

技術資料

Technical Data

高張力鋼板の冷間成形での工具損傷における 工具鋼種類の影響

樋口成起*

Influence of Tool Steel Type on Punch Damage in Cold Press Working of High Tensile Strength Steel Sheets

Shigeki HIGUCHI

Synopsis

Recently, with increased use of high tensile strength steel sheets, interest in the tool life of cold press working is increasing. The cold working of the high tensile strength steel sheet is often carried out with coated tools in order to prevent adhesive wear. The life of the coated tool seems to be influenced by tool steel type.

This time, through the establishment of a piercing test, we evaluated the influence of tool steel type on punch damage in the cold working of high tensile strength steel sheets. As a result, shape change to the punch edge is barely observed when the tool steel hardness is higher than about 800 HV (\approx 64 HRC) and the coarse carbide area ratio is less than 5%. Chipping of the punch edge is likely to occur in structures in which the carbide is aggregated. The coated punch showed a long life with a tool steel hardness of 64 HRC and over. Based on the above results, DRM3 and DEX40 are recommended for the cold working of high tensile strength steel sheets.

1. はじめに

近年、地球温暖化防止の観点から自動車の更なる燃費向上が求められており、車体軽量化のニーズは年々高くなってきている¹⁾。そのニーズ向上に伴い、590 MPa以上の引張強度を有する高張力鋼板の採用は、年々増加しており、その車体への採用率は、一部車両で50%以上に達している^{2), 3)}。また、現在では、冷間加工用1470 MPa級の超高張力鋼板も開発され、更なる高強度化も試みられている。

このような高張力鋼板の採用拡大や更なる高強度化がすすむ一方で、高張力鋼板を加工する金型の寿命向上へ

の関心も高まっている。この高張力鋼板を加工する冷間プレス金型は、かじり抑制を目的に硬質皮膜を成膜してから使用されることが多く、これまでにさまざまな皮膜が開発されている^{4), 5)}。

硬質皮膜を成膜した金型の寿命は、皮膜そのものの耐摩耗性に加え、皮膜の下地となっている工具鋼種類にも影響されると思われる。これは、工具鋼が適性でないと冷間加工時の高い負荷で金型の刃先にあたる部分の形状が変化し、皮膜がこの形状変化に追従できずに剥離するという思想である⁶⁾。このような現象は、高張力鋼板の高強度化が進むとともに顕著になると思われるため、今後は高張力鋼板の冷間加工に適した工具鋼選定が重要と

2017年9月27日 受付

* 大同特殊鋼株式会社技術開発研究所 (Corporate Research & Development Center, Daido Steel Co., Ltd.)

なる。しかしながら、これまでに高張力鋼板の冷間加工における鋼種比較の実績は多くない。そこで今回、高張力鋼板のピアス加工試験を実施し、工具鋼のパンチ損傷への影響を調査した。

2. 実験方法

2. 1 評価水準

Table 1 に評価鋼種を示す。冷間加工で汎用的に用いられる DC11 (JIS SKD11) をベースとして、より高硬度が得られる DC53 (JIS SKD11 改良鋼) や DEX40 (JIS SKH40) などの高速度鋼を用いて硬さ 58 ~ 66 HRC でパンチ損傷への影響を調査した。試験に用いるパンチは、無処理パンチと硬質皮膜パンチの2種類 (各鋼種2本ずつ) を用意し、無処理パンチで刃先形状変化量を、硬質皮膜パンチで皮膜寿命を調査した。なお、硬質皮膜は、高張力鋼板の加工用として推奨しているハイテンスラック (高性能 TiN 皮膜: 大同 DM ソリューション(株)製) を採用した。

Table 1. Tool steel type.

