

ハイテン材 打抜きパンチの耐久性比較

パンチ工業(株) 石倉英昭
大同特殊鋼(株) 関谷 篤

1. はじめに

中国をはじめとする東南アジアでのものづくりが拡大を続けるなかで、日本は世界トップの技術力を元に諸外国では真似の出来ない製品を生み出し続けている。ものづくりの基盤を担うプレス金型においても、最終製品の機能向上やコスト低減要求に応えるために高度な金型技術が開発され、日本でなければ加工できないプレス部品が作られている。金型技術は、高い製品精度や難易度の高い形状を加工するだけでなく、加工が難しい被加工材成形での損耗改善や、環境保全でスタンピングオイルの潤滑冷却性能が低下していることへの対応など、寿命改善も金型技術に求められる大きなテーマのひとつとなっている。

このような寿命改善の対策として、成形部品や打抜きパンチなど摩耗が早い金型部品には、硬質膜のコーティング処理が多く使われるようになった。しかしコーティング処理は種類が多く、その選定においては膜の硬さ、耐熱温度、密着強度、ピンオンディスクやボールオンディスクによる摩擦・摩耗値程度のデータしかなく、実型(量産型)での損耗との関連が不明瞭である。プレス金型技術者は、この少ない情報を参考にコーティング膜を選び、部品を製作して実型などでテストを行い、自社でのノウハウを構築している。しかし、多くの種類をテストすることは難しく、また定量的な比較が難しいため、最良のものを発見することは大変な作業となる。

そこで、今回この問題を解決するために、寿命改善の取組み事例が良く聞かれるハイテン材(高張力鋼板)を被加工材に用いて、打抜きパンチの耐久性比較を実施したので、その内容を紹介する。

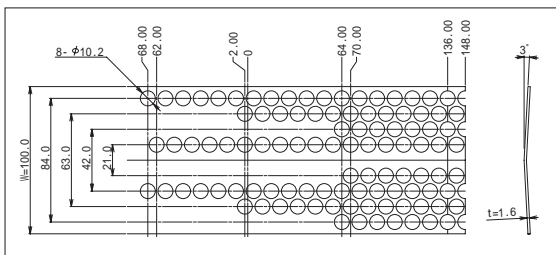


図2 ストリップレイアウト

2. 打抜きテストの概要

テストに使用した金型は図1となり、今回のテストのために専用金型として製作した。テストで評価が可能な試料は8本で、ストリップレイアウトは図2のようになる。被加工材は早期に結果を得るためにハイテン材の780MPaを使用し、打抜き面を3度傾斜させテスト条件を厳しいものにした。また、クリアランスも3% (片側) と小さく設定した。

これらを含めたプレス加工条件は、以下のようになる。

【被加工材】

種類 : ハイテン材 (高張力鋼板)
規格 : SPC780DU
引張強さ : 780MPa
巾×板厚 : 100×1.6

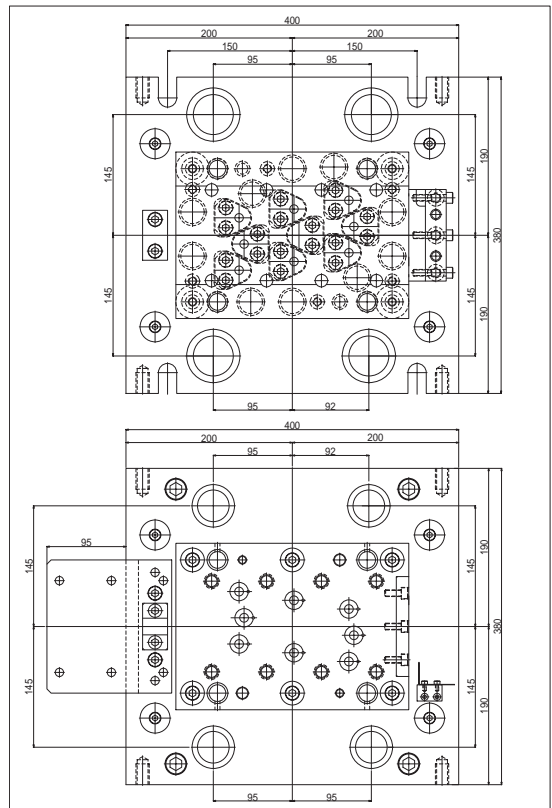


図1 テスト用金型

4. Fコートの特長

表1にあるFコートはパンチ工業が開発した商品で、PVD処理によるTiCNコーティング処理を行う前に、母材を特殊処理により表面改質した複合表面処理によるコーティング膜である(図6)。コーティング膜は、処理をする母材表面の硬さに比例して密着力が高くなる特長があり、特殊処理で表面硬度が高いFコートは、従来品と比較して密着力が大幅に向上している。図7は、特殊処理有無での密着力の差をスクラッチ試験により測定した結果である。また、母材が強化されていることで、衝撃による母材の変形が少なく、硬くて脆いコーティング膜の破損を防止している(図8)。この2つの特長で、コーティング膜が持つ性能が十分に発揮され、ハイトン材を初めとした難加工素材のプレス加工で実績をあげている。

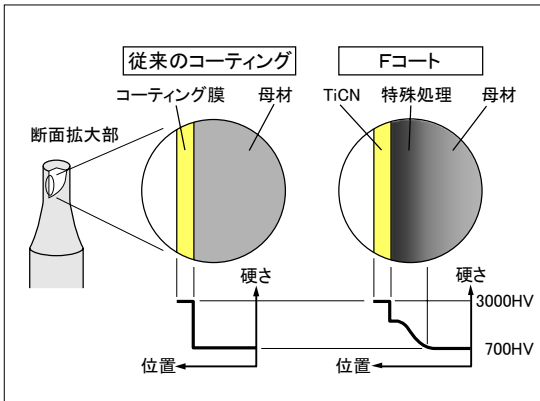


図6 断面比較

■ 試料概要
 サイズ : $\phi 16 \times 60$
 材質 : SKD11相当
 硬度 : 61.4HRC(実測値)
 表面処理 : TiCNコーティング 2個
 ・数量 Fコートタイプ 2個

■ スクラッチ試験機結果

サンプル	TiCN①	TiCN②	Fコート①	Fコート②
剥離荷重[N]	37	34	50	45

■ スクラッチ試験痕

図7 密着力テスト結果

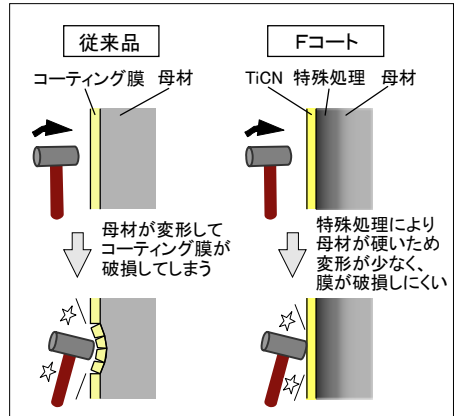


図8 対衝撃性の違い

5. 評価方法

評価は、パンチ刃先の摩耗状態の観察、被加工材の切断面状態の観察と、被加工材に発生したバリの高さを測定した。詳細は以下の通りとなる。

【パンチ摩耗状態】

- 2,000ショット毎にパンチ刃先部を観察。
- 1水準について3方向より撮影(図9参照)。

【切断面状態】

- 1ショット目、及び10,000ショット目の断面状態を観察。一つの穴に対して、3度傾斜している斜面上側と、斜面の下側を撮影(図9参照)。

【バリ高さ】

- 1,000ショット毎にサンプルを採取して測定。測定はスケルトンを採取して行い、ストリップとダイでバリが潰されていない最後に加工した穴を対象として、センサ式ダイヤルゲージで計測。測定は大きなバリが発生している複数箇所(図9参照)に対して行い、データは一番バリの高い数値を記録。

