（第三種郵便物認可）

エアーブラスト処理の応用

表面処理はモノづくりで重要な役割果たす

技術のプラザ

あいち産業科学技術総合センター
産業技術センター金属材料室

鉄鋼は橋、ビル、自動車、家電製品などありとあらゆるものに使用されており、私たちの生活を支える最も重要な材料のひとつとなっている。ここまで広く鉄鋼が用いられているのは、用途に応じて多種多様な合金が開発されてきたことや、熱処理や表面処理により性能を変化させることができるためである。中でも表面処理とは、材料全体ではなく、表面に着目し、硬さ、耐摩耗性、防錆性などを向上させることを意味し、製品の性能を決定する要素の一つとなっている。ここでは、表面処理のひとつの手法であるブラスト処理の概要と窒化処理におけるエアーブラスト処理の応用を紹介する。

第1テーマ　ブラスト処理で表面を改質

ブラスト処理とは、金属材料の表面に硬い粒子（投射材と呼ばれる）を高速で衝突させる表面処理のことで、投射材に砂を用いたサンドブラストや、鋼球を用いたショットブラストがあり、鋳造後の製品のバリ取り、表面清浄、熱処理後の黒皮除去などに用いられている。

投射材は、上記のほかに、ガラス、セラミックスなどいろいろな材料が用いられており、そのサイズや形状もさまざまである。ブラスト処理はこのほかにも、塗装剥離や、材料の研磨など表面処理に広く用いられている。

ブラスト処理後の材料表面には、投射材が衝突したことによる小さい凹凸ができるため、塗装のノリがよくなるなどの副次的な効果も期待できる。

耐摩耗性、防錆性を向上

ショットピーニングで効果促進

材料の表面に凹凸ができることは、金属の表面付近が塑性変形していることを意味し、この塑性変形により材料の表面の性質が変化する。このように材料表面の性質変化による性能向上を目的として行う処理をショットピーニングと呼んでいる。

ショットピーニングの効果として最も期待されているものの一つが圧縮残留応力の付与である。これにより、材料の疲労強度の向上や、応力腐食割れの防止効果が得られることが知られており、自動車部品や圧力容器などで広く利用されている。

この効果の程度は、投射材のサイズや硬度に大きく影響を受ける。特に微粒子を用いることにより、表面近傍に圧縮残留応力を付与することができ、さらなる性能向上が望めるため、微粒子ピーニングとして実用化されている。

この他に表面への凹凸の付与により油溜まりが構成され潤滑性能が向上することや、結晶の微細化による表面硬度が向上することで、耐摩耗性向上の効果が期待できる。

次段では具体的な例として、ガス軟窒化の前処理としてショットピーニングを用いた例を紹介する。

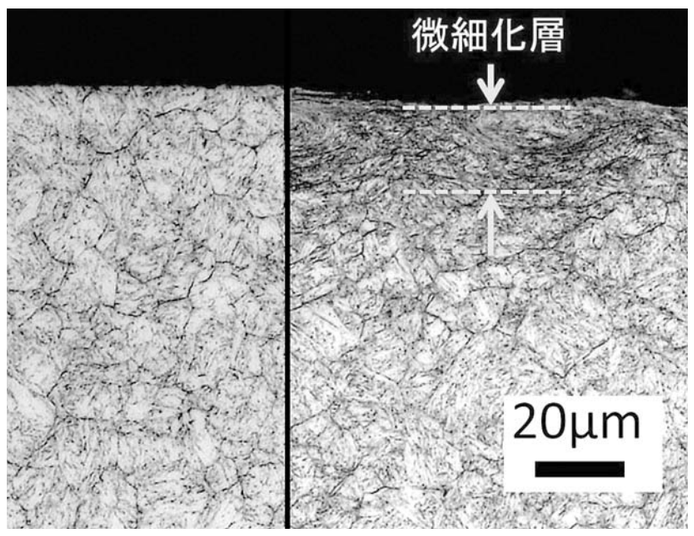

図1　ショットピーニング前後の断面組織写真（左：ショットピーニング前　右：同後）

第2テーマ　金型表面の性能向上に貢献　窒化処理の前処理としてショットピーニングを応用

窒化処理は表面焼入れよりも寸法変化が小さいことが特徴で、金型の表面硬化などに用いられる。窒化処理とは、金属表面に窒素原子を侵入させ、表面の硬さなどの性能を向上させる表面処理である。ガス軟窒化、プラズマ窒化、塩浴窒化など窒素原子の侵入の方法が違う複数の方法が実用化されている。ここでは、金型材料であるSKD61（焼入焼戻し約500HV）をガス軟窒化で表面硬化した際、その前処理としてショットピーニングにより材料表面を改質した例を示す。

