

試作・評価試験／伸線加工とその評価技術

伸線加工は、その高い生産性から多くの金属部品の製造に取り入れられている塑性加工技術の一つである。他方、ITを初めとする部品の極小化や、製造工程の短縮化、環境問題などがクローズアップするなかで、周辺技術を含めそれらの課題に対応するため、日々技術改善も進められている。本稿では、当社が保有する金属線の伸線加工技術を中心に、これらの課題解決に向けた各種の評価技術を紹介する。



E-1

伸線加工性評価の基本

第1図に金属線ができるまでの製造工程の概要を示す。この中で中心となる伸線加工における加工性は、究極的には経済性を考慮したダイス寿命と伸線速度の二つに帰結される。これらは通常、量産において最終的に評価・確認されるものであり、前段階として、この図に示した各工程における要因を代用特性として事前評価することが多い。

たとえば、素材である熱間成形材表面に生成した硬質の酸化皮膜を除去するスケール除去の工程においては、近年の環境への配慮から、化学的除去法に代わり機械的除去法の採用が拡大しているが、素材の化学成分、熱間成形条件、スケール組成・付着量、機械的除去条件などが残留スケール量に及ぼす影響に関する事前評価がその早期普及



第1図 金属線の製造工程の概要



写真1 伸線加工性評価用伸線機の例 (24"-7頭連続伸線機)

に寄与しているといえる。

当社では、各種の伸線実機 (写真1) を保有しており最終的な伸線加工性の評価にも対応可能であり、これまでに蓄積した代用特性による評価技術をうまく組み合わせることで、目的の技術改善の早期確立に寄与している。

以下、それらのいくつかを紹介する。

伸線加工性評価技術の例

E-2

素材の伸線加工性

伸線加工では素材の健全性が重要である。中心偏析や非金属介在物が存在するとカッピー断線 (写真2) を誘発しやすい。また、直径が数10~数100ミクロンの極細線の伸線加工においては、大型介在物の存在で素線の断面強度が不足し、伸線引抜き力に耐えられず断線に至ることもある。

このような断線を避けるには非金属介在物の十分な事前の評価が重要で、多量の試料での介在物評価が必要である。このためにはX線マイクロアナライザー (EPMA) を用いた自動分析評価技術が有効である。写真3は、 $\phi 50 \mu\text{m}$ 銀線の伸線中に断線した破面に認められた非金属介在物の痕跡で、その周辺の元素分析から発生源を突き止め、再発防止が図られている。



写真2 カッピー断線

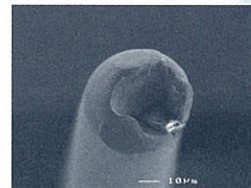


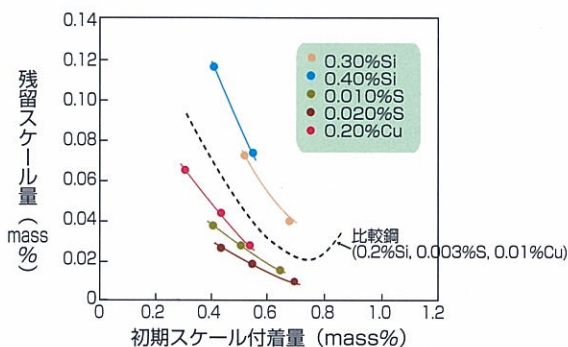
写真3 介在物により断線した $\phi 50 \mu\text{m}$ 銀線 (SEM写真)

線の合金化でスケールが十分に剥離除去できなくなったケースに対して、素材の化学成分の効果を評価したものである。CuあるいはSを無害な範囲で添加増量することで、付与ひずみ量を増加させずに残留スケール量はほぼ1/3となり、別途実施した伸線実機による焼付き限界伸線速度による評価試験では、30%の速度向上が確認された。

機械的スケール除去性

機械的スケール除去法としては、ひずみ付与法やショットブラasting法などが既に実用化されている。機械的スケール除去性の評価法としては、引張試験機により3~5%の引張ひずみを付与し、その後の残留スケール量を指標とする方法がある。

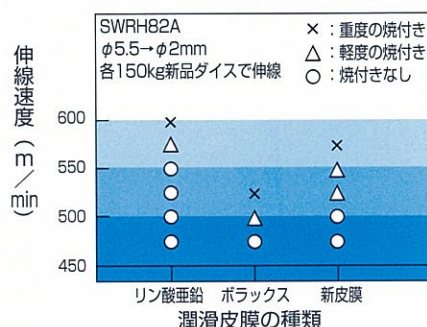
第2図はこの方法による評価結果の一例で、鋼



第2図 各種元素が機械的スケール除去性に及ぼす影響 (引張ひずみ付与法、 $\phi 5.5\text{mm}$ 高炭素鋼)