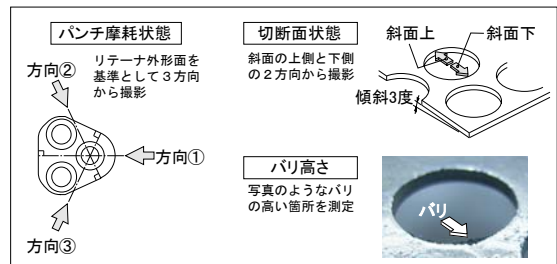


図9 評価方法

6. テスト結果

図10~16にパンチの摩耗状態を写真撮影した結果をまとめる。また、図17~23に切断面の観察結果、図24~30にバリ高さの推移をまとめる。

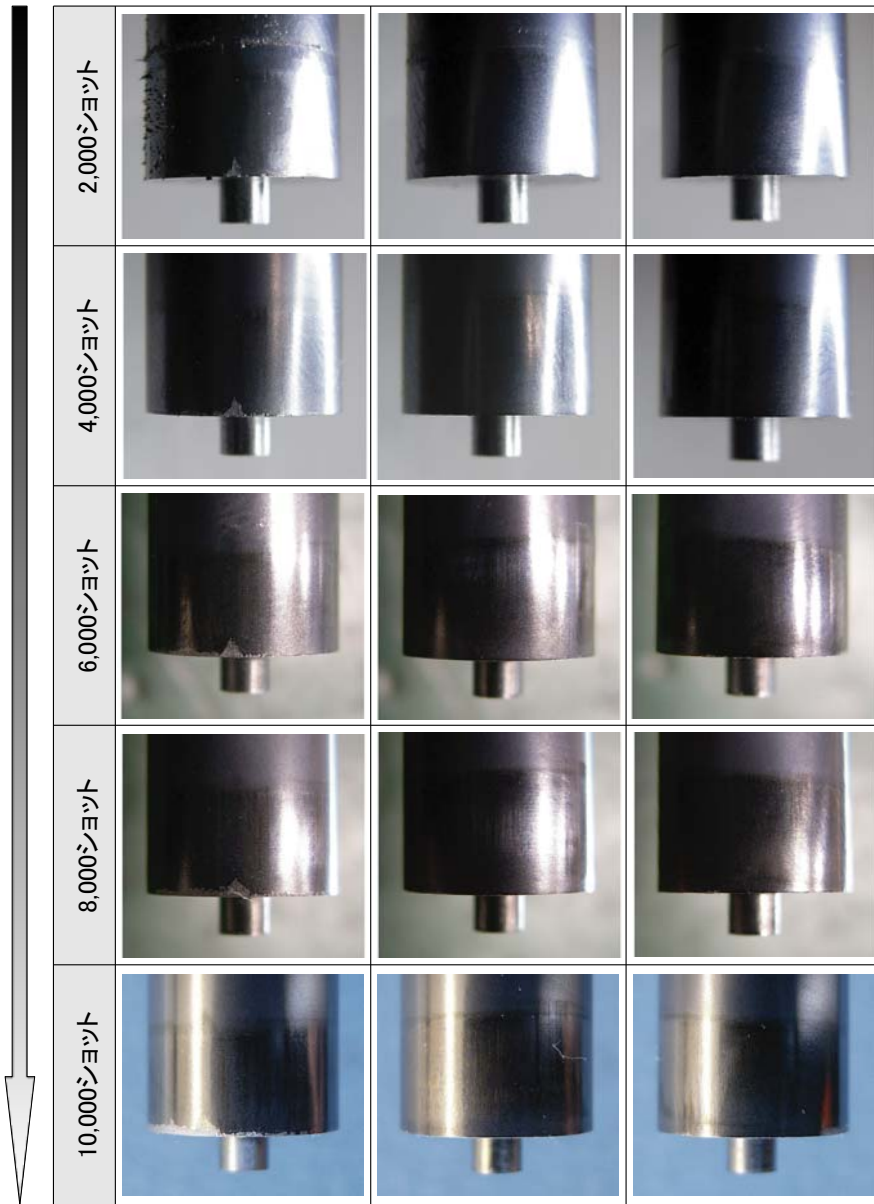


図10 パンチ摩耗状態 試料①(材質:SKD11相当、表面处理:Fコート)

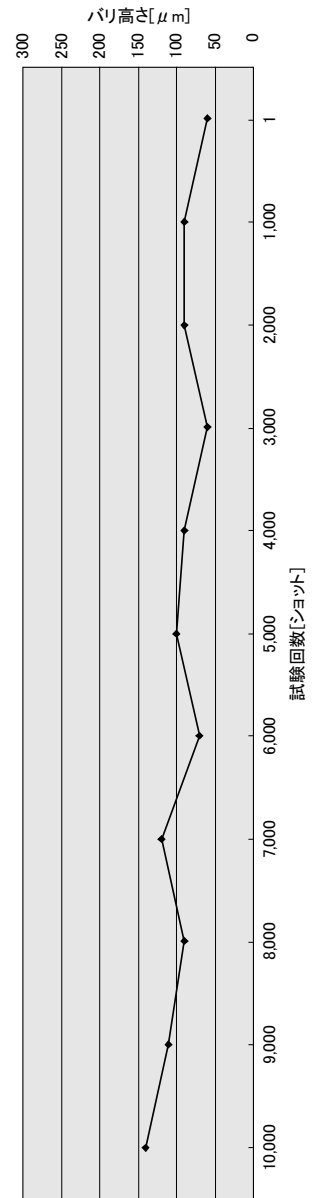


図24 バリ高さ 試料①

(材質:SKD11相当、表面处理:Fコート)

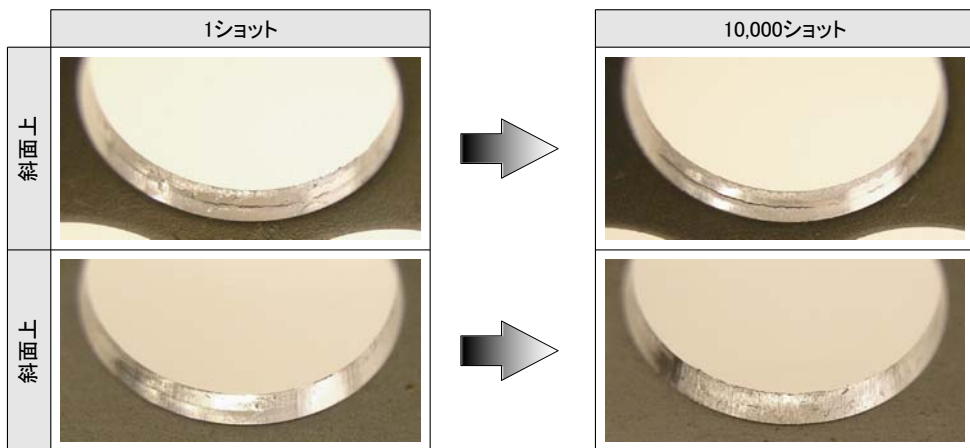


図17 切断面状態 試料①(材質:SKD11相当、表面处理:Fコート)

