

## 一 般 論 文

実機プレス評価を用いたプレス金型用  
コーティング膜の開発

Development of PVD coating for cold working die

藤 波 泰 志\* 檜 原 真 司\*  
Y. Fujinami S. Narahara  
岡 崎 尚 登\* 大 原 久 典\*  
N. Okazaki H. Ohara  
今 井 修\*\*  
O. Imai

## 概 要

PVDコーティングが冷間プレス金型の性能に及ぼす影響について調査した。今回の試験では、被加工材に高張力鋼板を使用し、2種類の冷間プレス加工を行った。

抜き加工試験では、TiCNコーティングがTiNコーティングやTD処理と比べ良好な耐焼きつき性を示した。また曲げしごき試験においては、TiNコーティングの処理条件により金型寿命が変化することがわかった。適切な処理条件にてTiNコーティングを行うことにより、TD処理やCVDコーティングと同等以上の加工寿命を得ることができた。

## Synopsis

Effects of PVD coating on the performance of cold working dies were investigated. Two kinds of cold working operations were carried out in this study, and high tensile strength steel was used as work material.

In the blanking test, TiCN coating showed excellent anti-galling property compared to TiN coating and TD treatment. On the other hand, in the bend-and-ironing test, we found that the lifetime of TiN coated die depends on the coating condition. It was found that the TiN coated die produced under appropriate coating condition showed same or longer lifetime than TD treated die and CVD coated die.

## 1. はじめに

近年の環境負荷低減に対する意識の高まりから、加工時に用いられる潤滑油の使用量を削減する取り組みが行われている。金型材料にはより一層優れた耐摩耗性、耐焼きつき性（耐かじり性）が求められており、コーティング技術に対する関心も高まっている。<sup>(1,2)</sup>

自動車産業においては、軽量化・安全性向上の要求の高まりから高張力鋼板（ハイテン鋼）の使用が拡大しているが、鋼板の高強度化に伴い金型へのかじりがより生じやすくなることが問題となっている。対策としてTD処理やCVDコーティングなどの表面処理が適用され一定の効果が得られているが、処理温度が高く金型に寸法変化が生じるため、修正加工が必要といった問題点も指摘されている。そのため、処理温度が低く、高い寸法精度がえられるPVD

コーティングの適用が期待されている。<sup>(2,3)</sup>

PVDコーティングは処理温度や基板電圧などの成膜条件を個別に制御可能であり、特性の異なるコーティング膜を容易に作成することが可能である。成膜条件を最適化し耐摩耗、耐焼きつき性を改善した報告もなされている。<sup>(4,5)</sup> ただピンオンディスク試験等の摩擦摩耗試験では、プレス加工のような高い面圧、すべり速度、温度等の負荷環境を再現できないため、実際のプレス加工の結果との相関性を見出すことができないことも多い。

そこで、実際のプレス加工にてコーティング金型の耐久性評価を行い、コーティング膜種・処理条件と評価結果の比較を行うことにより、プレス加工に適したコーティング膜を得ることを試みた。以下にその内容を報告する。

\*日本アイ・ティ・エフ(株)  
\*\*日新電機(株)ビーム・真空応用事業本部

## 2. 抜き加工試験

抜き加工試験の模式図と加工条件をそれぞれ図1、表1に示す。抜き加工とは、エッジの尖ったパンチとダイにより板材に穴を開ける加工であるが、板材切断時の衝撃が加わると共に板材破断面と強く摺動するパンチエッジ部に強い耐久性が求められる。

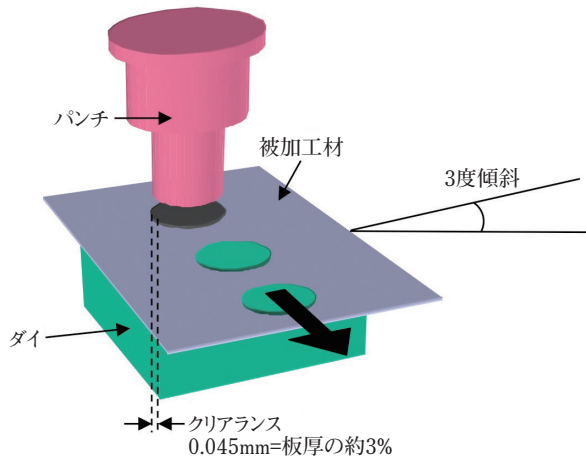


図1 抜き加工試験 模式図

パンチ素材	DC53
被加工材	780MPaハイテン材(厚み1.6mm)
打抜き形状	φ10mm(クリアランス片側0.045mm)
打抜速度	55spm

表1 抜き加工試験

ジニアスコートTCX(TiCN系多層膜：以下TCX)とジニアスコートTN(TiN単層膜：以下TN)の2種類のPVDコーティング膜に加え、TD処理(以下TD)を施した計3種のパンチで抜き加工試験を実施した。被加工材には780MPa級ハイテン鋼を使用した。