潤滑皮膜・伸線潤滑剤の潤滑性

潤滑皮膜の主な役割はダイスとの金属接触による焼付きの防止、伸線潤滑剤の主な役割は摩擦係数の低減といわれており、両者の相乗効果で円滑な伸線加工が成り立っているといえる。最近では、工程省略からこの両者の機能を併せ持つ新しい油性潤滑剤が試用されつつあり、スケール除去された素材を直接伸線加工することも一部の金属で可能になってきている。また、鋼線の伸線加工で多用されているリン酸亜鉛皮膜は、処理時に発生する多量の生成残留物が環境問題に関連して改善が求められており、これに代わる潤滑皮膜の開発が急速に進められている。これらの潤滑性の評価では量産レベルでの評価が重要で、もっぱら実伸線加工に近い条件で伸線加工を行い、伸線温度や焼付き限界伸線速度を求めて比較することが多い。第3図はそのような評価試験結果の一例である。ただし、この方法では大規模な評価試験となるため、少量伸線加工後の線表面の境界潤滑面積率を示す平坦率でスクリーニングを行うことがある。



第3図 潤滑皮膜が焼付き限界伸線速度に及ぼす影響

伸線ダイスの伸線加工性

昭和初期のころは鍛鉄を用いた、いわゆるたたきダイスが主流であったが、戦後、Coで焼結したWC製のダイス、いわゆる超硬ダイスが出現して以来、伸線速度は飛躍的に伸び、生産性は大幅に向上した。超硬ダイスは現在もその存在価値は不変であるが、特にφ1mm以下の細物伸線加工では、鉄鋼、非鉄金属にかかわらずダイヤモンドダイスが主流になってきている。

その最大の理由は、摩擦係数が小さく、ダイス寿命や線の表面品質が大幅に向上できるからである。小さい摩擦係数は伸線引抜き力の低下にもつながり、金や銀のような軟質の材料でも引細りすることなく、円滑な伸線加工ができる利点もある。

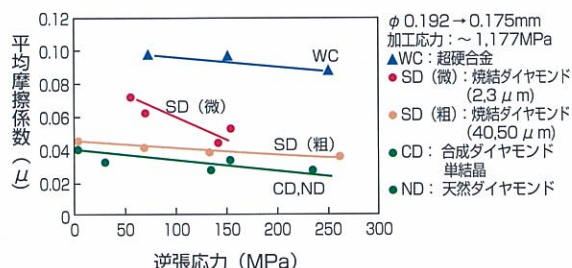
伸線加工時の摩擦係数は、ダイスとともにセットしたロードセルで測定した引抜き力から計算で推定する。第4図は各種のダイヤモンドの摩擦係数を従来のWCと比較したもので、上述の優位性が立証されている。

ダイスについては、その材質とともに寸法形状も伸線加工性に大きな影響を及ぼす。特にアプロ

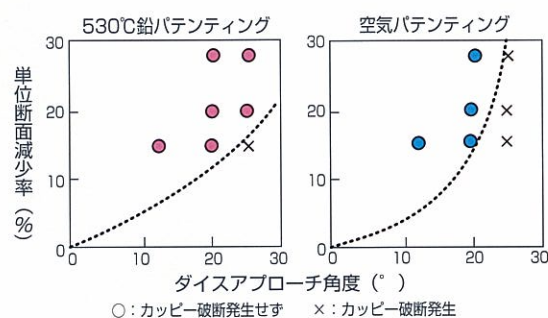
ーチ角度は重要で、過大な角度は先に述べたカップー断線に直結しやすい。

このことを利用して、故意にアプローチ角度の大きなダイスを用いて、素材の中心偏析や非金属介在物の不均一要因を評価することも行われる。

第5図はそのような評価試験結果の一例である。



第4図 ダイヤモンドダイスの摩擦係数¹⁾
(プラスめっき鋼線を使用)

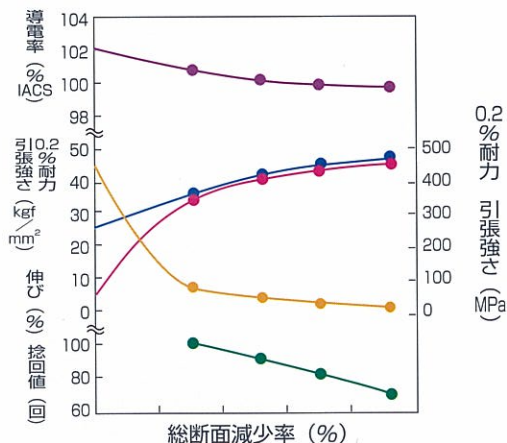


第5図 カップー断線に及ぼすダイス角度の影響²⁾
(SWRH72A, φ5.5mm)

伸線限界

伸線加工は可能であっても、機械的性質との兼ね合いで適度な加工度(断面減少率)で伸線加工を止める必要がある。この評価を行うために、たとえば連続伸線加工では全ダイスの伸線材の引張試験やねじり試験を行い、伸線加工特性線図を作成する。第6図は純銅線の例で、特にねじり試験で求まる破断までの捻回値が伸線加工率の増大とともに低下し、劣化の指標となっていることが分かる。

この他にねじり試験における縦割れ現象から判定する場合もある。



第6図 純銅線の伸線加工特性³⁾

[神鉄事業所 技術室 村橋 守]

1) 荒川次郎：第23回伸線
技術分科会資料(1982)、
日本塑性加工学会

2) 中村芳美ほか：第4回伸
線技術分科会資料(1977)、
日本塑性加工学会

3) 上山紀彦ほか：古河電工
時報、9-12(1980)、
903