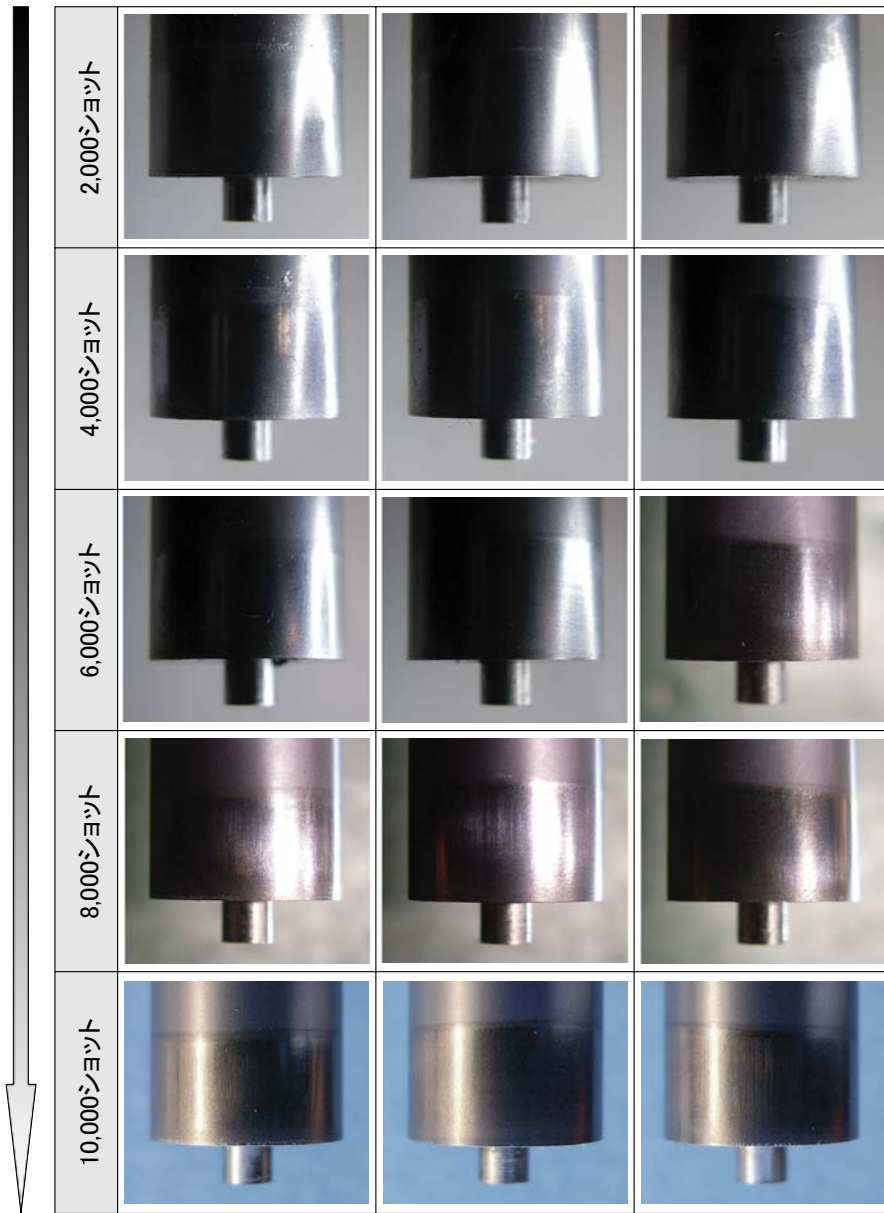


図11 パンチ摩耗状態 試料②(材質:SKH51、表面処理:Fコート)

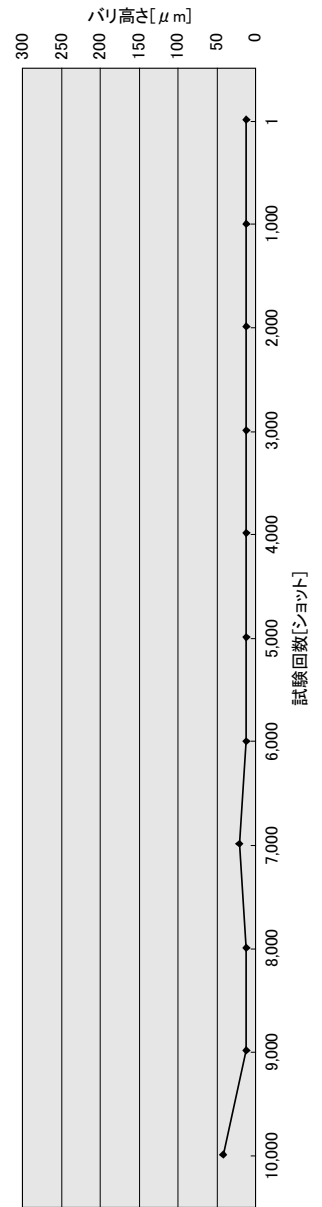


図25 バリ高さ 試料②
(材質:SKH51、表面処理:Fコート)

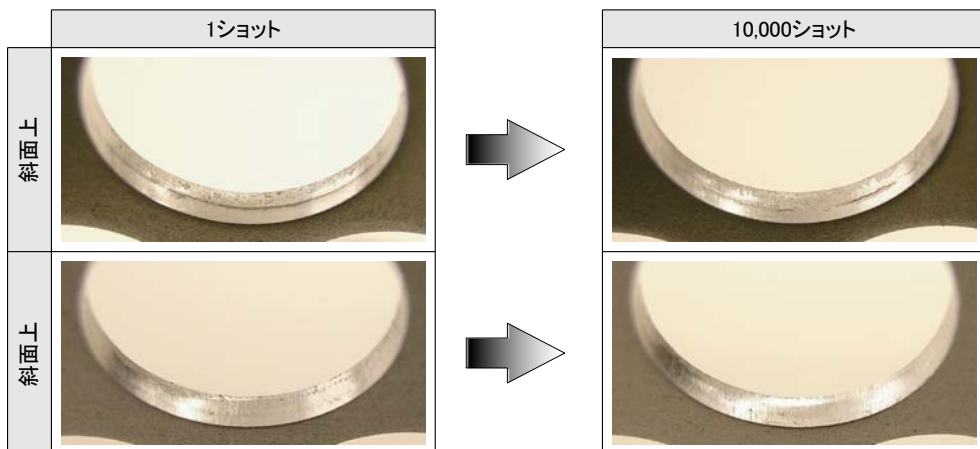


図18 切断面状態 試料②(材質:SKH51、表面処理:Fコート)