10000ショット後のパンチ外観を図2に示す。また1000ショットごとに被加工材のバリの高さを測定した結果を図3に示す。TNとTDでは、いずれもかじりの発生に伴いバリの高さが大きくなるのに対して、TCXはバリの発生が無くかじりも起こさなかった。

TCXは硬度Hv3000以上と高く耐摩耗性に優れることに加えて、摩擦係数が0.15と低く刃断新生面との摺動でもかじりにくいことが、良好な性能をもたらしたものと考えられる。

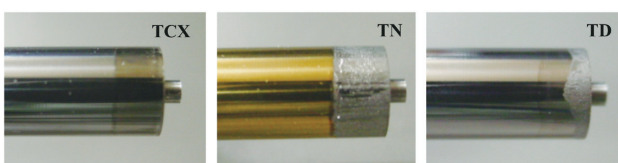


図2 抜き加工試験後パンチ外観写真(左からTCX、TN、TD)

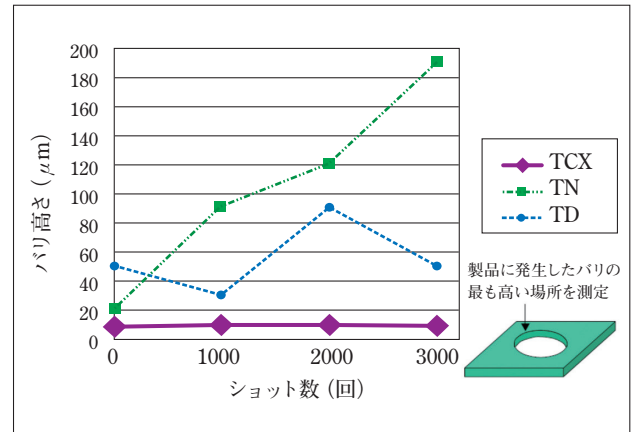


図3 被加工材バリ高さ

## 3. 曲げしごき加工試験

曲げしごき加工試験の模式図と加工条件をそれぞれ図4、表2に示す。曲げしごき加工は、板材を曲げるとともに引き延ばす加工であり、きわめて高い面圧がかかりながら被加工材と摺動するためパンチ側面に強い耐久性が求められる。

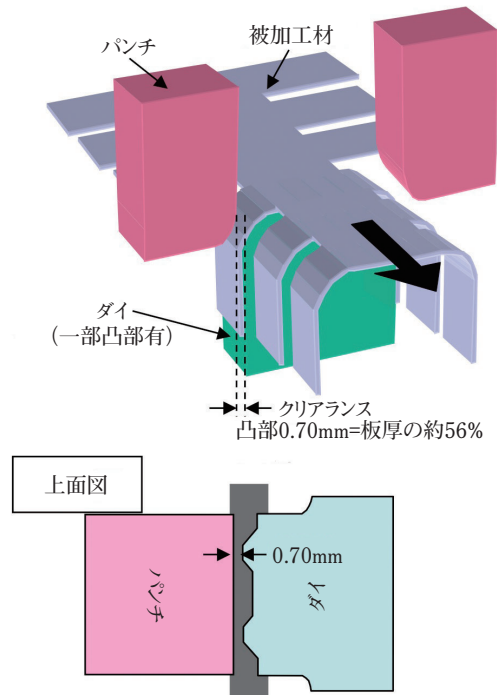


図4 曲げしごき加工試験 模式図

パンチ素材	DC53
被加工材	780MPaハイテン材(厚み1.6mm)
公称しごき率	56%(凸部)
プレス速度	55spm(平均加工速度275mm/s)

表2 曲げしごき加工試験 加工条件

当初は抜き加工試験同様、コーティング膜種を変えて性能評価を行ったが、いずれの膜種もTD処理品の性能（寿命約10000ショット）に及ばない結果となった。そのような経緯から、曲げしごき加工試験については、コーティング条件の改良による性能改善を試みた。コーティング条件の影響を調査する目的から、構造がシンプルなTiN単層膜にて様々な成膜パラメータに関して曲げしごき加工性能への影響について調査を行った。その結果、いくつかの成膜パラメータにより曲げしごき性能が大きく改善することが判明したが、ここでは一例として特に性能に大きな変化がみられたボンバード処理条件の影響について紹介する。

一般的にPVDコーティングでは、膜の密着性を向上させる目的で、基材表面をクリーニングするボンバード処理を実施している。<sup>6)</sup> 具体的には、成膜炉内でプラズマを発生させ基材に負の電圧を印加することで、基材表面にイオンの照射するプロセスである。今回、照射イオン種をガスイオン、金属イオンと変えた2種のボンバード処理を行い性能の比較を行った。

上記ボンバード処理を行ったTiN膜とTD処理品の曲げしごき加工実施後のパンチ外観を図5に示す。ガスイオンでボンバード処理をおこなったパンチでは2000ショットの時点でかじりが発生したのに対し、金属イオンでボンバード処理を行ったものは10000ショットでもかじりが見られず、当初性能が及ばなかったTD処理と同等の曲げしごき性能を達成することができた。