Steel	DC11 (SKD11)	DC53	MH51 (SKH51)	DRM2	DRM3	DEX40 (SKH40)
Hardness (HRC)	59±1	62±1	62±1	63±1	65±1	65±1

2. 2 ピアス加工試験条件

Fig. 1 に冷間ピアス加工試験の模式図を示す。今回の実機試験は、加速試験として短時間でパンチを損傷させるため被加工材を 3° 傾斜させ無潤滑で行った。また、金型のクリアランスは、無処理パンチでは、かじりではなく刃先形状変化を評価するため被加工材板厚の 9% とし、硬質皮膜パンチでは、かじりによる寿命を評価するため被加工材板厚の 3% に設定した。被加工材は、無処理パンチ評価用として 1180 MPa 級高張力鋼板 (板厚 1.6 mm, 冷延鋼板, めっき無し), 硬質皮膜パンチ評価用として 780 MPa 級高張力鋼板 (板厚 1.6 mm, 冷延鋼板, めっき無し) を用いた。なお、試験機はクランク機構プレス (アイダエンジニアリング(株) 1.47 × 10³ KN ハイフレックスプレス) を使い、試験速度は 50 ~ 55 shot per minute に設定した。

試験金型は一度に 8 本のパンチが配置可能である。パンチは Fig. 2 に示す配置で、場所による負荷の差を無くすため、2000 ショットごとにパンチ位置を入れ替え、合計 8000 ショットまで実施した。

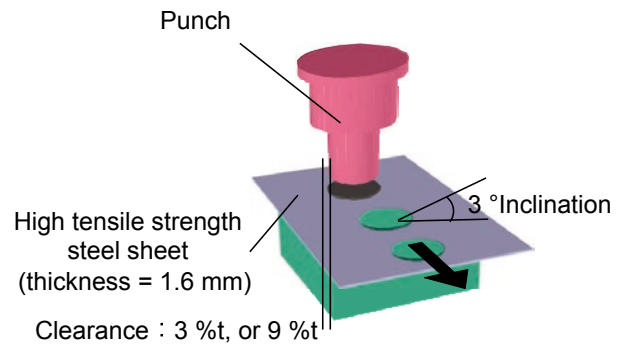


Fig. 1. Schematic diagram of piercing test.

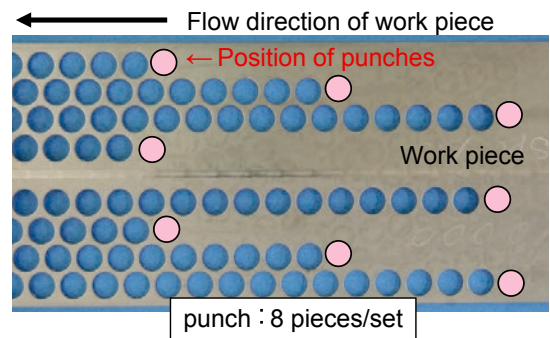


Fig. 2. Position of punches.

2. 3 パンチ損傷評価方法

Fig. 3 に無処理品の刃先形状変化量の測定方法を示す。刃先形状変化量は、One-Shot 3D (VR-3100, ㈱キーエンス製) を用いて基準面からの減耗分で評価した。なお、面粗さによる凹凸の影響を除外するため、基準面から -20 μm 以下の減耗領域を評価した。また、刃先形状変化量と工具鋼硬さや炭化物量との相関を調査するため、パンチ刃先断面のピッカース硬さと炭化物量を測定した。Fig. 4 に炭化物量の測定例を示す。今回は、硬さに寄与しないと考えられる 1 μm 以上の炭化物を調査対象とした。炭化物量は、画像解析・計測ソフトウェア (WinROOF, 三谷商事(株)製) を用いて光学顕微鏡 400 倍での画像 10 視野分の炭化物を抽出し、それらの平均面積率で評価した。

硬質皮膜パンチに関しては、同ショット数でのかじりの程度を外観で比較して耐かじり性の定性評価を行った。また、一般的にパンチにかじりが発生すると製品のせん断面へのかじりの転写やバリが発生し製品 NG となる。そのため、本試験では外観上でかじりが明確に発生したタイミングをパンチ寿命とした。

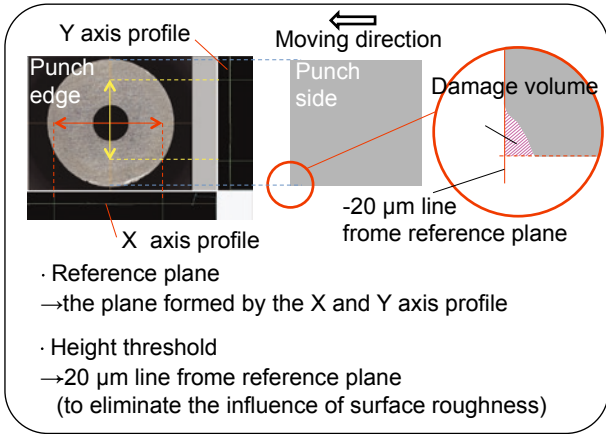


Fig. 3. Punch damage volume evaluation method by One-Shot 3D.

