

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Machining

Vol. **24**B2
March/2012

マシニング事業

■ 新商品・適用事例紹介

「Hyper Shot フォーミングラック」
"Hyper Shot Forming Rack"

〈キーワード〉 転造・平ダイス・長寿命・ショットピーニング
(Hyper Shot フォーミングラック)

精密工具製造所／技術部
木沢 敬生
Takao KIZAWA

要 旨

自動車・産業機械のスプライン部品の加工に広く用いられている加工方法に平ダイス(NACHI商品名:フォーミングラック)による転造加工法がある。スプラインやねじを高能率に加工できること、塑性加工のため切削加工されたワークより強度が20%程度向上するという利点があり、多くの部品加工に用いられている。

近年、部品の高硬度化やセミドライ加工の普及によりフォーミングラックの短寿命が問題となり、寿命向上が求められている。

NACHIは、新表面改質処理を適用した「Hyper Shotフォーミングラック」を開発した。

Hyper Shotフォーミングラックは従来の表面処理であるSN処理(特殊窒化処理)と組み合わせることで、SN処理比2倍以上の長寿命を実現した。

Hyper Shotの特性と加工事例について紹介する。

Abstract

Roll forming with flat dies is a part of the machining and is widely used for the machining of splined parts for automobiles and industrial machine. NACHI has its own product for a flat die called Forming Rack. Using the forming rack, the splines and threads can be roll-formed with high efficiency. Since roll forming improves the work strength by approximately 20 percent compared to cutting because of its being a type of plastic forming, it is used for the machining of many parts.

Recently a short life of a forming rack has become an issue because of parts with higher hardness and popularity of semi-dry roll forming. Improvement on a life of a forming rack is being called for.

NACHI has developed Hyper Shot Forming Rack to which a new shot peening is applied. Hyper Shot Forming Rack is treated with shot peening and conventional surface treatment, SN treatment (Special Nitriding Treatment), doubling its life or longer in comparison to the one only treated with SN. The characteristics of Hyper Shot Forming Rack and roll forming examples are introduced in this article.



1. スプライン転造の加工環境の変化

従来のスプライン転造加工は切削加工と比べて精度(ピッチ精度・歯形精度)が劣るため、転造加工部品の硬度や加工条件を調整して精度向上を図ってきた。加工部品の硬度は160~200HBの転造しやすい範囲のものが主体となり、高硬度部品の転造ではワーク精度・工具寿命が悪化するため、使用が限定されていた。

近年、高硬度部品の転造加工の増加を背景に、フォーミングラックの短寿命が問題となり、長寿命化が要望されてきた。

また、セミドライ転造加工法の開発にともない、対応工具を提供してきたが、セミドライ加工での長寿命化の要望も増加している。

「Hyper Shotフォーミングラック」はこれらの要望に応えるために転造に最適な表面改質処理を開発し、従来のフォーミングラックに対して2倍以上の長寿命を達成した。

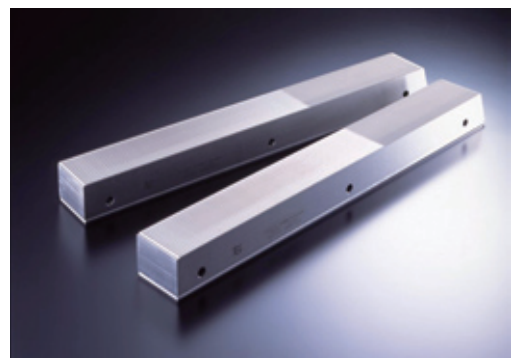


図1 Hyper Shot フォーミングラック

2. スプライン転造工具の損傷形態

スプライン転造用フォーミングラックは図2に示す様に、食付き粗歯・調整歯・仕上げ歯の3種類の機能を持った歯部で構成されている。

食付き粗歯は転造ワークへの食付き性向上のためにサンドブラスト処理が施されており、割れや欠けなどの起点となる微小クラックが発生しやすい状態になっている。また、転造加工の特徴として加工荷重(背分力)は食付き粗歯と調整歯の切り替わり部分が最大荷重となり、歯面には大きな負荷が発生している。図3に転造中の荷重曲線を示す。そのため、フォーミングラックは食付き粗歯の後半部分に最も大きな損傷が生じる。損傷形態を図4に示す。この部位の損傷を抑制することがフォーミングラックの寿命向上に大きく寄与する。

