

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6453138号
(P6453138)

(45) 発行日 平成31年1月16日(2019.1.16)

(24) 登録日 平成30年12月21日(2018.12.21)

(51) Int.Cl.	F I	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 O 1 Y
C 2 2 C 38/34 (2006.01)	C 2 2 C 38/34	
C 2 2 C 38/54 (2006.01)	C 2 2 C 38/54	
F 1 6 F 1/02 (2006.01)	F 1 6 F 1/02	A
C 2 1 D 8/06 (2006.01)	C 2 1 D 8/06	A
請求項の数 4 (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-70532 (P2015-70532)
 (22) 出願日 平成27年3月31日(2015.3.31)
 (65) 公開番号 特開2016-191100 (P2016-191100A)
 (43) 公開日 平成28年11月10日(2016.11.10)
 審査請求日 平成29年9月1日(2017.9.1)

(73) 特許権者 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番
 4号
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100145403
 弁理士 山尾 憲人
 (74) 代理人 100206140
 弁理士 大釜 典子
 (74) 代理人 100206162
 弁理士 佐々木 正博
 (72) 発明者 大浦 宏之
 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番 株式会社
 神戸製鋼所 神戸製鉄所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 曲げ加工性に優れた熱処理鋼線

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C : 0.5 ~ 0.8 %、

Si : 1.5 ~ 2.5 %、

Mn : 0.5 ~ 1.5 %、

P : 0%超、0.02%以下、

S : 0%超、0.02%以下、

Cr : 0.3 ~ 0.7%未満、

V : 0.05 ~ 0.5 %、

Al : 0%超、0.01%以下、

N : 0%超、0.007%以下、

O : 0%超、0.004%以下を含有し、

残部が鉄および不可避不純物からなるオイルテンパー線であって、

1.0 μmフィルターと0.4 μmフィルターを用いて、前記オイルテンパー線の表層からの電解質量を0.4 g以上0.5 g以下として電解抽出残渣分析をしたとき、

[1.0 μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量 / 電解質量] が1.0%以上、2.80%以下であり、且つ、

前記1.0 μmフィルターで得られたる液を残渣分析したとき、

[0.4 μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量 / 電解質量] が0.10%以下である

、曲げ加工性に優れたオイルテンパー線。

【請求項 2】

更に、質量%で、Ni：0%超、0.3%以下を含むものである請求項 1 に記載のオイルテンパー線。

【請求項 3】

更に、質量%で、B：0%超、0.01%以下を含むものである請求項 1 または 2 に記載のオイルテンパー線。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のオイルテンパー線を用いて得られるばね。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱処理鋼線に関し、詳細には曲げ加工性に優れた熱処理鋼線に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の軽量化や自動車エンジンの高出力化に伴い、エンジン、クラッチ、燃料噴射装置などに使用される各種ばねには、高応力化が求められている。高応力化に対しては耐へたり性、および耐久性の観点から、ばね素材である熱処理鋼線を高強度化する必要がある。一方、ばねは一般的に伸線材を焼入れ・焼戻し処理した熱処理鋼線をコイルリングして得られる。そのため熱処理鋼線にはコイルリング時に折損しない曲げ加工性が求められている。しかしながら高強度化に伴って熱処理鋼線の延靱性が低下するため、コイルリング時に折損しやすく、高強度、且つ優れた曲げ加工性を有する熱処理鋼線を提供することが難しかった。

20

【0003】

そこで、このような問題に対してこれまでも以下のような技術が提案されている。

【0004】

特許文献 1 には、所定の化学成分組成を有し、特にN量を0.007%以下に制御し、残部が鉄と不可避免的な不純物とからなり、熱処理後の抽出残渣分析値で、[0.2μmフィルターでろ過したる液中のV量(質量%)] [鋼中V量(質量%)] × 0.4であることを特徴とする高強度ばね用熱処理鋼が開示されている。

30

【0005】

特許文献 2 には、所定の成分組成を有し、且つ固溶C量が0.15%以下、Cr含有析出物として含まれるCr量が0.10%以下、所定の式で表されるTS値が24.8%以上とされ、旧オーステナイト粒径が10μm以下とされた、耐脆性破壊特性に優れた高強度ばね鋼が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】国際公開第2007/114491号