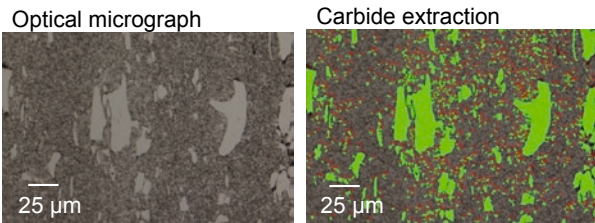


Fig. 4. Example of carbide amount measurement.

3. 試験結果

3. 1 刃先形状変化

Fig. 5, Fig. 6 に無処理パンチの 8000 ショット時の外観および組織を示す。パンチ刃先には、塑性変形に加え一部でチッピングが見られた。比較した工具鋼は、Fig. 6 に示すように組織中に粗大な炭化物が存在するため、冷間加工中に炭化物起点でチッピングが発生し寿命に至ることがある。そのため、本試験では、塑性変形+チッピングを刃先形状変化量として評価した。

Fig. 7 に刃先形状変化量と工具鋼硬さの相関を示す。刃先形状変化量は、工具鋼硬さと相関が見られ、硬さが約 800 HV (64 HRC 相当) 以上でほとんど変化しないことがわかった。また、MH51 のみグラフの相関から外れた。これは、Fig. 6 に示すように MH51 の炭化物分布が他鋼種と異なる凝集形態をとっており、よりチッピングが発生しやすかったためと思われる。Fig. 8 に刃先形状変化部の断面写真を示す。断面写真からも MH51 が他

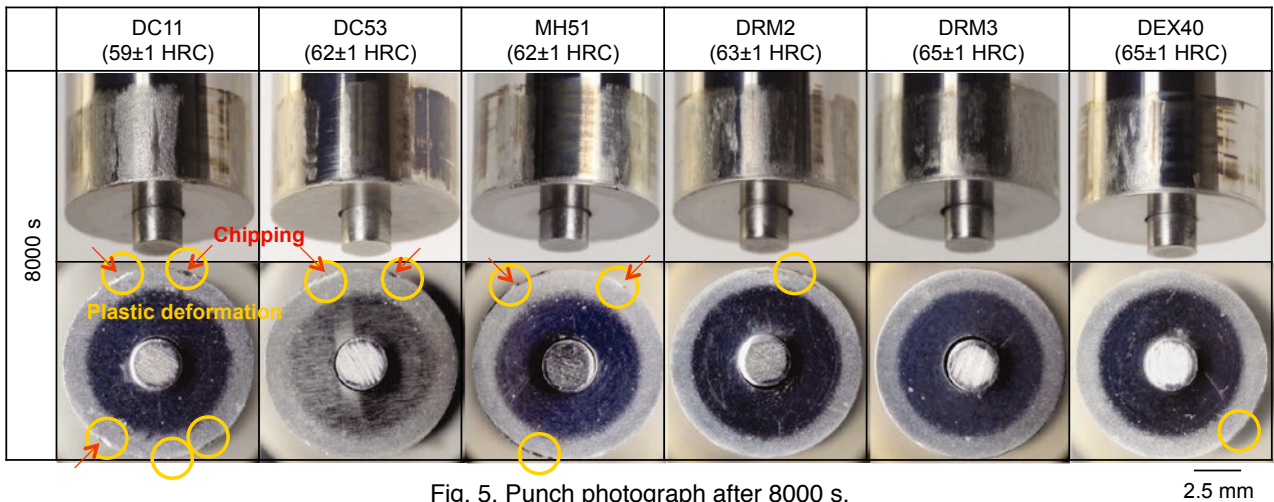


Fig. 5. Punch photograph after 8000 s.

