

高硬さ金属系投射材のご提案

Suggestion of High Hardness Metal-based Abrasive

玉木 賢治* 谷口 隼人* 田沼 直也*
Kenji Tamaki Hayato Taniguchi Naoya Tanuma

Currently in the automobile industry, shot peening treatment has been widely performed after carburizing treatment in order to increase the strength of parts. Recently, due to international demands for reduction of CO₂ emissions, the automobile industry is changing from gas carburizing furnace to vacuum carburizing furnace with less CO₂ emissions. As a result, the surface hardness of the parts to be shot peened reaches approximately HV800. In general, metal abrasives whose hardness is harder than the parts should be used in the peening process, but conventional metal abrasives whose hardness is less than HV700 used for only the gas carburized parts is currently used in a real situation.

Under such circumstances, we have developed a new metal-based abrasive that replaces conventional metal-based abrasives that is insufficient of the hardness. The hardness of this new metal-based abrasive is HV900, and it is possible to give a higher residual compressive stress to the parts compared with the conventional metal abrasives.

KEY WORDS: Abrasives, Shot peening, Carburizing treatment, Conditioned cut wire

1. はじめに

ショットピーニングは、ショットと呼ばれる金属もしくは非金属の直径0.05mm～1mm程度の球形粒子を対象となる金属に高速で衝突させ、生じた塑性変形によって対象物の表面付近において硬さの向上や残留応力の付与といった作用を得る手法である。ショットピーニングにより得られる主要な効果は疲労強度の向上であり、自動車業界では部品の軽量化や耐久性向上を目的として、エンジン部品、トランスミッションギア、スプリングなどの部品に採用され、浸炭処理の後に処理が行われることも多い。

近年、社会的情勢が変化し国際的にCO₂排出量の削減が求められ、自動車業界ではガス浸炭炉からよりCO₂排出量が少ない真空浸炭炉への転換が進められている。その結果、真空浸炭処理された対象物の表面の硬さは約HV800となりガス浸炭処理されたものよりも硬くなっている。

しかしながら、真空浸炭処理後のショットピーニングに用いられるショットはガス浸炭処理の時と同じものが使用されており、その硬さは処理対象物より軟らかくHV700未満である。一般的に

ショットピーニングに用いるショットは対象物よりも硬いことが最適条件の一つであり、現状では最適条件を外れていることもありうる。

以上の状況から、より最適なショットピーニングの条件を提供する為、真空浸炭処理後の表面の硬さHV800を超える高硬さ金属系投射材の開発に着手した。

2. 高硬さショットの開発

2.1 高硬さショットの種類の選択

Fig.1にショットピーニングに用いられる一般的なショットの硬さとサイズの関係を示す。

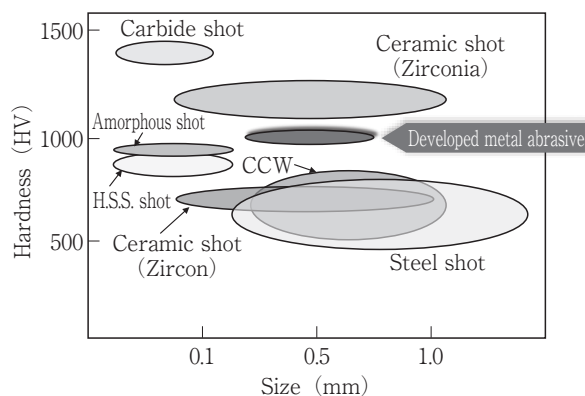


Fig. 1 Distribution of abrasives used for the peening process

*投射材事業部 ショット技術・開発チーム

真空浸炭処理品の表面の硬さは約HV800であり、十分な残留応力を対象物に付与する為には、ショットの硬さはそれよりも硬くする必要がある。超硬ショットとアモルファスショットの硬さは十分であるが、サイズの大きなものは存在していない。また、セラミックスショットは硬さが高く大きなサイズも存在するが、脆性材料であり割れやすく寿命が非常に短い。

一方、スチールショットと丸め処理を行ったカットワイヤ（Conditioned Cut Wire 以下、CCW）は幅広いサイズがあり、寿命も十分あると推測されるが硬さが不十分である。

以上のことから、寿命が長いと考えられる金属系を選択し、その中でも必要なサイズを選択して作製できるCCWの製法をベースとして、硬さがHV900以上の高硬さ金属系投射材（以下、高硬さショット）を開発することとした。

