

## 討9

## 線材製造工程における疵検出と疵取りについて

例 神戸製鋼所 三木 修 中沢 喜与志  
神戸製鉄所 ○佐野 栄一

## 1 緒 言

当社においては、釘、針金などに使用される軟鋼線材から、自動車あるいは航空機などの重要部品として用いられる特殊鋼線材に至るまでの、ほぼ全鋼種の線材製品を製造している。これらの線材はその用途に合せ鋼種の選定あるいは品質の調整が行なわれており、製品として出荷する場合には各種試験検査を実施している。なかでも表面疵については、顧客における線材2次加工の技術が高まるにつれその要求が厳しくなってきたので、当社ではそれに応えるため、検査技術の向上と共に製造工程における品質管理にも注意を払い高品質の製品を納入できるよう努力している。

線材製品における表面疵は、鋼塊、鋼片および線材圧延などの各工程で発生する可能性があり、品質管理上および経済的見地から不良材はできるだけ初期の工程で検出し、手直しするか、または、生産の流れから除去することが望ましい。また、線材製品に発生した疵は、他の鉄鋼製品のように容易に除去できにくい難点があるので、その前工程である鋼片での疵手入れに重点をおき疵発生を防止する方法をとっている。

そこで本報では鋼片における疵検出と疵取方法、および、線材製品での疵検出方法について、その概要を取纏め報告する。

2 鋼片の疵検出と疵取について<sup>1)</sup>

鋼塊から分塊圧延された鋼片のままでは、必ずしも圧延後の線材表面の要求品質を満足できるものとは限らない。特に用途の厳しい高級品になるに従い表面品質の要求度も高いので、鋼片で表面疵のチェックを行なうと共に必要に応じて疵取りを行なっている。鋼片は分塊工程の段階で鋼種用途に応じて、ホットスカーフイングを行ない表層を1.5～6%取り除くこととしている。鋼片手入れは大別して次に示す疵の有無を確認する疵検出工程と、検出された疵を完全に除去する工程の2つが挙げられる。

## 2-1 鋼片の疵検出

## 1) 疵検出方法

鋼片の疵検出方法としては、

- A) 圧延黒皮のまま目視検査を行なう方法
- B) 直径1～2mmの小鋼球を鋼片の表面に投射し、表面スケールを除去して、スケール下の疵を露出させるショットブラスティングした状態で目視検査を行なう方法。
- C) 希塩酸または、希硫酸を満たした槽中に鋼片を浸し、スケールを除いて疵を発見しやすくし、目視検査を行なう方法。この場合、通常、事前に上述のショットブラスティングを行なう。
- D) 磁化された、鋼片に微細な磁粉をふりかけて表面または、そのわずか下にある欠陥部の位置を知る磁気探傷方法。

などが代表的なものであり、これらは次の除去方法と共に各種組合せが可能でありいずれの組合せを用いるかは製品の最終要求品質により決定している。また疵検出方法によりその検出精度が異なる。その組合せの一例を図1に示す。

上記検査方法のうち酸洗法では、公害、作業環境および材料の運搬などの点で問題があるため最近では磁気探傷法が主として用いられている。当社ではこの作業工程をオンラインで効率よく疵見マーキングできる磁気探傷システム(いわゆるラインマグナ)を採用し、大きな成果をあげている。

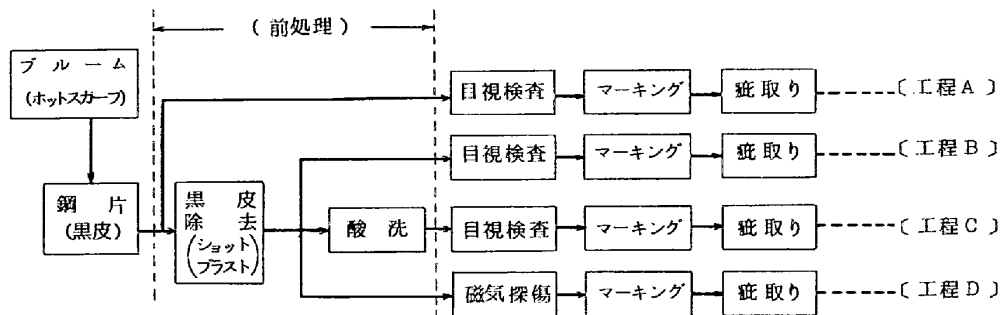


図1 鋼片の疵手入れ工程

2) ラインマグナ

通常の磁気探傷装置は、被検査材に直接通電して磁化し、蛍光磁粉探傷を行なう方式を採用しているが、当装置は流れ作業の中で、連続探傷する方式のため 図2に示すような間接磁化方式を採用している。この方式の磁気探傷機を 図3 に示す設備に組み込み鋼片疵を検知し、検査員がチョークでマーキングした後、疵取り工場で疵取を行なっている。さらにこの方式については、クロスコイルにより全方向の疵を検出する方法や、明るい場所で疵を確認できる固着磁粉を使用する方法などが開発されている。疵検出率に影響のある因子としては蛍光磁粉の種類、濃度、磁界中の鋼片通過速度などが関係するが、現工程で採用しているその最適条件では、表1に示すような高い検出精度を得ている。