はじめに、SKD61の表面にスチールビーズを投射してショットピーニングをした。処理前後の断面組織写真（結晶の状態を見ることができる）を図1に示す。処理後は、表面付近20マイクロメートル（1マイクロメートルは千分の1ミリ）が黒っぽくなっている。これは粒界（結晶間士の境界で写真には黒い線で現れている）が増加しているためで、ショットピーニングにより表面が塑性変形する際に、結晶が細かく崩された様子が見てとれる。ショットピーニング後の材料の残留応力を測定すると、表面から200マイクロメートル付近まで圧縮残留応力が観察され、表面付近で800MPa程度、50～100マイクロメートルの深さで最大になり1千MPa程度の圧縮残留応力となった。最も影響を受けるはずの最表面より少し内側に、最も大きな残留応力が付与されるところは興味深い。これは、最表面が塑性変形し、残留応力が開放されたためと考えられる。

次に、ショットピーニング前後の試料にガス軟窒化処理を行った。ガス軟窒化処理後の断面組織写真を図2に示す。ショットピーニングをした試料（右側）の最表面の白いところが化合物層、その下約60マイクロメートルが拡散層である。一方、表面が鏡面のショットピーニングなし（左側）の試料は化合物層、拡散層ともに確認できず、窒化が成功していないことがわかる。

ショットピーニングにより表面が荒れて表面積が増加し、窒素原子が侵入できる面積が増加したことや、最表面の結晶が微細化したことにより、結晶内部に比べ反応性が高い粒界が増えたことが、窒化に影響を与えていると考えられる。表面から200マイクロメートルまでの硬さ分布を調べると、ショットピーニングしたものは70マイクロメートル付近まで硬化されていることが分かり、硬さの面からも窒化の効果が確認できた。

このようにショットピーニングはガス軟窒化処理における窒化を促進する効果があると考えられる。実際には投射材の種類、粒径、吹付圧力等により、効果は大きく変化するため、より詳細な調査が必要となる。あいち産業科学技術総合センター産業技術センターでは、断面顕微鏡観察、残留応力測定、硬さ分布の測定など、表面処理に関する種々の評価機器を保有しており、県内企業の技術支援に力を入れている。

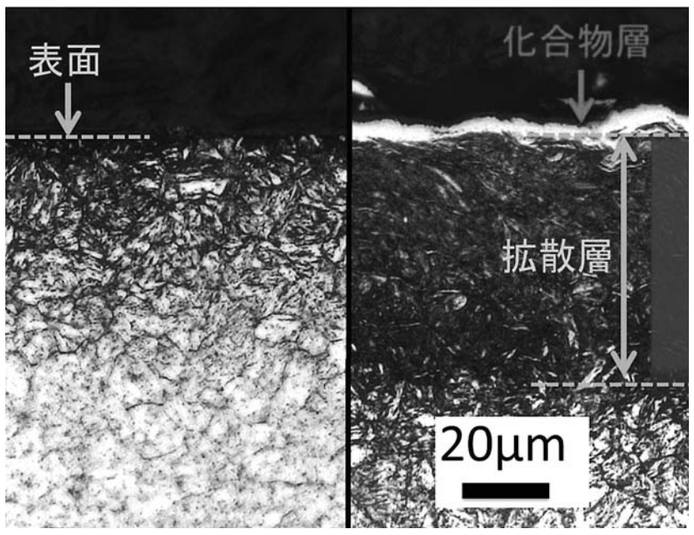

図2　ガス軟窒化後の断面組織写真（左：ショットピーニングなし　右：ショットピーニングあり）

わが社の技術開発

不二機販

微粒子ピーニング技術の総本山

金型の表面改質、樹脂成形最適化

宮坂四志男社長

当社はショットピーニング装置の販売商社として発足したが、さらなる付加価値創出のため、表面処理技術の開発に着手。1978年に微粒子による精密ショットピーニング「WPC処理」「PIP処理」を開発してから今日に至るまで、さまざまな製法特許を取得。メード・イン・ジャパンブランドの発展に貢献すべく150社以上の国内企業にライセンスを提供してきた。

大手自動車メーカーや工作機械メーカーを中心に取引を重ねてきたが、近年では技術の性質上、食品業界や医療業界にも裾野を広げ、実績を積み重ねている。

地球規模での気候変動問題を解決するためさまざまな業界で「小型化」「軽量化」の新しいニーズが生まれている。自動車の重量を1キログラム減らすと、少なくとも20キログラムの二酸化炭素排出量の削減が期待できるという調査結果も出ており、世界の自動車用プラスチック市場は2021年～2027年の間に5・57%以上の健全な成長率で伸びると予想されている。