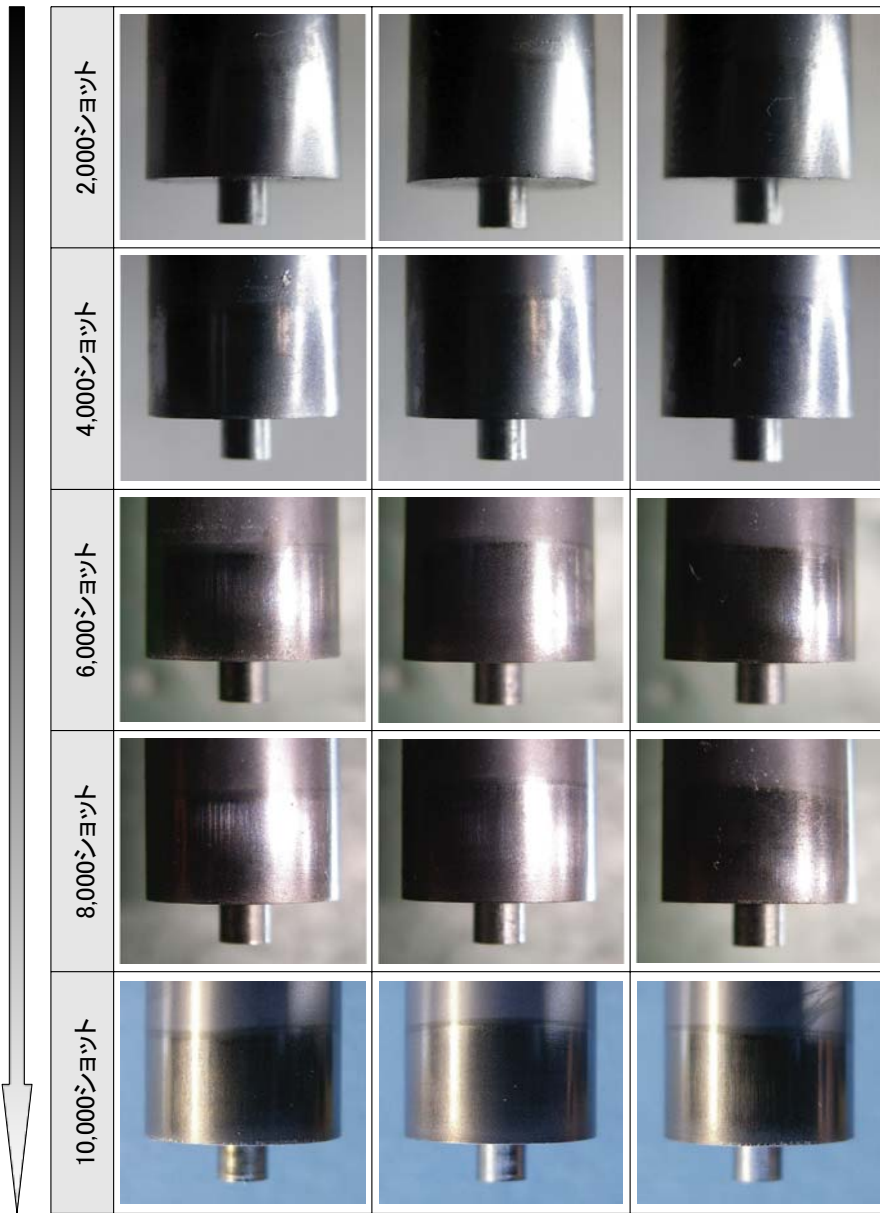


図12 パンチ摩耗状態 試料③(材質:SKH40、表面处理:Fコート)

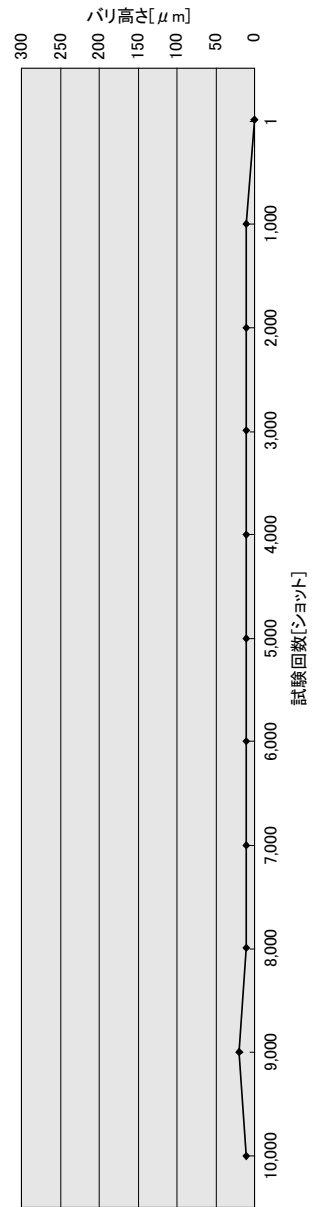


図26 バリ高さ 試料③
(材質:SKH40、表面处理:Fコート)

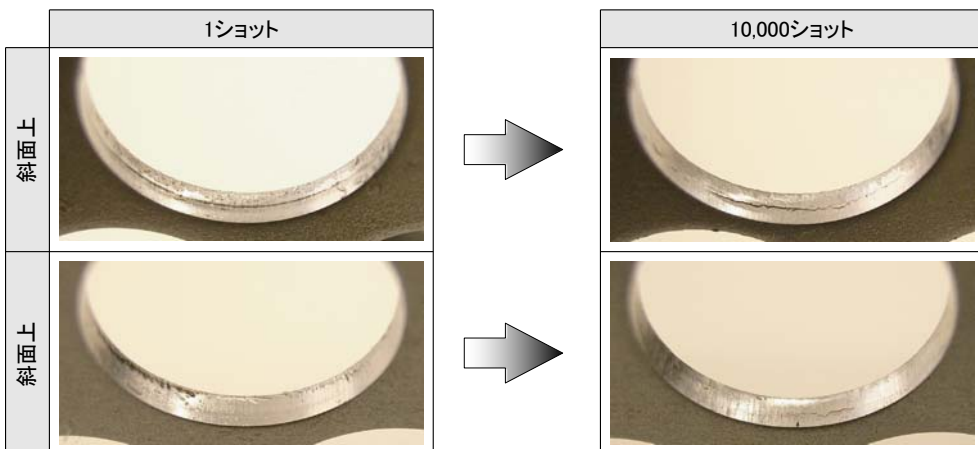


図19 切断面状態 試料③(材質:SKH40、表面处理:Fコート)