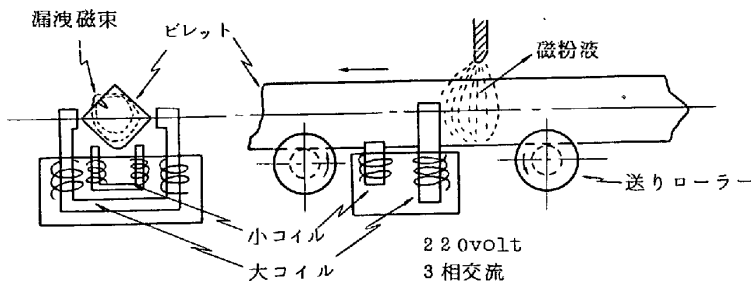


図2 ラインマグナでの磁気探傷原理型(間接磁化方式)

表1 疵検出精度の比較

| 検査工程           | 検出率(%) |
|----------------|--------|
| ① 黒皮目視         | 10~20  |
| ② ショットプラスト目視   | 30~50  |
| ③ ショットプラスト酸洗目視 | 70~80  |
| ④ ラインマグナ       | 80~90  |

(注) ハンドマグナにより検出された疵を100%とする。

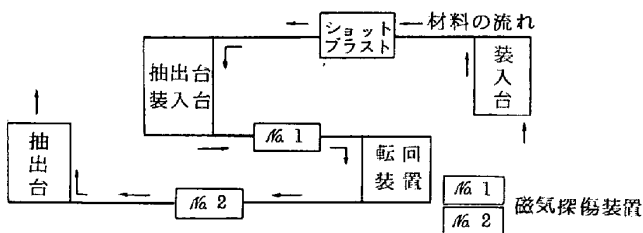


図3 ラインマグナ設備配置図

2-2 鋼片の疵取

鋼片で検出された表面疵を除去する方法としては、

- ① 鋼片を加熱し、表層部を熔融除去するホットスカーフィング (Hot Scarfing)
  - ② グラインディング (Grinding)
  - ③ タガネをつけたエアハンマーで検出された疵を除去するチップング (Chipping) を採用している。
- この他、コールドスカーフィング、アークガウジングなどがあるが、通常当社では採用していない。

### 3 線材の疵検出と表面研削法<sup>2),3)</sup>

線材製品の coils 1 束は 1000 ~ 2000 m であり、棒鋼型鋼などの他の鉄鋼製品とは異なり、全長にわたる外面疵検査が容易に行なえない為、通常主として端末検査法により行なわれている。しかし、厳格な品質保証を要求されるようになった近年、この検査法では不十分であるので、その対策として当社では、線材全長の探傷可能な熱間線材渦流探傷器（商品名：メトテスト）を導入し、線材圧延工程にオンラインで常設している。この探傷器は主として圧延工程の管理に用いており、一部鋼種についてはその測定値を端末検査法と併用した出荷判定の参考データとして用いている。一方、顧客の要求が非常に厳しい場合や、とくに指定がある場合には線材の表面研削を行なっている。

#### 3-1 線材の疵検出

1) 端末検査 端末検査法では、線材 coils の捲初めと捲終り部分より捲取した 300 mm 程度のサンプルの表面スケールを酸洗により除去し、磁粉検査あるいは目視検査により疵を検出し、ヤスリにより疵深さを測定することにより coils 全体の品質を判定している。

#### 2) メトテストによる全長検査<sup>4)</sup>

線材における非破壊検査法としては超音波探傷および渦流探傷を初め各種考えられるが、熱間線材の様に高温（950~1100°C）、高速（15~50 m/sec）で圧延中のものについては、非接触で線材全長連続探傷可能な貫通型渦流探傷法が良く、当メトテストはその実用探傷器として開発されたものである。これは図4に示すようなブリッジを形成する2個の検出コイルの一方に疵が入るとコイルの出力電圧が変化するのでこれを疵信号として、検出する方法である。メトテストでは、この検出した疵