実際に自動車業界などで使用材料が金属から樹脂へと切り替わっている光景はたびたび目にしてきた。しかし、強度や耐熱性の問題から各種フィラーの高配合品が増えるにつれて、摩耗、腐食、離型不良などの問題が、金型側に起きて不良品が多く発生している。

不良品率の上昇はコスト増に直結するため、これらの問題を改善する目的で樹脂成形における微粒子ショットピーニング技術の開発に至った。

ショットピーニングという安価な設備で大きな効果を出すことが評価され、20年開催の名古屋市工業技術グランプリにおいて、「名古屋市工業研究所長賞」、21年開催の愛知県発明協会において「愛知発明賞」という栄誉ある二つの賞をいただいている。

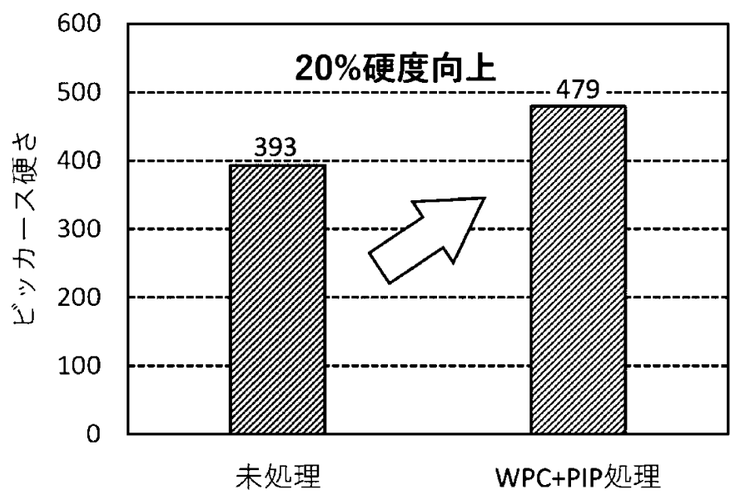

図1

摩耗性の向上については、弊社にとってこれまでの知見を存分に生かせる領域であった。

冷間工具鋼の1種であるSKD11材の場合、弊社技術によって45%程度の表面硬度向上が可能なため、プラスチック金型用鋼でもその技術が生かせると考えたのだ。

実際に処理前後で比較をしてみると393HVから479HVと約20%の硬度向上が確認できた。（図1）

およそその場合は弊社技術のみでの改善が多いものの、対象部材によってはさらなる表面硬度が必要となる場合がある。その際はPVDコーティングやめっきなどの一般的な表面処理を実施いただくことで、下地として密着力を向上させることも可能となる。

次に耐食性の向上についてだが、もともと別の用途にて使用していた金属チタン微粒子を用いることで大きな効果を得ることに成功した。金属チタン微粒子を投射し、衝突時の瞬間的なエネルギーを利用して、表面に酸化チタンの薄膜を形成することが可能となり、電子回析法により解析した結果、ルチル型、アナターゼ型、ブルカイト型のいずれの結晶構造も有していることが判明した。

また、表面から内部に入るにつれて酸素が欠乏気味となる酸素欠乏傾斜構造も有しており、これらの効果により高い耐食性、防汚性を発揮する事が可能となった。（図2）

また、処理の際に形成される細かな凹凸により接触面積を減らし、離型性や流動性を向上させることも可能となる。ここで重要なことは、樹脂の硬度や成形条件によって面粗度の最適解が異なる点だ。弊社は度重なるテストにおいて、ある程度のノウハウを確立したと自負している。

名称こそ「WPC処理」「PIP処理」の二つしかないが、粒径や材質、形状など選択肢は多岐に渡るため、それぞれの樹脂に合わせたオーダーメードの表面形成が可能な点こそ、微粒子ピーニング技術の総本山であるがゆえの強みであると言えよう。