2.2 高硬さショットの製造プロセス

Fig.2に高硬さショットの製造プロセスについて示す。

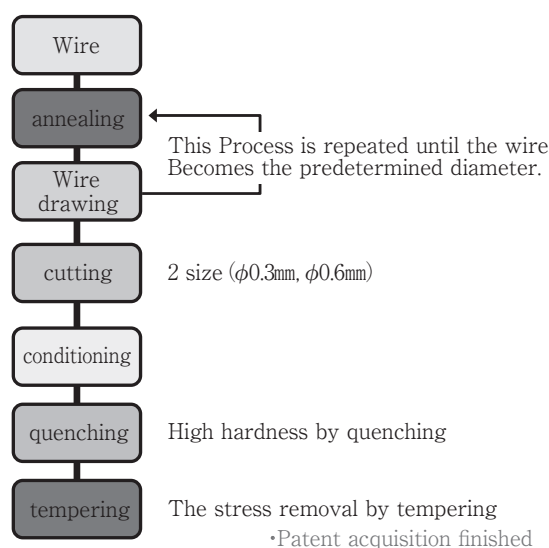


Fig. 2 Manufacturing process

まず、線材を焼鈍し所定の径になるまで線引きし材料のワイヤとする。次に、このワイヤを切断機によって直径と同じ長さ切断し、コンディショニング工程で球状に加工する。その後の熱処理工程で行う焼入れで高い硬さを与え、焼き戻し

により応力を緩和することで靱性の改善を行う。

前記工程により作製された高硬さショットの硬さと形状の一例をTable 1に示す。

Table 1 Observed values of high hardness abrasive

size	φ 0.3mm	φ 0.6mm
Average hardness (HV)	933	924

3. 高硬さショットの評価

本研究における検証は、ショットピーニング処理後の対象物の残留応力の測定結果を用い、高硬さショット（硬さ約HV900）と既存のCCW（硬さ約HV800）の比較により行った。

また、エア噴射式及びインペラー投射式の2種のショットピーニング方式において、どちらにおいても高硬さショットが真空浸炭処理品に有効であるかの確認も行った。

一方コスト面では、既存のCCWを用いたエア噴射式から高硬さショットを用いたインペラー投射式へ変更することは、コスト削減に有効であるかの検討を行った。

3.1 投射対象品と投射材

投射対象となる試験片はJISに規定された代表的な浸炭鋼であるSCM420Hを選択し、真空浸炭処理を施して用いた。試験片はφ25mm×25mmの円形状で、Fig.3に試験片の深さ方向の硬さの分布を示す。

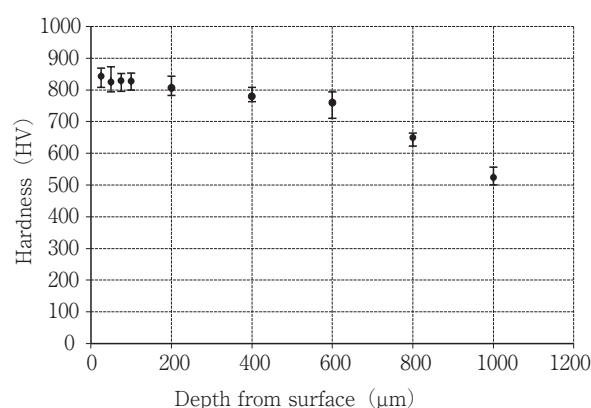


Fig. 3 Hardness distribution of the depth direction of test piece

Fig.3に示すように、試験片の表面硬さは真空浸炭処理によりHV850となっており、ガス浸炭

処理品の一例のHV700より硬くなっている。

ショットピーニング処理に用いるショットは2.2で作製した高硬さショットと既存のCCWを用い、その特性をTable 2に示す。

Table 2 Specifications of abrasives used for testing.

	High hardness abrasive	Existing CCW
Diameter size (mm)	0.6	0.6
Hardness (HV)	917	770

3.1 結果と分析

3.1.1 処理方式の影響

ショットピーニングの処理方法による違いをエアージェット式とインペラー投射式の装置を用いて確認した。確認は対象物に付与された残留応力の差異により行った。

条件はエアージェット式の噴射圧を0.1MPa、

0.3MPa、0.5MPaとし、インペラー投射式の投射速度を40m/s、50m/s、60m/sとした。ショットピーニング後の対象物に付与された残留応力と表面からの深さの関係として、Fig.4にエアージェット式、Fig.5にインペラー投射式の結果を示す。