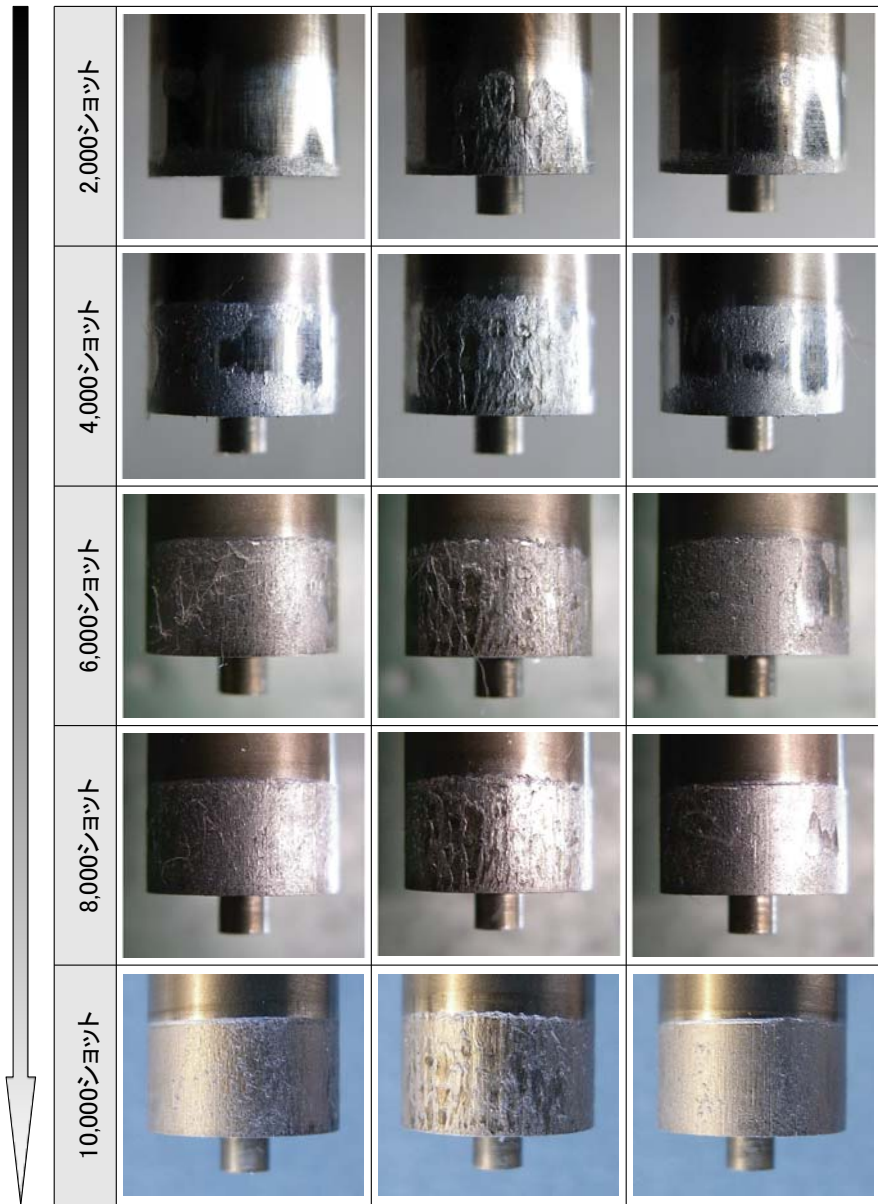


図13 パンチ摩耗状態 試料④(材質:SKD11相当、表面处理:TD処理)

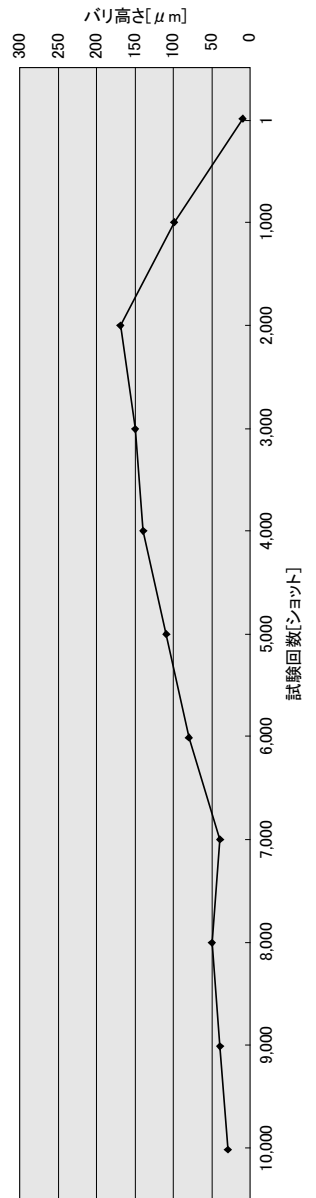


図27 バリ高さ 試料④
(材質:SKD11相当、表面处理:TD処理)

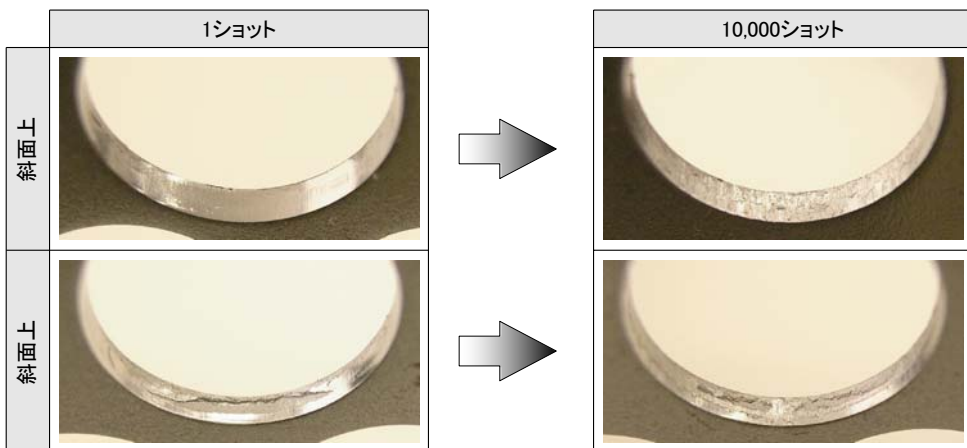


図20 切断面状態 試料④(材質:SKD11相当、表面处理:TD処理)