【特許文献 2】特開2002-180198号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

例えば特許文献 1 では圧延前の加熱温度を1250 として未溶解炭化物を極力低減している。しかしながら圧延前の加熱温度が高すぎると圧延材の脱炭が生じやすくなるため、後工程での除去が難しく、その結果、曲げ加工性が低下する可能性がある。また特許文献 2 では分塊圧延、線材圧延時の温度条件設定がなく、粗大なCr含有析出物が生成するため十分な曲げ加工性が得られない可能性がある。

【0008】

本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、高強度、且つ

50

優れた曲げ加工性を有する熱処理鋼線を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決し得た本発明に係る熱処理鋼線は、C：0.5～0.8%、Si：1.5～2.5%、Mn：0.5～1.5%、P：0%超、0.02%以下、S：0%超、0.02%以下、Cr：0.3～0.7%未満、V：0.05～0.5%、Al：0%超、0.01%以下、N：0%超、0.007%以下、O：0%超、0.004%以下を含有し、残部が鉄および不可避不純物からなり、1.0μmフィルターと0.4μmフィルターを用いて電解抽出残渣分析をしたとき、[1.0μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量/電解質量]が1.0%以上、2.80%以下であり、且つ、前記1.0μmフィルターで得られたる液を残渣分析したとき、[0.4μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量/電解質量]が0.10%以下であることに要旨を有する。

10

【0010】

更に質量%で、少なくともNi：0%超、0.3%以下、またはB：0%超、0.01%以下を含むことも好ましい実施態様である。

【0011】

本発明には上記熱処理鋼線を用いて得られるばねも含まれる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、熱処理鋼線の成分組成、電解抽出法に基づくCr系炭化物量を規定することで引張強度2100MPa以上を有し、且つ優れた曲げ加工性を有する熱処理鋼線を提供できる。また本発明の熱処理鋼線を用いれば優れた曲げ加工を有するばねを提供できる。

20

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明者らは高強度熱処理鋼線のコイリング時の折損を抑制すべく、特に熱処理鋼線の韌延性を改善して曲げ加工性の向上を図るべく、様々な角度から検討した。熱処理鋼線のコイリング時に発生するコイリング折損の頻度は熱処理鋼線の強度が高くなるほど多くなる傾向にあることがわかった。その原因について詳細に検討した結果、コイリング折損の頻度は熱処理鋼線の強度のみではなく、Cr系炭化物の析出量も関係していることを突き止めた。そしてCr系炭化物の析出量をコントロールすることで高強度であってもコイリング折損を抑制できることを見出した。

30

【0014】

コイリング時に折損が生じた熱処理鋼線、および折損しなかった熱処理鋼線について電解抽出残渣量を測定して熱処理鋼線表層のCr系炭化物量を調べた。電解抽出残渣を分析することで、コイリング折損の起点となる熱処理鋼線表層の炭化物の性状分析ができ、しかも電子顕微鏡での組織観察と比べると、より大きな検査体積を対象として適切な評価が可能となる。

【0015】

電解抽出残渣を分析した結果、折損が生じた熱処理鋼線から得られたCr系炭化物量は、折損しなかった熱処理鋼線に比べてフィルター上のCr系炭化物量が少なかった。そこで熱処理鋼線のCr系炭化物量と折損の関係について研究を重ねた結果、電解質量と残渣質量の割合が下記所定の範囲内であれば韌延性が改善され、優れた曲げ加工性が得られることがわかった。

40

1.0μmフィルターと0.4μmフィルターを用いて電解抽出残渣分析をしたとき、[1.0μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量/電解質量]（以下、「1.0μmフィルターの残渣量/電解質量」ということがある）：1.0%以上、2.80%以下

且つ

上記1.0μmフィルターで得られたる液を残渣分析したとき、

[0.4μmフィルター残渣中のCr系炭化物質量/電解質量]（以下、「0.4μmフ

50

フィルターの残渣量 / 電解質量」ということがある) : 0.10%以下

【0016】

なお、本発明において、Cr系炭化物とは、Cr炭化物の他、Cr炭窒化物、およびV等の炭化物生成元素との複合金炭化物、および複合金炭窒化物も含む主旨である。

【0017】

上記知見に基づき、Cr系炭化物、および成分組成を適切に制御することで、高強度、且つ優れた曲げ加工性を有する熱処理鋼線を提供できることを見出し、本発明に至った。以下、Cr系炭化物、および成分組成を規定した理由について詳述する。