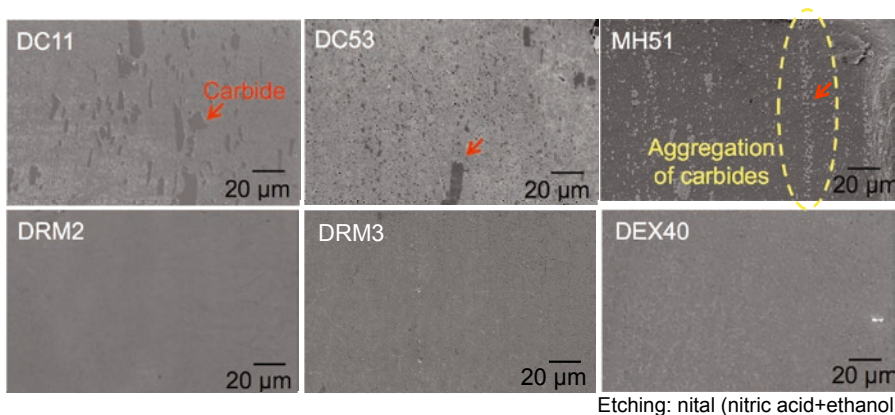


Fig. 6. Carbide distribution state of each tool steel type.

水準と比べて比較的大きなチッピングが発生していることが確認できる。

Fig. 9 にチッピング量に対する炭化物面積率の影響を示す。チッピングがほとんど発生しなかった工具鋼は、炭化物面積率が5%以下である。また、炭化物が凝集した組織を有するMH51は、チッピングが多いが炭化物面積率は小さいことがわかった。この結果より、炭化物面積率に加え炭化物分布形態が均一なことも非常に重要だとわかった。

以上の結果より、高張力鋼板のピアス加工での刃先形状変化を抑制するためには、64 HRC 以上の硬さと炭化物面積率が5%以下で均一に分散している工具鋼を選択することが優位である。(例えば DRM3 や DEX40)

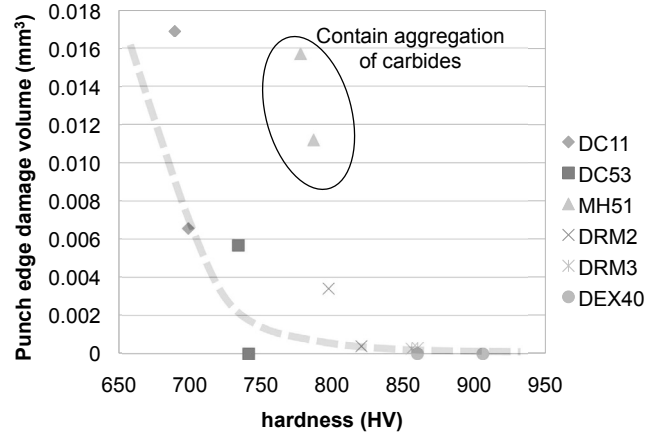


Fig. 7. Influence of tool steel hardness on punch damage.

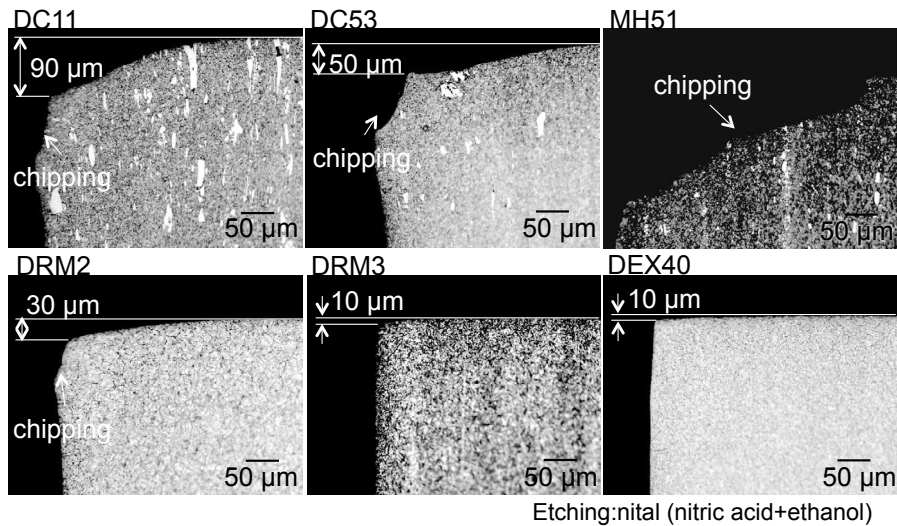


Fig. 8. Optical graph of punch edge.