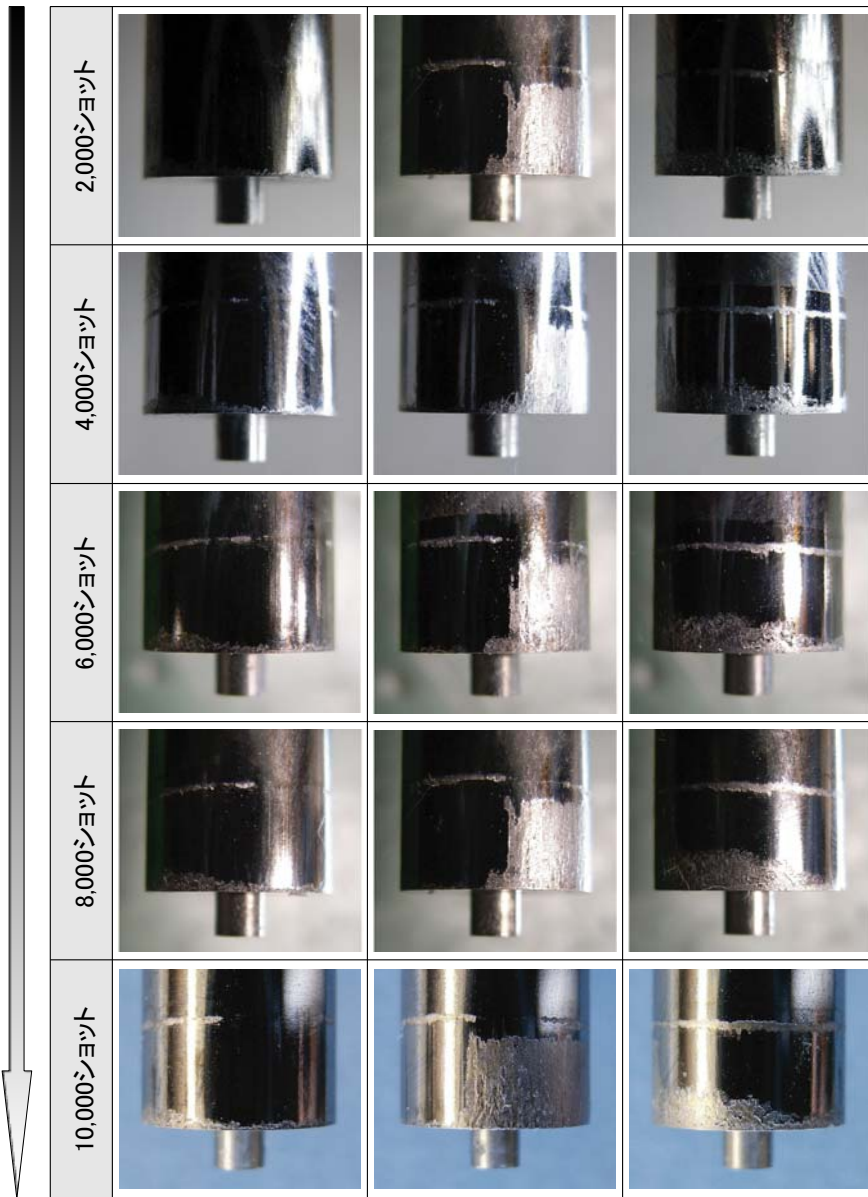


図14 パンチ摩耗状態 試料⑤(材質:SKD11相当、表面处理:TiC処理)

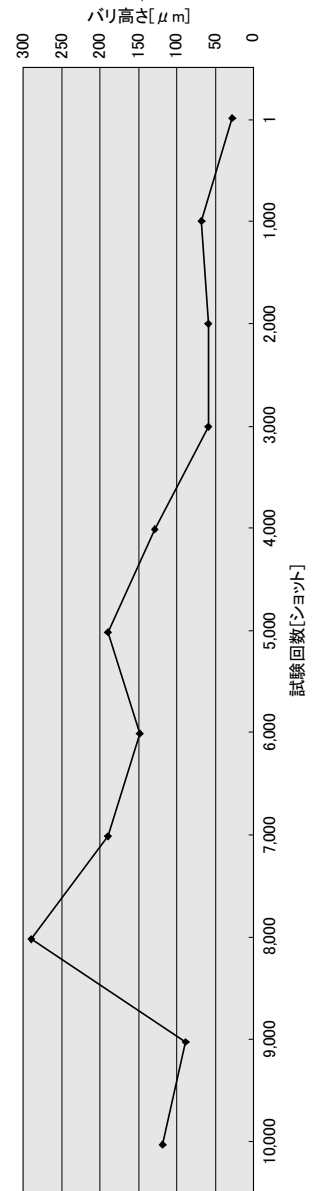


図28 バリ高さ 試料⑤
(材質:SKD11相当、表面处理:TiC処理)

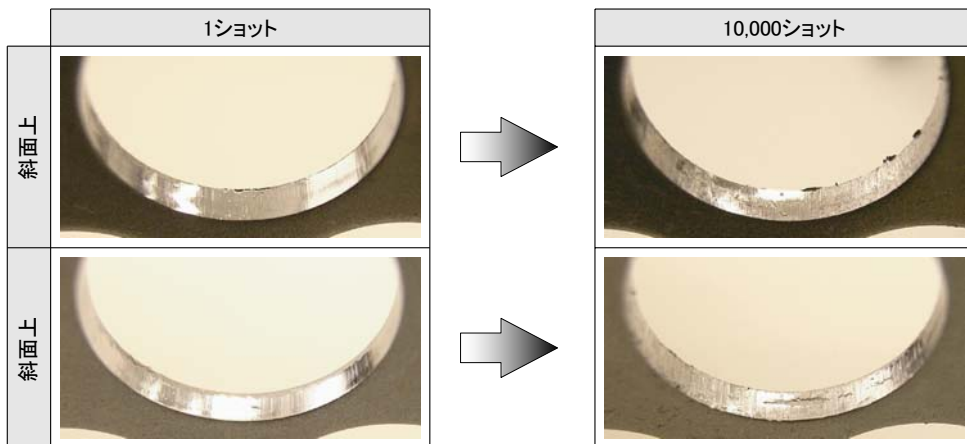


図21 切断面状態 試料⑤(材質:SKD11相当、表面处理:TiC処理)

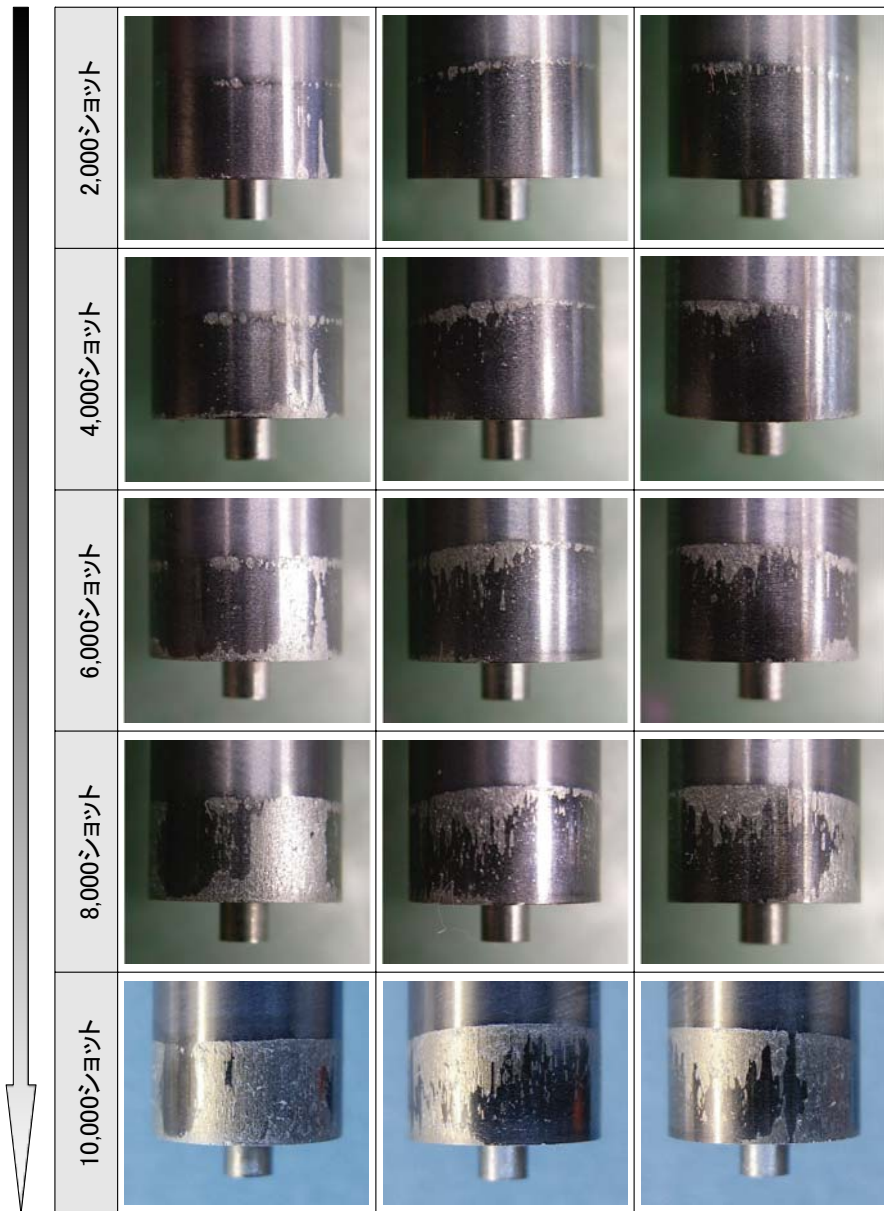


図15 パンチ摩耗状態 試料⑥(材質:SKD11相当、表面处理:WPC+TiCN処理)

