

9x!c(ò5đ)z b , G"l ö

On the Twist of High Carbon Steel Wire

( N 1 (Bonpei Shinohara) ĵ2! í (Chiaki Shiga) , - ô µ (Kazuo Arai)  
£ î f (Hisashi Yamazaki) , Œ Q Ž (Hisaki Sasaki)

---

0[" :

9x!c(ò5đ)z b , G g '>\* , G%Ú • g"g \_ X 8 Z1\* m>\* , G"l ö \_ l p M1V0[ l>+ Ã , å ,  
• å ç) )É>\* )z Ø>\* È(ò+\$ î ^ ]>+ \_ X 8 Z 9, K S (1) , G Í c X ? s6ë7x \_ š [  
M • \ c 8 < ^ 8 (2)\$ -%Ú • c Á ĵ%Ú • \ I A6ä%Ú • \_ ( E } € • S\*... c ¥4Š \_ m €  
@\$î#Ō M • b \_ P K>\* ĺ\*... c Æ4Š \_ \$î#Ō M • (3)

range of 400 ¥ to 450 ¥. 5) Air-patented wires did not show better property of twist than lead-patented ones because of hydrogen embrittlement due to the smut which deposited on wire during the pickling in the electrolytic galvanizing process. Finally, more efficient measurement method of twist test was introduced in which grip distance was longer than the one usually used.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

• e c b ì î ª ? } 7 0 t [ A r M

## 高炭素鋼線の捻回特性

On the Twist of High Carbon Steel Wire

篠原 凡平\*

Bonpei Sinohara

志賀 千見\*\*

Chiaki Shiga

新井 和夫\*\*\*

Kazuo Arai

山崎 尚\*\*\*\*

Hisashi Yamazaki

佐々木 寿毅\*\*\*\*\*

Hisaki Sasaki

## Synopsis:

Twist test measurements of high carbon drawing wires were carried out at room temperature to examine the form of twist and twisted fracture, and effects of drawing temperature, patenting structure and hydrogen during electrolytic galvanizing process on the number of twist to rupture and the fracture surface. The results obtained are as follows:

- 1) Each pitch distance of uniform and local twist was independent of the grip distance. The number of uniform twist was proportional to the grip distance.

速化，多品種化が進んでいる。そのため靱性の低下を招き、捻回特性に著しい悪影響ももたらして問題

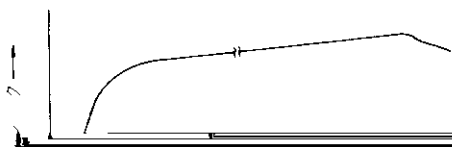
の回数に換算する”。と述べられている。しかし各種の田牧には、種々の田取回数（15、17、19、21）

題となってきたのが現状である、この解決にあたっては、捻回特性と他の機械的性質との関係

度、つかみの間隔などを特別に規定しているものもあり、必ずしも統一されていない。図1に捻回

2.1 捻回形式と破断形状

れで直線的にゆるやかに増加し、破断近くではこ



方向に平行な部分が小さい場合 (C<sub>i</sub>), ほとんど  
図 2 に示したように正常な捻回形式を示し, せん  
断破断に比べてわずかに低い捻回値を示す。また  
破面の線軸方向に平行な部分が大きい場合は

大きく支配されることがわかる。また鋼線を伸線すると、表層部が最も大きく加工を受けることから、捻回試験が鋼線の性質を調べるのに適した試験方法であるといえる。

さきに述べた鋼線表面のファイバー組織方向に亀裂の入る現象はつぎのように考えられる。一般にファイバー組織をもつ鋼線では、クラックはファイバー組織方向に進みやすく<sup>3)</sup>、この方向のせ