【0018】

[1.0 μmフィルターの残渣量 / 電解質量] : 1.0%以上、2.80%以下

10

1.0 μmを超えるCr系炭化物はコイリング折損を誘発する原因となり、高強度熱処理鋼線の曲げ加工性を大幅に低下させる。そのため1.0 μmフィルターの残渣量 / 電解質量は2.80%以下、好ましくは2.70%以下、より好ましくは2.60%以下である。一方、Cr系炭化物は熱処理鋼線の強度を向上させる役割もあるため、Cr系炭化物が少なすぎると熱処理鋼線の強度が不足する。1.0 μmフィルターの残渣量 / 電解質量は1.0%以上、好ましくは1.20%以上、より好ましくは1.40%以上である。

【0019】

[0.4 μmフィルターの残渣量 / 電解質量] : 0.10%以下

0.4 μmを超えるCr系炭化物の析出量が増加すると、熱処理鋼線の靱延性が低下して曲げ加工性が低下する。したがって0.4 μmを超えるCr系炭化物は少ないほどよい。0.4 μmフィルターの残渣量 / 電解質量は0.10%以下、好ましくは0.08%以下、より好ましくは0.06%以下である。一方、0.4 μm以下のCr系炭化物は少ないほど靱延性に優れるが、Cr系炭化物を低減させるために熱処理時の加熱温度が高すぎる場合や加熱保持時間が長すぎる場合は旧結晶粒度の粗大化が進み靱延性を更に低下させることがある。したがって0.4 μmフィルターの残渣量 / 電解質量は好ましくは0.01%以上、より好ましくは0.02%以上である。

20

【0020】

次に、本発明に係る熱処理鋼線に用いられる鋼中の化学成分組成について説明する。

【0021】

[C : 0.5 ~ 0.8%]

30

Cは、熱処理鋼線の強度向上に有効な元素である。このような効果を有効に発揮させるには、C含有量は0.5%以上、好ましくは0.55%以上、より好ましくは0.6%以上である。C含有量の増加に伴って強度は向上するが、添加量が過剰になると粗大セメントを多量に析出し、熱処理鋼線の曲げ加工性に悪影響を及ぼす。そのためC含有量は0.8%以下、好ましくは0.75%以下、より好ましくは0.7%以下である。

【0022】

[Si : 1.5 ~ 2.5%]

Siは、鋼の脱酸、および熱処理鋼線の強度向上に有効な元素である。このような効果を有効に発揮させるには、Si含有量は1.5%以上、好ましくは1.55%以上、より好ましくは1.6%以上である。一方、Si含有量が過剰になると、材料を硬化させるだけでなく、靱延性の低下や、表面の脱炭量が増加してばねの疲労特性を低下させることがある。そのためSi含有量は2.5%以下、好ましくは2.4%以下、より好ましくは2.3%以下である。

40

【0023】

[Mn : 0.5 ~ 1.5%]

Mnは、鋼の脱酸、鋼中SをMnSとして固定することに加えて、焼入れ性を高めてばね強度の向上に貢献する。このような効果を有効に発揮させるには、Mn含有量は0.5%以上、好ましくは0.6%以上、より好ましくは0.7%以上である。一方、Mn含有量が過剰になると、焼入れ性が過度に向上するため、マルテンサイト、ベイナイト等の過冷組織が生成しやすくなる。そのため、Mn含有量は1.5%以下、好ましくは1.4%

50

以下、より好ましくは1.3%以下である。

【0024】

[P: 0%超、0.02%以下]

Pは旧オーステナイト粒界に偏析し、組織を脆化させるため疲労特性が低下する。そのためP含有量は、0.02%以下、好ましくは0.018%以下である。P含有量は少ないほど好ましいが、ゼロとするのは製造上困難であり、0.003%程度は不可避不純物として含有することがある。

【0025】

[S: 0%超、0.02%以下]

Sは旧オーステナイト粒界に偏析し、組織を脆化させるため疲労特性が低下する。そのためS含有量は、0.02%以下、好ましくは0.015%以下である。S含有量は少ないほど好ましいが、ゼロとするのは製造上困難であり、0.003%程度は不可避不純物として含有することがある。

10

【0026】

[Cr: 0.3~0.7%未満]