Fig.4とFig.5から既存のCCWと比較し高硬さショットは、試験片の最表面により高い残留応力を付与できることが判明した。更に、高硬さショットは低い噴射圧領域でもより深くまで残留応力を付与できることが判明した。

またFig.4とFig.5から、既存のCCWを用いたインペラー投射式の結果はエアージェット式の結果と比較して、付与できる最大残留応力が低下する傾向が認められた。しかし、高硬さのショットを使用した場合はそのような傾向は認められなかった。

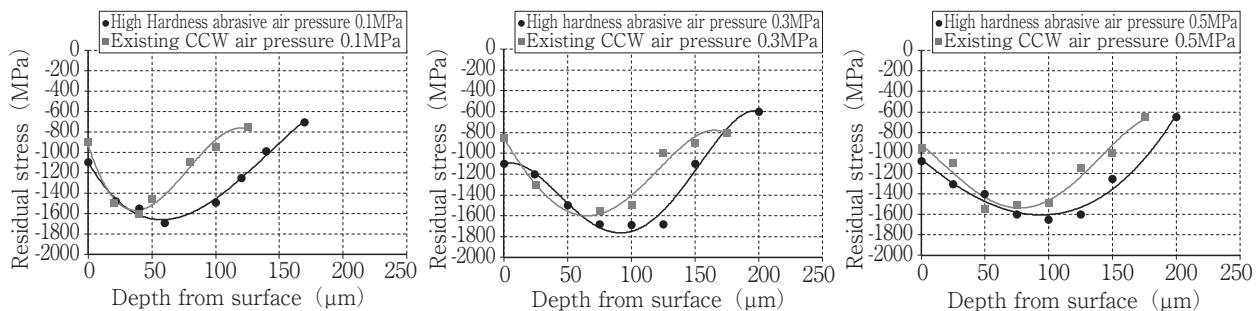


Fig. 4 Residual stress at each depth with air type shot peening

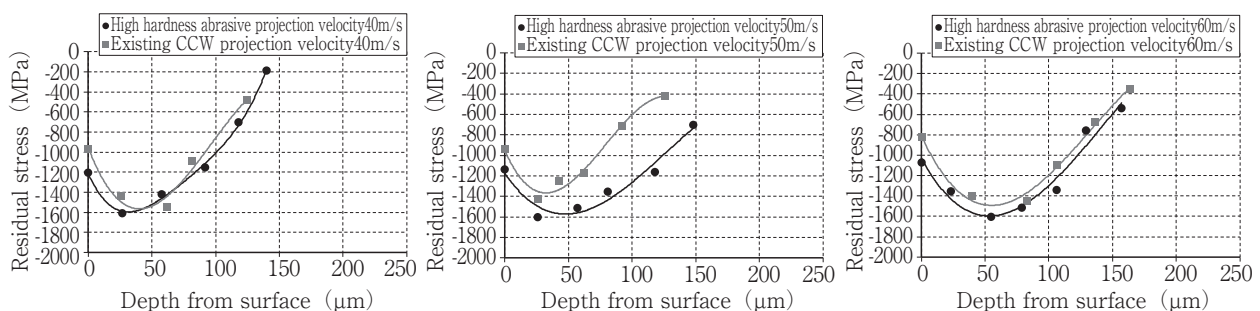


Fig. 5 Residual stress at each depth with wheel type shot peening

3.1.2 処理方式による残留応力の比較

ここでエアージェット式とインペラー投射式のショットピーニングの残留応力曲線を比較した。この関係の一例として、噴射圧0.3MPaで処理した既存のCCWの残留応力と、投射速度60m/sで処理した高硬さショットの残留応力を比較すると

Fig.6のようになり、ほぼ同じ結果が得られることが判明した。

このように、既存のCCWによるエアージェット式ショットピーニングが付与する残留応力は、高硬さショットによるインペラー投射式ショットピーニングによっても同様に付与することが可能である。

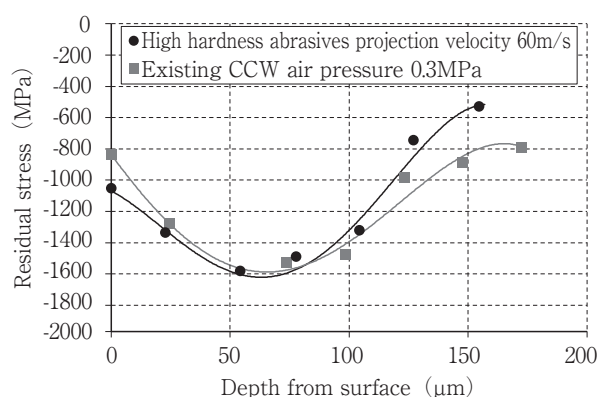


Fig. 6 Residual stress comparison between air type shot peening and wheel type shot peening

