変更することにより流れ速度及び荷重集中を緩和することが可能であれば膜の耐久性が著しく向上できることが推察できる。

今後、摩耗試験の結果と金型の使用条件との関係を明確にすれば、膜の耐久限界の手前で作業することが可能となり、金型の寿命がさらに延ばせられると思われる。

6 謝 辞

本研究において、金型及び試験片に施したTiNコーティング処理は、「平成10年度ものづくり試作開発センター整備事業」で丹後熱処理センターに設置されたイオンプレーティング装置を用いました。

その際、丹後熱処理センター常務理事 番場様及び大橋様に御協力いただきました。

また、金型耐久試験においては株式会社日進製作所様に御協力いただきました。