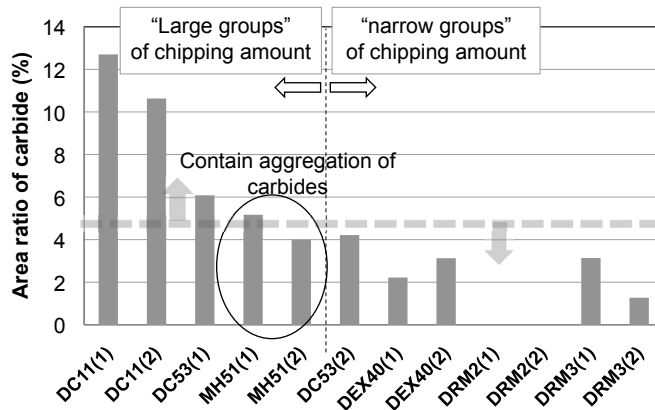


Fig. 9. Influence of carbide area ratio on chipping.

3. 2 皮膜工具寿命

Fig. 10 に硬質皮膜パンチの 2000 ショットごとの外観を示す。矢印で示す部分が皮膜剥離起因でかじりが発生した箇所である。耐かじり性は、DC11 が一番悪く、DEX40 が一番良い結果となった。DC11 は、刃先にかじりが発生した後、早期にかじりが進行しているが、その他水準は比較的かじりの進行が遅い。また、チップングの発生タイミングは、かじりが進行した後である。そのため、本試験での耐かじり性の差は、チップングに影響する炭化物ではなく、塑性変形に影響する工具鋼硬さ違いによるものと思われる。これは、チップングが発生し

やすい MH51 の耐かじり性が工具鋼硬さ見合いであることから推測される。

Fig. 11 にパンチ寿命と工具鋼硬さの相関を示す。パンチ寿命は、工具鋼硬さと相関があり、64 HRC 以上では、全水準 4000 ショット以上を達成した。また、硬さが約 59 HRC の DC11 に対して、高硬度な DRM2、3 や DEX40 は、パンチ寿命が 4 倍以上も改善された。

以上の結果より、高張力鋼板のピアス加工での皮膜パンチ寿命を向上させるためには、64 HRC 以上の硬さを有する工具鋼を選択することが優位である。(例えば DRM3 や DEX40)