3.1.3 インペラー投射式による処理の評価

インペラー投射式のショットピーニングの利点は、ショットを広範囲に投射できる為、エアーク射式と比較し処理可能面積を広くできることにある。したがって、投射範囲内の各点における残留応力を調査し、処理範囲内に付与される残留応力が適正であるか確認を行った。

インペラーによるショットの投射範囲は幅100mm×長さ450mmであり、この範囲内に、3.1で作製したものと同等の試験片をセットし、投射速度60m/sで高硬さショットを投射し、ショットピーニング処理を行った。試験片のセット位置は投射範囲内の中心線であり、投射される中心位置から25mm、75mm、15mm、225mm、300mm、375mm離れた6個の各点とした。

各点の試験片に付与された残留応力の値と、既存のCCWを噴射圧0.3MPaで用いたエアーク射式の値をFig.7に示す。

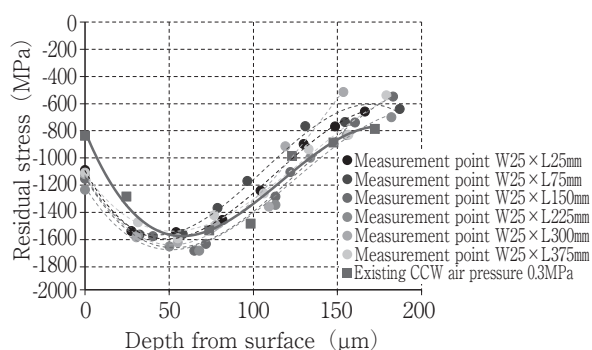


Fig. 7 Residual stress curve at each measurement point

この結果から高硬さショットとインペラー投射式を組み合わせたショットピーニングは、既存

のCCWを用いたエアーク射式のショットピーニングと比較して、検証したすべてのセット位置で同等の残留応力を付与できることが確認できた。

更に検証した投射範囲内で1600MPa以上の高い残留応力を付与することも確認することができ、高硬さショットは真空浸炭部品のショットピーニングに有効であることも確認できた。

以上のことから、高硬さショットとインペラー投射式のショットピーニングを組み合わせることで、処理対象の真空浸炭処理品に対してエアーク射式より広い範囲で高い残留応力を付与できることが確認できた。

3.1.4 ランニングコスト試算

今回検証した、高硬さショットとインペラー投射式の組み合わせによるショットピーニングのランニングコストを、既存のCCWとエアーク射式の組み合わせによるショットピーニングのランニングコストとの比較を行った。

試算及び比較を行った結果、本検証における試験片あたりのランニングコストをFig.8に示す。

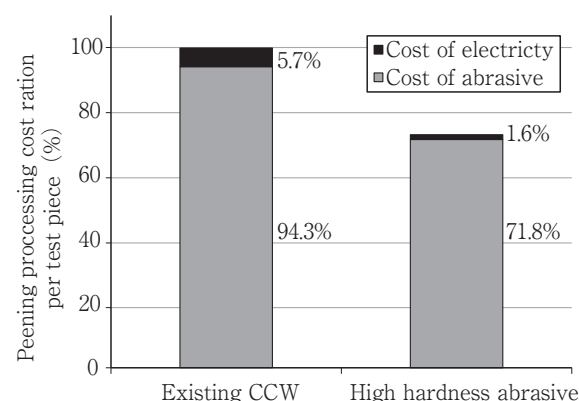


Fig. 8 Estimate of peening processing cost

比較の結果、エアークに関する電気のコストとショットの損耗に関するコストの両方が減少することが判明した。また全体のランニングコストは26%削減できる結果となった。

本試算は今回の検証に用いた試験片について行ったものであるが、実際のショットピーニングの運用についても、ランニングコストの削減につながると推測される。

4. 結論

本研究の結果、高硬さショットは既存のCCWと比較して真空浸炭処理品に対してより高い残留応力を付与できることが明らかとなり、また、エアージェット式及びインペラー投射式両方に対し有効であることが確認できた。

更には、インペラー投射式ショットピーニングに高硬さショットを採用することにより、既存のCCWをエアージェット式ショットピーニングに用いた場合と同等の残留応力を付与できることが確認できた。このことから、より効率良くピーニング処理が実施できることが見出され、ランニングコストの低減に繋がることが期待できる。