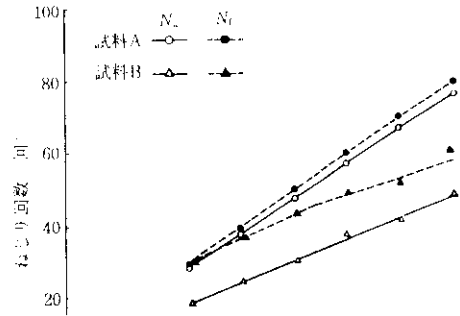


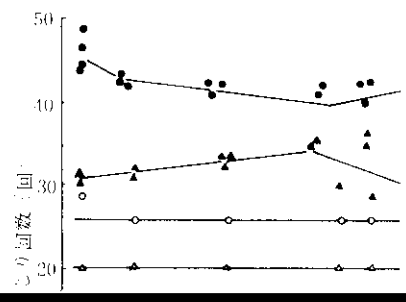
図 4 鋼線表面のファイバー組織方向に亀裂が入る現象の検討

0 50 100 150 200

$$N_r = L/P_u + L_r(1/P_r - 1/P_u) \quad \dots\dots(2.6)$$

ところで、実際の捻回試験では、局部ねじれの発生箇所と破断箇所は任意であり、 $L_r$ の値は不安定である。このため  $N_r$  はばらつく。また、 $(1/P_r - 1/P_u)$ の値が大きいほど  $N_r$  のばらつきの程度は著しい。ゆえに、局部ねじれピッチの逆数  $1/P_r$  と一様ねじれピッチの逆数  $1/P_u$  の差が小さいほど、捻回値  $N_r (= N_u + N_r)$  と標点距離  $L$  の間にはよい比例関係がなりたつ

12<sup>4)</sup> に示すのみにとどめる。



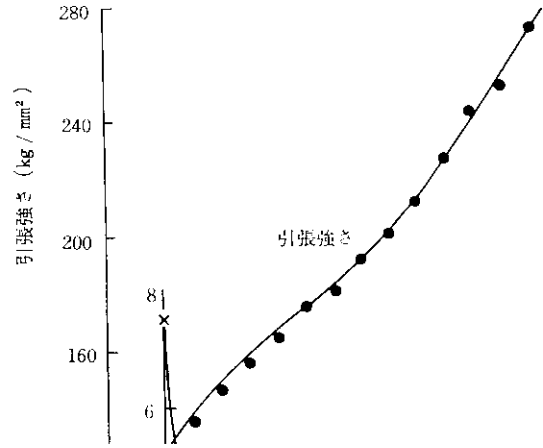


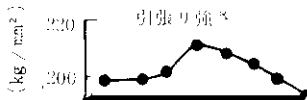
破断のものは高捻回値を示すが、異常破断でも高捻回値のものもあり破断形状と捻回値は必ずしも一様には対応しない。ここでは異常破断と低捻回値を合わせて“異常捻回”として要因分析を行なう。捻回試験の結果をたずねる要因は、腐

より、深さ 0.4mm 以上の疵が捻回に対して有害であることがわかる。化学成分では、C, N<sup>②</sup>, Al<sup>②</sup>, P, S, Mn, Si<sup>②</sup> が捻回特性に対して影響することが知られている。C, N, Al の影響については 5, 6 節で述べる。

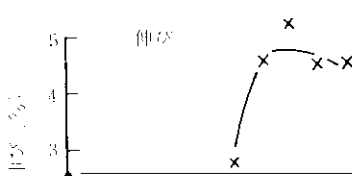
(5) めっき

通常高炭素鋼線のめっきは亜鉛めっきであり、それには電気めっき法と溶融めっき法とがある。電気めっき法では、前処理工程でのブルーイング、電解酸洗清浄度、水素吸蔵などが鋼線の捻回特性を左右する主要因である。ブルーイングと捻回特性の関係は複雑であり、良好な捻回特性を示すブルーイングの温度と時間の領域があるようである<sup>2)</sup>。また電気めっきの際の水素吸蔵は避けられない現象であるが、これが水素脆性に結びつくか





このような捻回値だけにみられる挙動は、鋼線のファイバー組織および均一性の変化と強い関連性があるようだが、

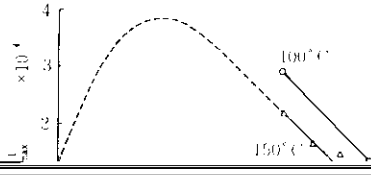
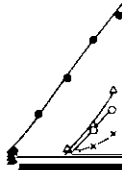
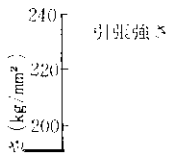