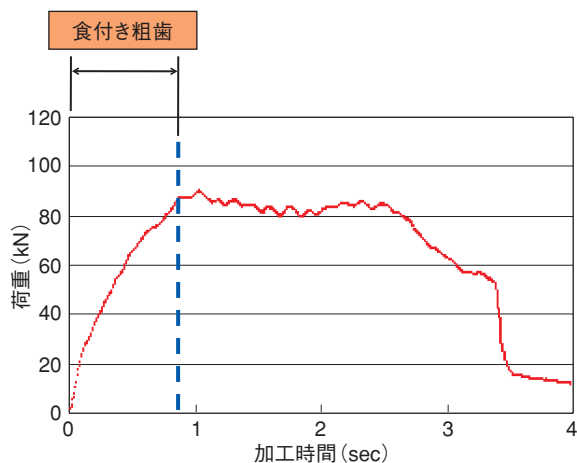


図3 転造時の荷重(背分力)

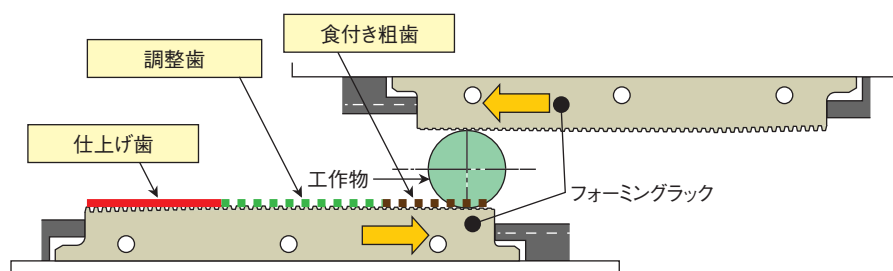


図2 フォーミングラックの概略図

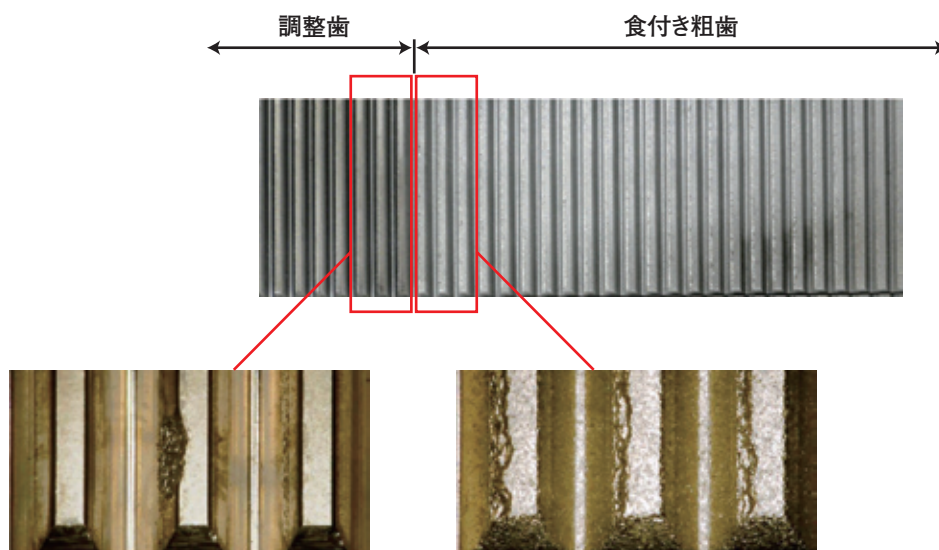


図4 損傷形態

3. 従来の表面処理 (SN処理)

セミドライ対応や高硬度ワーク加工向けとして従来からSN処理を施したフォーミングラックを提供してきた。

SN処理は特殊な窒化処理を行ない、図5に示すように表面硬度を1300HVまで上昇させて耐摩耗性を向上させた表面処理である。

油性・無処理加工品の寿命を100として、セミドライ加工で無処理品を使用した場合、寿命が30～50%低下する。SN処理はセミドライ加工での寿命低下を軽減して、油性・無処理加工と同等の寿命を維持することが可能である。(図6)しかしながら、高硬度ワークのセミドライ加工が増加してきたことにより、更なる寿命向上が要望されてきた。