Crは、焼入れ性を向上させて、ばね強度を向上させることに加え、Cの活量を低下させて圧延時や熱処理時の脱炭を防止する効果がある。このような効果を有効に発揮させるにはCr含有量は、0.3%以上、好ましくは0.35%以上、より好ましくは0.4%以上である。一方、Crが増加すると鋼中のCr系炭化物が増加するだけでなく、粗大なCr系炭化物が生じて熱処理鋼線の曲げ加工性を悪化させる。そのためCr含有量は0.7%未満、好ましくは0.68%以下、より好ましくは0.65%以下である。

20

【0027】

[V: 0.05~0.5%]

Vは、熱間圧延、および焼入れ焼戻し処理において結晶粒を微細化する作用があり、靱延性を向上させる。また、窒化処理などの高温処理時に2次析出硬化を起こせばねの強度の向上に寄与する。これらの効果を発揮させるためには、V含有量は0.05%以上、好ましくは0.10%以上、より好ましくは0.15%以上である。一方、V含有量が多いと、CrとVの複合金炭化物が増加して熱処理鋼線の曲げ加工性を低下させる。そのためV含有量は0.5%以下、好ましくは0.45%以下、より好ましくは0.40%以下である。

30

【0028】

[Al: 0%超、0.01%以下]

Alは、鋼中で Al_2O_3 やAlNの介在物を形成する。これらの介在物はばねの疲労寿命を著しく低下させる。そのためAl含有量は0.01%以下、好ましくは0.005%以下である。

【0029】

[N: 0%超、0.007%以下]

NはAlと結合してAlNの介在物を形成する。AlN介在物はばねの疲労寿命を著しく低下させる。そのためN含有量は0.007%以下、好ましくは0.006%以下、より好ましくは0.005%以下である。

40

【0030】

[O: 0%超、0.004%以下]

Oを過剰に含有すると粗大な非金属介在物を生成して疲労強度を低下させる。そのためO含有量は0.004%以下、好ましくは0.003%以下である。

【0031】

本発明の熱処理鋼線の基本成分は上記の通りであり、残部は実質的に鉄である。但し、鉄原料(スクラップを含む)、副原料などの資材、製造設備などの状況によって不可避免的に混入するCa、Naなどの不可避不純物が鋼中に含まれることは当然に許容される。

【0032】

本発明の鋼材には、必要に応じて更に少なくともNi、またはBを含有させてもよく、

50

含有させる元素の種類、含有量に応じて熱処理鋼線の特性を更に改善できる。これらの元素を含有させるときの好ましい範囲設定理由は下記の通りである。

【0033】

[Ni: 0%超、0.3%以下]

Niは、熱間圧延時の脱炭を抑制する他、熱処理鋼線の韌延性を向上させる効果がある。このような効果を有効に発揮させるにはNi含有量は、好ましくは0.05%以上、より好ましくは0.07%以上、更に好ましくは0.1%以上である。一方、Ni含有量が多いとコスト面で劣るだけでなく、焼入れ性が過度に向上するため、圧延時にマルテンサイト、ベイナイト等の過冷組織が生成しやすくなる。そのため、Ni含有量は好ましくは0.3%以下、より好ましくは0.27%以下、更に好ましくは0.2%以下である。

10

【0034】

[B: 0%超、0.01%以下]

Bは、焼入れ性の向上とオーステナイト結晶粒界の清浄化作用があり、韌延性を向上させる。このような効果を有効に発揮させるには、B含有量は好ましくは0.001%以上、より好ましくは0.0015%以上、更に好ましくは0.002%以上である。一方、Bを過剰に含有させるとFeとBの複合化合物が析出し、熱間圧延時の割れを引き起こす危険がある。また、焼入れ性が過度に向上するため、マルテンサイト、ベイナイト等の過冷組織が生成しやすくなる。そのため、B含有量は好ましくは0.01%以下、より好ましくは0.008%以下、更に好ましくは0.006%以下である。