なお、これらのTiN膜について、一般的な密着性評価であるロックウェル圧子押し込み試験を行った写真を図6に示すが、この評価においてはボンバード条件による密着性の差異は見られず、実機評価の重要性が理解できる。

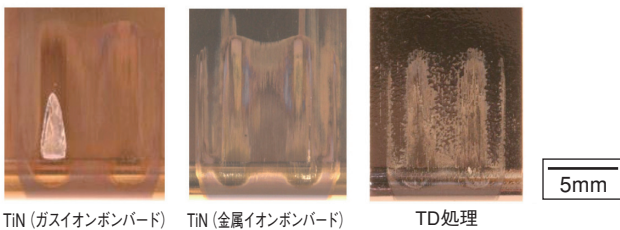


図5 曲げしごき加工試験後パンチ外観写真 (写真下部がパンチ先端部)

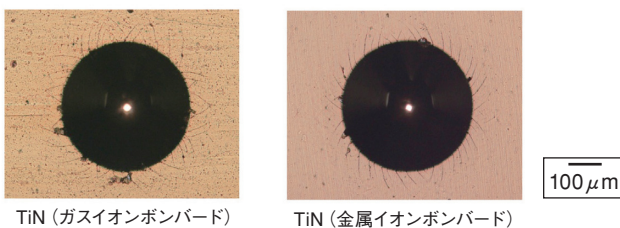


図6 ロックウェル圧子押し込み試験 圧痕写真

弊社のPVD装置をご使用いただいている大同DMソリューション株式会社殿に協力いただき、実際のプレス加工ユーザーにて性能評価を実施していただいた。パンチと成形部品の写真を図7に示す。また加工条件を表3に示す。従来はパンチ湾曲部（矢印部）でかじりが生じ成型品にキズが生じていた。成膜パラメータを適切な条件にしたTiN膜を適用することにより、従来のCVD法によるTiN膜に比べ寿命が10倍に延びることを確認、プレス性能の大幅な向上を達成するとともに、実機試験によるプロセス改善の有効性を確認した。

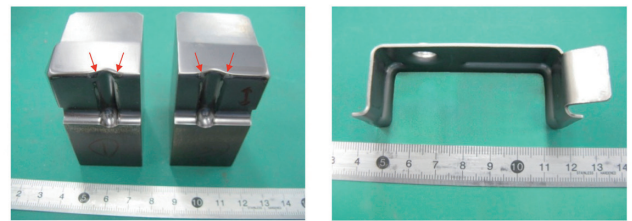


図7 成形加工パンチ(左)および成形部品(右)

パンチ素材	DC53
被加工材	ステンレス鋼(厚み1.2mm)
プレス速度	55spm
備考	湾曲部のカジリで寿命判断

表3 プレス加工条件

#### 4. まとめ

実際のプレス加工試験による性能評価を通じて、これらの用途に適したコーティング膜種・処理条件について明らかにすることができた。さらに、プレス加工のユーザー評価においても大幅な性能向上を確認することができた。

環境負荷低減に向けた対応が重要性を増す今日、セラミックコーティング技術の適用が期待される分野はますます広がっている。装置開発・プロセス技術・性能評価一体となったコーティング技術開発を進め、市場の要望に応えていきたい。

本研究は大同特殊鋼株式会社殿、大同DMソリューション株式会社殿、日新電機株式会社、日本アイ・ティ・エフ株式会社の4社共同であり、ご協力頂いた各位に感謝を申し上げます。

参考文献

- (1) 竹内貞雄, 横澤毅; 表面技術, Vol.62, No.3, p.152 (2011)
- (2) Z.WANG, H.KUBOTA, D.XUE, Q.LIN, M.OKAMURA; *Journal of the JSTP*, Vol.47, No.549, p.988 (2006)
- (3) 藤木栄; 表面技術, Vol.52, No.8, p.11 (2001)
- (4) 三木靖浩, 谷口正, 英崇夫, 日下一也; 奈良工業技術センター研究報告 No.26, p.50 (2000)
- (5) 石井淳哉, 春山義夫, 河村新吾, 堀川教世, 岩井善郎; *トライボロジスト*, Vol.54, No.3, p.209 (2009)
- (6) 麻蒔立男; 日刊工業新聞社 トコトンやさしい薄膜の本 p.62 (2002)

執筆紹介



藤波泰志 Yasushi Fujinami  
日本アイ・ティ・エフ(株)  
久世工場 久世技術課 主査



榎原真司 Shinji Narahara  
日本アイ・ティ・エフ(株)  
久世工場 久世技術課長



岡崎尚登 Naoto Okazaki  
日本アイ・ティ・エフ(株)  
装置部長



大原久典 Hisanori Ohara  
日本アイ・ティ・エフ(株)  
技術開発センター長



今井 修 Osamu Imai  
日新電機(株)  
ビーム・真空応用事業本部  
ファインコーティング部長