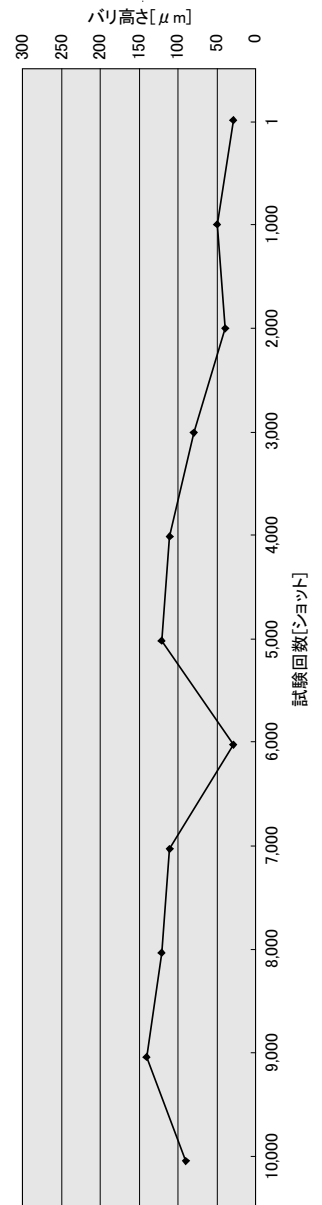


図29 バリ高さ 試料⑥
(材質:SKD11相当、表面处理:WPC+TiCN処理)

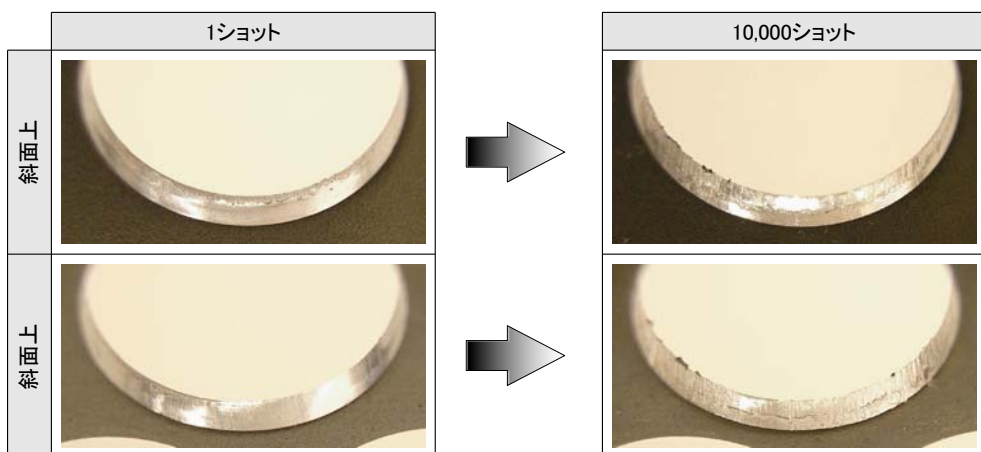


図22 切断面状態 試料⑥(材質:SKD11相当、表面处理:WPC+TiCN処理)

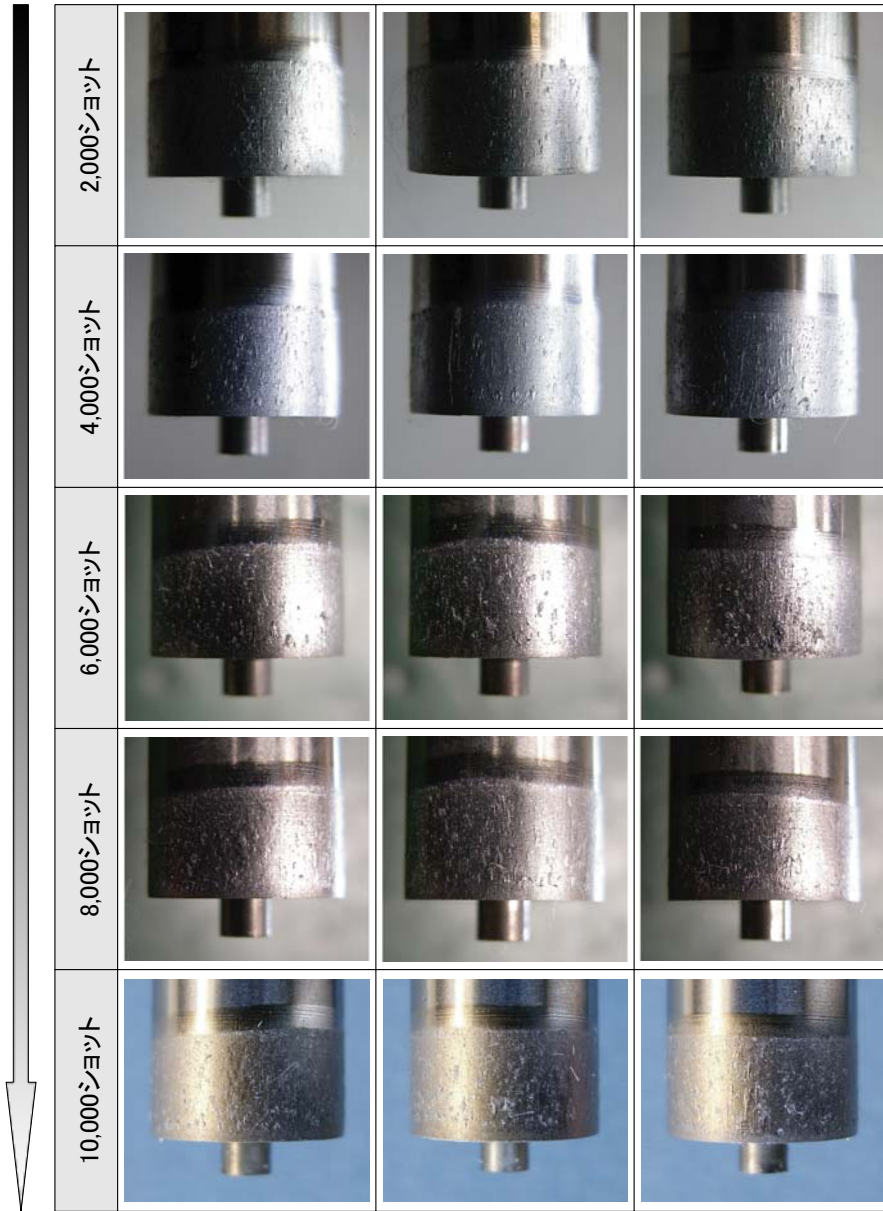


図16 パンチ摩耗状態 試料⑦(材質:SKD11相当、表面处理:無し)