今後もショット技術を追求し、問題解決ができる選択肢の一つとしてメード・イン・ジャパンブランドのさらなる発展に貢献したい。

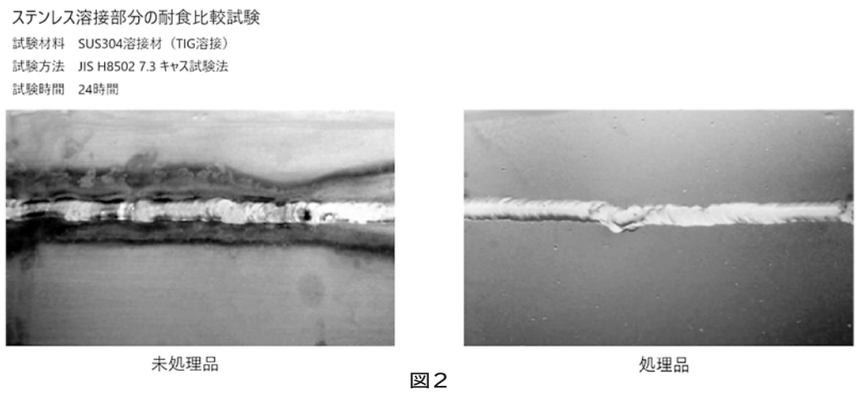

図2

＜会社概要＞

会社名	株式会社　不二機販
所在地	名古屋市北区丸新町471番地
代表者	代表取締役　宮坂　四志男
電話	052・902・2930
FAX	052・902・2991
URL	https://www.fujikihan.co.jp/
設立	昭和52年（1977年）　4月
資本金	2000万円
社員数	25人
事業内容	サンドブラスト・ショットピーニング装置の販売・修理各種研磨材の販売及び開発WPC・PIP処理の受託加工自然触媒「PIP」製品の製造と販売

Q&A

金属の硬さはどうやって調べるの？

鉄鋼を利用するにあたっては、その硬さは最も基本的で重要な性質のひとつである。硬さの測定方法はよく用いられているものだけでもいくつかあるが、ここでは、ビッカース硬さについて紹介する。

ビッカース硬さは、先端が四角錐形の圧子と呼ばれるものを押し付けて、その時にできるくぼみ（圧痕）の大きさと押し付ける力（荷重）の関係から硬さを求める方法である。一定の荷重であれば、大きい圧痕ができるほど軟らかいということになる。ビッカース硬さが300、試験時の荷重が10kgfの時は「300HV10」と表す。

私たちの生活でよく見かける18―8ステンレスの硬さは200HV程度である。ドリルの刃などはとても硬く800HV以上になるものもある。

この方法は、小さい荷重で小さい圧痕をつけても硬さを測定できることから、鉄鋼そのものの硬さだけでなく、部分的な硬さ、例えば浸炭焼入れにより表面のみ硬化した場合の表面付近の硬さを求めるのに用いられる。また、めっきなどの膜の硬さを測定することもできる。

金属の硬さの測定方法は？

四角錐形の圧子を押し付け測定

豆辞典

窒化処理

窒素原子を金属表面に導入

鉄鋼の熱処理のひとつで、加熱により炉内あるいは浴内を満たした窒素化合物（アンモニア、シアン化ナトリウムなど）から生じた窒素原子を金属表面に導入する方法。窒素の導入方法により、ガス窒化、プラズマ窒化、ガス軟窒化、塩浴窒化などが実用化されている。鉄鋼表面は鉄の結晶格子内に窒素原子が拡散した「拡散層」と呼ばれる層を生じ、硬化する。拡散層のさらに表層に化合物層と呼ばれる鉄と窒素の化合物でできた薄層を生じることがあり、潤滑性や耐衝撃性の向上につながるといわれている。エンジンバルブ、クランクシャフトなど、硬度や耐摩耗性が要求される部品に用いられている。

設備紹介　ポータブル型X線残留応力測定装置

前処理することなく大型部品測定も可能

残留応力とは、塑性加工や加熱などの結果として、物体内に蓄えられた力のことをいう。残留応力が生じている物体には、応力に応じたひずみが生じている。このひずみは結晶面の面間隔に現れるので、X線の回折角を測定することにより面間隔の変化を求め、そこから残留応力を計算することができる。

これまでは、X線入射角を変化させながら、回折角を測定していく方法が一般的であったが、ここで紹介する装置では、X線入射角は固定しておき、全方位の回折線を二次元検出器で同時に測定する方法が採用されている。これにより、大幅な測定時間の短縮が図られ、かつ、装置の小型化・ポータブル化を実現している。本装置の特徴は大型サンプルであっても、切断などの前処理することなく測定できることが特徴で、実製品の残留応力測定に力を発揮している。あいち産業科学技術総合センター産業技術センターでは、本装置を各種工業製品・部品の残留応力測定の依頼試験に用いており、大型部品の迅速な測定により、加工後のひずみや破壊の原因究明に役立てている。

ポータブル型X線残留応力測定装置（本体長さ約21センチ）