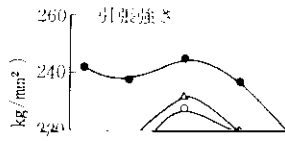
条件によってきまる熱処理組織と、それ以後の伸線によってほぼ決定される。一般にある加工度以上に伸線された鋼線では、引張強さが大きいほど捻回値が低い傾向にあることは前節で述べたとお

450°Cで引張試験

260

イトが少なくなつたため、それを他線加工した場





めである。100°Cの温度で伸線した鋼線を250°Cでブルーイングしたときの引張強さは250°Cの温度で伸線した鋼線よりも小さく、捻回値は7~8回である。この引張強さは(5)の試験結果と一致する。

150°Cで6回(総減面率約70%)伸線後、固溶C, N原子を下げるため200°Cで5min析出熱処理し、再び150°Cあるいは250°Cの温度で総計11回(総減面率約90%)伸線したときの機械的性質の変化を示す。なお、6回伸線後析出熱処理を与えずに、150°Cおよび250°Cの各温度で伸線したときの機械的性質の変化を比較のためにプロットした。150°C伸線では、析出熱処理した試料はしな

析出したC, N原子は続く伸線によって再固溶するが、その量は析出熱処理しないものより低く、伸線回数が多くなると捻回値はしだいに上昇する。しかし動的歪時効が著しく起る250°C伸線では、少々のC, N固溶量の減少では動的歪時効を防げず、つづく伸線によって動きうる有効転位数は大きくは増えない。したがって、その効果は無いものと思われる。

る。捻回値は析出熱処理によって急減する(37回

AINを析出させるために770°Cで5min熱処理

%)まで150°Cおよび250°Cの各温度で伸線した鋼線の機械的性質を図24に示す。

熱処理線の sol NとAIN中のNとの差を固溶N量と仮定すると、固溶N量は0.043% Al添加材が約23 ppm, 0.012% Al添加材が約44 ppmである。引張強さはそれぞれの伸線温度について、加工量の増加にともないほぼ同様に増加する。温間伸線(250°C)による引張強さの増加は固溶N量の多い0.012% Al添加材のほうが少しではあるが大きく観察される。捻回値は150°C伸線および

値を示すのに対し、固溶N量の少ない0.043% Al添加材は同じ温度域でのブルーイングで23回以上の捻回値を示し両鋼の差は著しい。なお、破断形状の点でも、0.043% Al添加材のほうがすぐれた結果を示した。いっぽう、250°C伸線材の捻回値は固溶N量のちがいによる差は多少あるが、150°C伸線材ほど顕著ではない。両鋼とも400~450°C温度領域で極端な捻回値の減少を示すが、固溶N量の多いほうが正常な捻回形式に回復するブルーイング温度が高温側にずれる傾向が認められた。

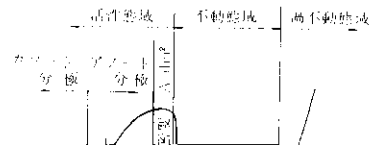


線材

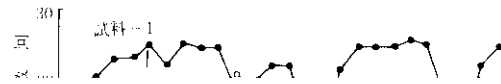
(SWRH4A 5.5mmφ)

酸洗

(5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)



組織はあらい層状パーライトであり、遊離フェライトが多く組織的にみて不均一である。実験の結果、  
試料-1



801 (a) 資料A(正常持留資料)

は、炭素量が多い (0.80%) 場合は変態温度が  
高いほどよく、炭素量が少ない (0.40%) 場合

°C 付近のブルーイングによる捻回値の激減は  
避けられる。しかし、伸線温度が 250~300°C

しもパーライト層間隔が狭いほど捻回特性がよ  
いとはいえない。

- (4) 伸線温度上昇にともなう捻回特性の劣化は  
C, N 原子による動的歪時効に起因する。この  
現象を避けるためには、動的歪時効が著しく起

- (5) 電気めっき工程中の電解酸洗において付着  
するスマットは鋼線の捻回特性を劣化させる。  
しかし、微細パーライトを有する LP 材はその  
影響を受けにくい。

- (6) 長尺捻回試験では標点距離が長くなるた  
い、目録に於ては数に誤差を生ずる。その山の部