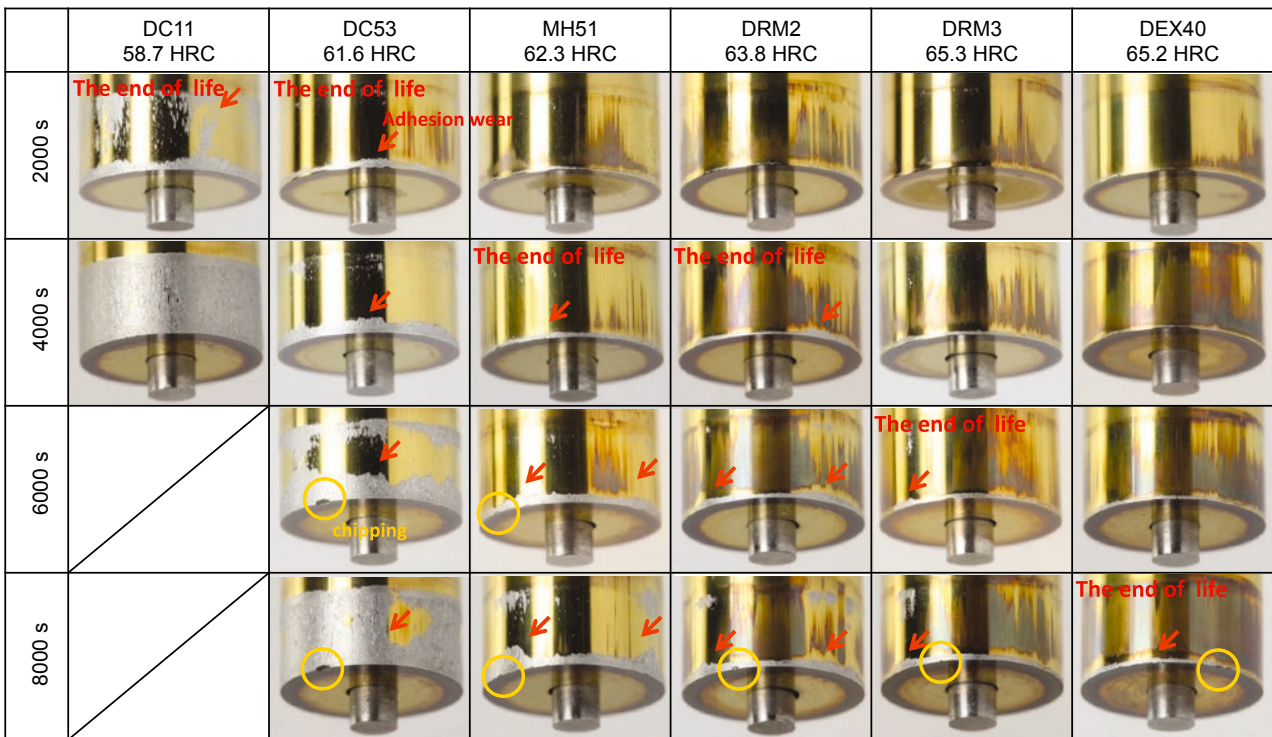


Fig. 10. Punch photograph at each piercing number.

2.5 mm

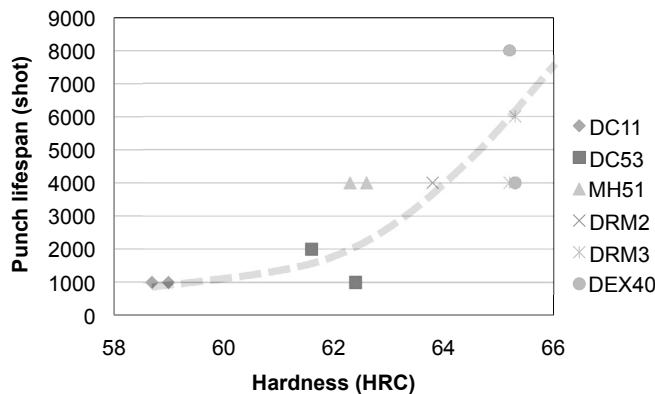


Fig. 11. Influence of tool steel type on punch lifespan.

4. まとめ

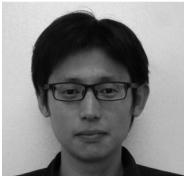
今回、高張力鋼板の実機ピアス加工試験を実施し、パンチ損傷への工具鋼硬さや炭化物の影響を調査した。

- ①パンチ刃先形状変化は、64 HRC以上の硬さと炭化物面積率が5%以下で均一に分散している工具鋼で抑制できる。
- ②硬質皮膜パンチ寿命は、64 HRC以上の硬さを有する工具鋼で向上できる。
- ③本試験では、硬さが約59 HRCのDC11に対して、高硬度なDRM2, 3やDEX40は、硬質皮膜パンチ寿命が4倍以上改善した。

以上の結果より、高張力鋼板のピアス加工では、硬さが64 HRC以上かつ微細な炭化物が均一に分布した組織を有するDRM3やDEX40を推奨する。

(文献)

- 1) 大楠恵美: 型技術, 31(2016), 9, 18.
- 2) 齋藤和也: まてりあ, 53(2014), 12, 584.
- 3) 吉武明英, 池田倫正: 塑性と加工, 52(2011), 606, 12.
- 4) 野坂潤一郎: 素形材, 57(2016), 7, 32.
- 5) 増田哲也, 北川利博: 型技術者会議2013講演論文集, (2013), 100.
- 6) 増田哲也: 特殊鋼, 66(2017), 3, 31.



樋口成起