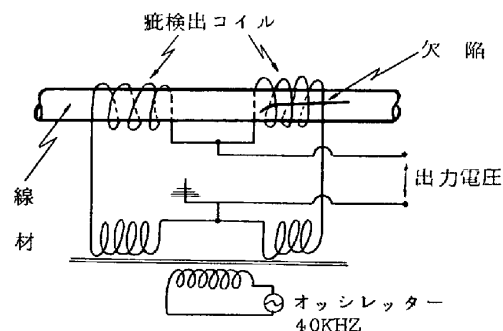


図4 疵検出コイル原理図（貫通形自己比較法）

信号を大、中、小に分類し、各線材製品中のそれぞれの大きさの疵個数（カウント数）としてデータ処理を行なっている。この探傷器の検出精度は疵形状によりかなり影響されており、ロール疵、ヘゲ疵のような不連続疵は最適条件では、0.1 mm 程度の深さの疵でも検出しているが、深さの様な線状疵や縦ワレ疵の様な連続疵は原理が自己比較法という関係から比較的検出されにくい。

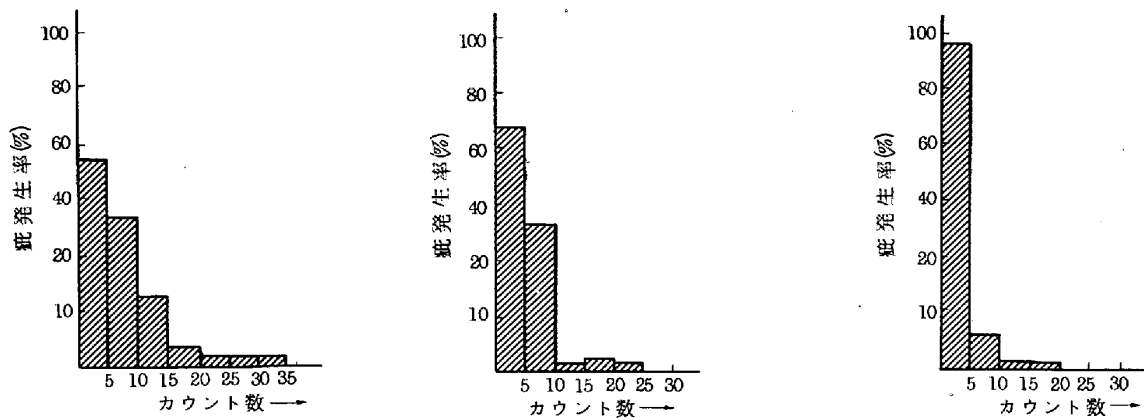
#### 3-2 線材の表面研削法

表面研削は線材の全長にわたる表面欠陥あるいは脱炭層などを完全に除去する方法として用いられている。従来はグラインダー研削、ピーリング切削などの方法が採られていたが、1966年に当社において独自の皮削技術いわゆるSS処理を開発し、実用に供している。この皮削技術は線材を全長全周にわたり均一に皮むきする方法であり、これにより皮むきされた線材は外面疵が除去され、表面肌も極めて美麗なところから Super Surface と名付けその頭文字をとりSS処理と呼んでいる。

#### 4 結 言

線材製品における疵検出技術あるいは、表面研削技術の開発は出荷する製品の要求に合せた品質保証の手段として必要なものであるが、製造業者としての立場からは、あくまで欠陥の少ない製品を製造することがより重要である。線材に発生する欠陥は、その前工程である鋼片の状態により決り、鋼片で入念に疵手入れしたもの程、線材製品でも欠陥の発生率は少なくなっている。その一例として図5に線材製品に発生する疵の頻度をメトテストで得たデータで示すが、鋼片での疵手入れの程度に応じ、疵発生率が変化する傾向が認められる。

以上は鋼片で疵手入れすることにより線材製品での疵発生を防止することを前提に考えを進めてきた



5-(1) 疵手入れ工程〔A〕

5-(2) 疵手入工程〔B〕

5-(3) 疵手入れ工程〔C〕〔D〕

図 5 鋼片疵手入れの程度と疵発生率との関係 (カウント数は1コイル中の欠陥個数を示す)

が、最近の情報では、鋼片でもともと完全無欠のものについては、入念に疵取りした鋼片よりは線材製品で疵発生率がより少ないことが確認されている。したがって、製品の疵品質に対する要求の厳しいものについては、鋼片のみならずさらにその前工程における製造技術の改善を検討する必要がある。

5 参 考 文 献

- 1) 永井, 大西, 神戸製鋼技報, Vol.18, No.2, 89
- 2) 裏川, 神戸製鋼技報, Vol.18, No.4, 29
- 3) 日本能率協会編, 非破壊検査の手引き
- 4) A.V. Heijne, Wire, Coburg-Germany, April 1970. 93