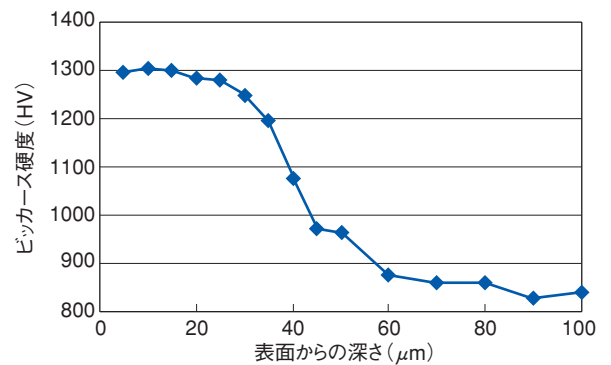


図5 SN処理ラックの表面硬度分布

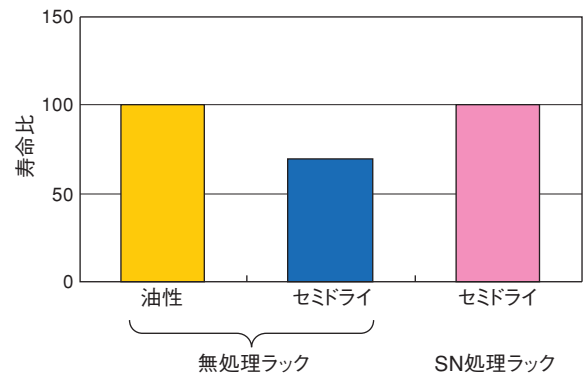


図6 油性とセミドライ加工の寿命

4. Hyper Shotの特性

従来から自動車部品の疲労強度アップのためにショットピーニング処理が広く使用されている。また、一部の加工工具でも寿命向上のためにショットピーニング処理が実施されている。Hyper Shotは転造加工の破壊のメカニズムに合わせて最適化した表面改質処理である。

図7にHyper Shotによる圧縮残留応力を、図8に硬度分布を示す。Hyper Shotによって約1500MPaの圧縮残留応力が付与されている。また、SN処理+Hyper Shotの圧縮残留応力はやや低いが約1200MPaまで上昇した。これはSN処理によって表面硬度が高くなっているため、ショット材との硬度差が小さくなり、ピーニング効果が低下したためである。

工具表面の圧縮残留応力が大きいほど、疲れ強さが向上し、表面き裂の発生・伝播が抑制されて欠けに対する強度が向上することが知られている。フォーミングラックの損傷の多くは欠けによるものであるため、より高い圧縮残留応力を表面に与えることが寿命向上につながると考えられる。

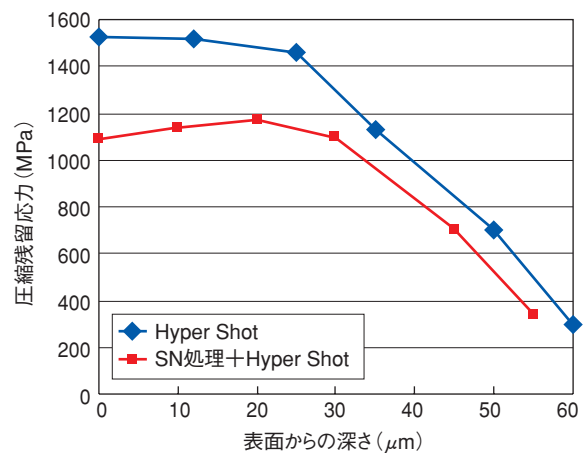


図7 圧縮応力の分布

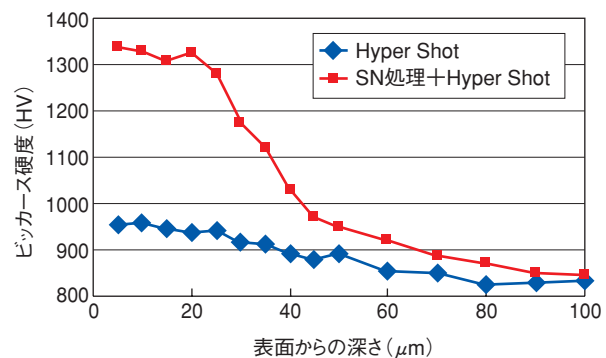


図8 硬度分布

5. Hyper Shotの代用寿命試験（転がり疲れ試験）

Hyper Shotの性能評価のため、図9のような歯溝加工された試験材を用いて転がり疲れ試験を実施した。テストは試験材を回転させて鋼球と歯溝の衝突回数10万回まで行なった。