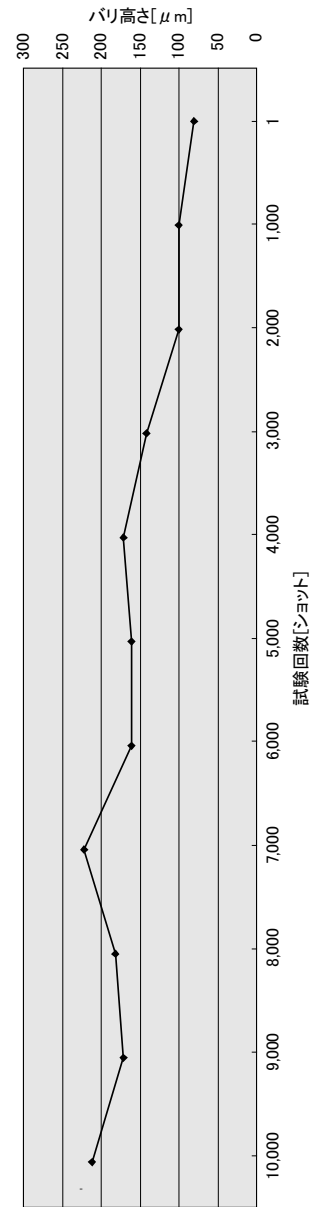


図30 バリ高さ 試料⑦
(材質:SKD11相当、表面处理:無し)

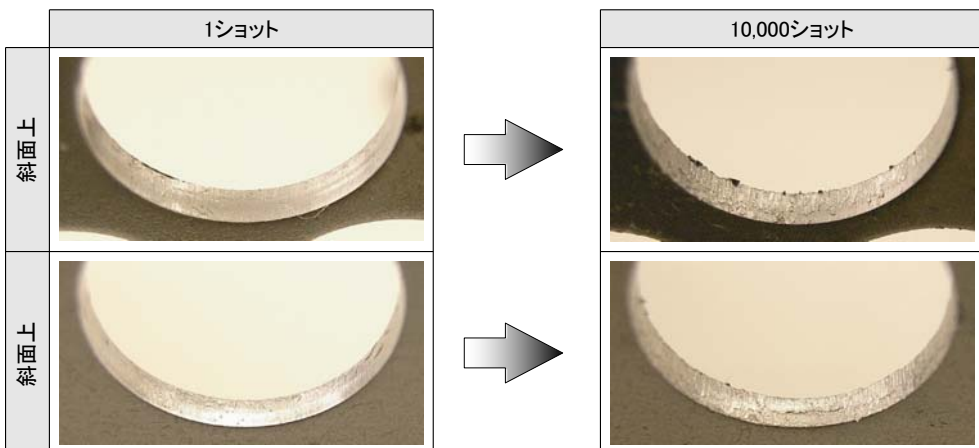


図23 切断面状態 試料⑦(材質:SKD11相当、表面处理:無し)

7. 結果と考察

(1) パンチ摩耗状態

試料①SKD11相当+Fコート(図10)、②SKH51+Fコート(図11)、③SKH40+Fコート(図12)のコーティング膜は剥離がほとんど無かった。他のコーティング膜は2,000ショットから剥離が始まり、試料④SKD11相当+TD処理は全周にわたり剥離が発生した。この差は、密着力と対衝撃性の違いと、想定ではあるが耐凝着性の違いが原因と考えられる。また、試料⑦SKD11相当のコーティング処理無し(図16)では2,000ショットで全体が摩耗しており、このテスト条件ではコーティング膜が必要であることが解る。

今回のテストは、被加工材を3度傾斜させたことで傾斜面の上下端での偏摩耗が想定されたが、実際には斜面上下端ではなくランダムに剥離が発生した。

(2) 切断面状態

図17~23を観察すると、1ショット目の状態は二次せん断が発生しているものの、光沢のあるせん断面が全試料で見られる。しかし10,000ショット後は、コーティング膜の剥離した試料④SKD11相当+TD処理(図20)、⑤SKD11相当+TiC処理(図21)、⑥SKD11相当+WPC+TiCN処理(図22)と、摩耗が進んだ⑦SKD11相当のコーティング処理無し(図23)ではせん断面が曇り、縦筋や擦れた痕が発生した。このような切断面の箇所からは、図31のような切り粉状の粉が発生している。図31は、6,000ショットで金型内を掃除してから8,000ショットまで、計2,000ショット加工した後のダイプレート面の状態で、パンチが摩耗した箇所から大量の切り粉状の粉が発生している。また、コーティング膜の剥離したパンチは、被加工材との擦れで磁気を帯び、2,000ショット後には図32のように粉が大量に付着した。これより、実型においては打痕や変形などの問題が想定されるため、摩耗が少ないコーティング膜の選定が必要と考える。

(3) バリ高さ

試料②SKH51+Fコート(図25)、③SKH40+Fコート(図26)は、コーティング膜の剥離が無いことと比例して、バリがほとんど発生していない。同様に、他の試料ではコーティング膜の剥離とともにバリが高くなっている。

しかし、同じFコートを処理した試料①SKD11相当(図24)は、コーティング膜の剥離はほとんど無いがバリが高くなっていて、バリは刃先部分に発生したチップング部分から発生していた。チップングの発生原因を想定すると、材質の違いによる圧縮強度や疲労強度の差、または炭化物の大きさの違いが考えられる。圧縮強度と疲労強度は一般的に硬さに比例して高くなり、硬さの順番に①SKD11相当よりも②SKH51や③SKH40のほうが大きく、チップングが発生しづらいことが考えられる。また、②SKH51や③SKH40と比較して①SKD11相当は炭化物も大きい。刃先部付近に存在する硬くて脆い大きな炭化物は、打抜き力により脱落しやすく、チップングの原因となる。これらを参考に、プレス加工条件と要求品質、コストパフォーマンスを考慮のうえ材質選定する必要がある。

まとめ

今回のテストでは、実型での現象に近い結果が得られたが、加工条件は実型よりも厳しいものであった。これより、テストでは小さく剛性のある金型やプレス機を使用したがる、実型では金型もプレス機も大きく動的精度を高めることが難しいと考えられ、テストに近い厳しい状態が発生していることが想定される。

今後も、プレス条件はさらに厳しくなることが考えられるため、さらなる寿命改善の研究を行いデータを公開することで、金型技術の発展に貢献していく。

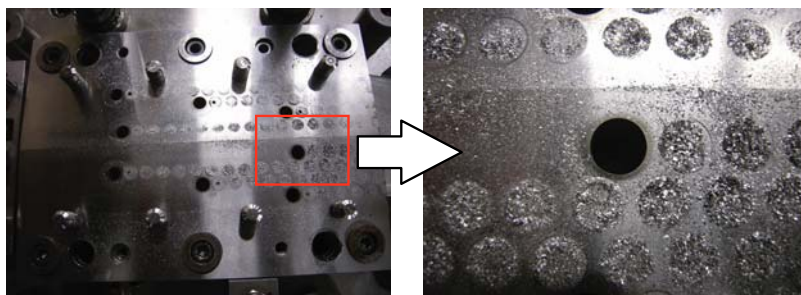


図31 プレス加工後のダイプレート面



図32 プレス加工後のパンチ