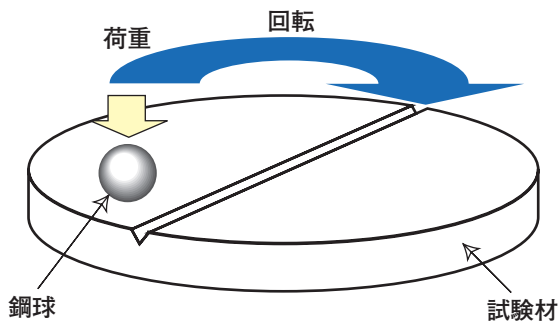


図9 代用試験の概要

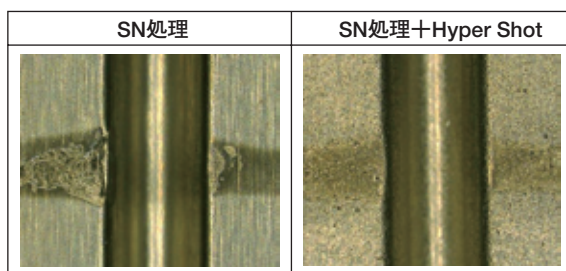


図10 10万回転後の損傷状況

図10に10万回転後の損傷状況写真を、図11に摩耗量の比較を示す。

従来のSN処理のみでは大きな欠けが発生しているが、SN処理+Hyper Shotは欠けが発生せず、摩耗も非常に小さい。摩耗量はSN処理の約1/6である。

これはSN処理による耐摩耗性の向上に加えて、Hyper Shotによる疲れ強さが向上したことで欠けが防止されたためである。

フォーミングラックの損傷の大部分が欠けに起因するため、Hyper Shotはフォーミングラックに最適な処理といえる。

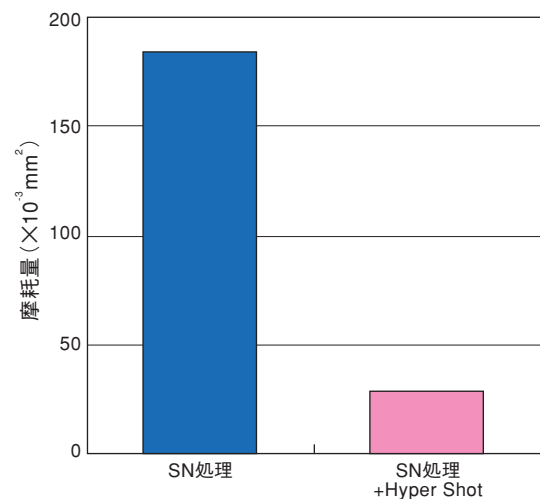


図11 10万回転後の摩耗量の比較

6. ユーザー加工事例

1) SN処理+Hyper Shotの加工事例

図12、13は、SN処理+Hyper Shotフォーミングラックのユーザーでの加工事例を示す。従来のSN処理に対してSN処理+Hyper Shotテスト品は寿命までの加工数が2.5倍に向上した。SN処理と組み合わせることで、大幅な寿命の向上が認められた。

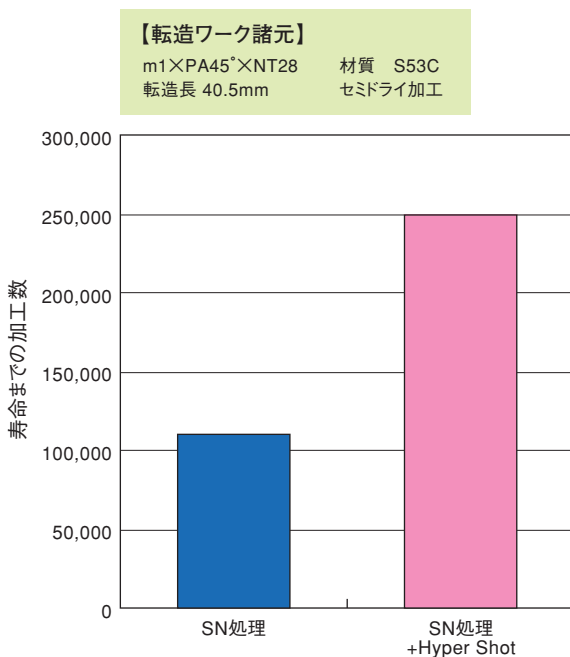


図12 SN処理+Hyper Shotの加工事例

2) Hyper Shotの加工事例

図14はHyper Shotフォーミングラックのユーザーでの加工事例を示す。無処理の従来品に対してHyper Shotテスト品は寿命までの加工数が1.6倍に向上した。Hyper Shotの効果により歯面強度が増加し、寿命の向上が認められた。

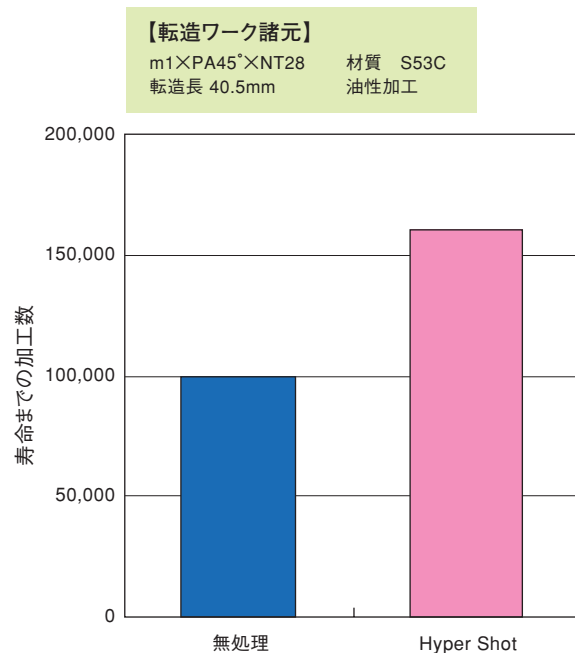


図14 Hyper Shotの加工事例

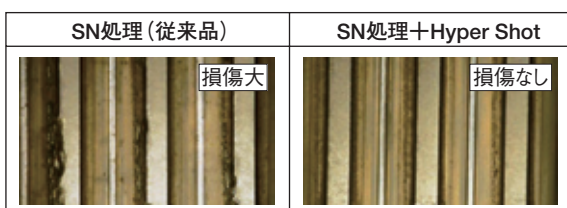


図13 SN処理+Hyper Shot品の5万個加工後の損傷状態

7. フォーミングラックの選定方法

図15に転造ワークの硬度別に最適なフォーミングラックの選定方法を示す。

標準品(無処理)はワーク硬度が230HB以上になると歯欠けが発生しやすく、急激に寿命が低下する傾向にあるため、150～220HBの範囲での使用を推奨する。

Hyper Shotは標準品の寿命向上対策としての使用とワーク硬度260HB以下での使用を推奨する。

SN処理+Hyper Shotは250HB以上の高硬度ワークでの使用を推奨する。また、セミドライ加工ではワーク硬度が低い場合でも、早期歯欠けの発生により短寿命になるため、SN処理+Hyper Shotの使用が必要である。

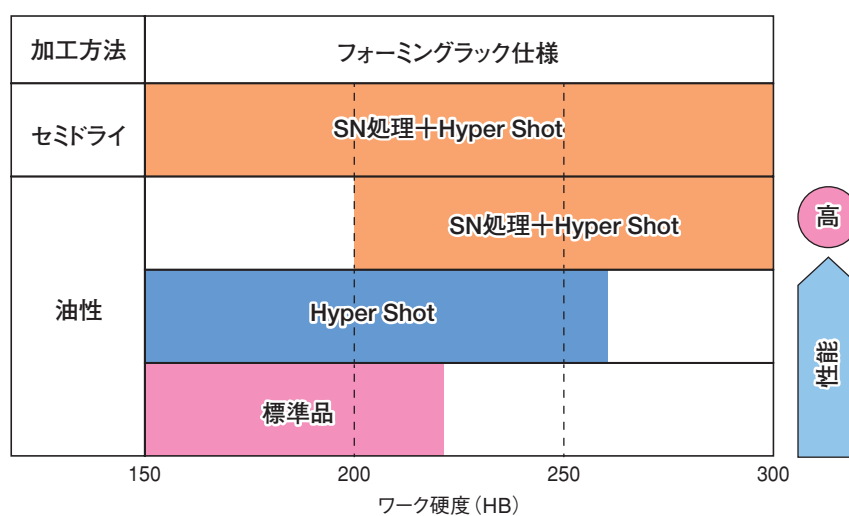


図15 フォーミングラックの選定方法

参考文献

- 1) ショットピーニング技術協会編著：金属疲労とショットピーニング (2004) 13～18.