【0035】

20

本発明の熱処理鋼線の製造方法は特に限定されず、公知の製造条件を採用できる。例えば上記化学成分組成を有する鋼を溶製、分塊圧延した鋼片を熱間圧延で直径5.0~8.0mm程度の線材に加工し、コイル状に巻き取って冷却する。その後、鋼線材(以下、「圧延線材」ということがある)に熱処理等を施すことなく表層の疵や脱炭部を除去する皮削り処理を実施する。更にその後、高周波等で軟化焼鈍処理、またはパテント処理を行った後、所望の線径、例えば弁ばね用の場合は直径3~4mm程度まで伸線加工する。得られた伸線加工線材はその後、オイルテンパーと呼ばれる焼入れ、焼戻し処理を実施して熱処理鋼線が得られる。弁ばねやクラッチばねなどの各種ばねは、このようにして得られた熱処理鋼線をばね形状に加工することで得られる。

【0036】

30

熱処理鋼線のCr系炭化物の析出サイズ、個数を制御するためには、分塊圧延時の加熱温度、および線材圧延時の巻取り後の冷却開始温度、冷却速度等の圧延温度制御に加えて、二次加工におけるパテント処理、および伸線処理後の焼入れ・焼戻し処理の熱処理条件を制御する必要がある。

【0037】

例えば上記所定の化学成分組成を満足する鋼塊を溶鋳炉で溶製した後、この鋳塊を分塊圧延して所定サイズのピレットを作製する。分塊圧延工程ではCr系炭化物を十分に固溶させるため、分塊圧延前にピレットを1200以上、好ましくは1210以上、より好ましくは1220以上に加熱する必要がある。ピレットを高温に加熱する程、Cr系炭化物を固溶できるため、加熱温度の上限は特に限定されないが、加熱炉の耐熱温度や加熱コストを考慮すると、加熱温度の上限は1250以下、好ましくは1240以下、より好ましくは1230以下である。

40

【0038】

熱間圧延後は制御冷却を行う必要がある。熱間圧延後の冷却過程でCr系炭化物の生成、成長を抑制すると共に、ベイナイトやマルテンサイト等の過冷却組織の発生や過度の脱炭を抑制するためには圧延線材を適切に冷却する必要がある。具体的には圧延線材を巻取った後の冷却コンベアに載置する際の載置温度、すなわち、圧延巻取り温度を750以上、好ましくは780以上、より好ましくは800以上であって、950以下、好ましくは920以下、より好ましくは900以下にすることが望ましい。

【0039】

50

またコンベア載置後の冷却開始からパーライト変態終了温度域、すなわち600 までの平均冷却速度(以下、「平均冷却速度I」ということがある)を1.0 /秒以上、好ましくは2 /秒以上であって、6 /秒以下、好ましくは5 /秒以下、より好ましくは4 /秒以下とする。その後、600 未満から300 までの平均冷却速度(以下、「平均冷却速度II」ということがある)を2 /秒以上、好ましくは3 /秒以上であって、8 /秒以下、好ましくは7 /秒以下とする。このように冷却速度を制御することでCr系炭化物の生成、成長を抑制できると共に、二次加工処理に適したパーライト組織にできる。

【0040】

上記冷却速度制御は、例えば圧延線速、コンベア速度、ブロー冷却、カバー冷却等を適宜組み合わせることによって制御可能である。なお、上記温度は、コンベア上の複数個所に設けた放射温度計によって測定することができる。

10

【0041】

その後、圧延線材表面層の脱炭層、疵等を取除く皮削り処理、パーライト組織とするためのパテンティング処理を行った後、所望の線径に伸線加工する。パテンティング時の加熱条件を制御することでパーライト組織にでき、また特に粗大な未溶解Cr系炭化物を抑制できる。したがってパテンティング時の加熱温度は850 以上、好ましくは860 以上、より好ましくは870 以上である。一方、結晶粒粗大化による伸線性の低下を抑制するためには、加熱温度を900 以下、好ましくは890 以下、より好ましくは880 以下とする。また該加熱温度での保持時間は10秒以上、好ましくは15秒以上、より好ましくは20秒以上であって、60秒以下、好ましくは55秒以下、より好ましくは50秒以下である。平均冷却速度は1.0秒 /秒以上、好ましくは2.0秒 /秒以上であって、6 /秒以下、好ましくは5 /秒以下である。このような制御冷却をおこなうことで、後工程に適したパーライト組織が得られると共に、粗大なCr系炭化物の析出を抑制できる。

20

【0042】

その後、伸線加工して得られた伸線加工線材には焼入れ焼戻し処理を施す。焼入れ時の加熱温度は加熱不足による粗大な未溶解Cr系炭化物を抑制するため850 以上、好ましくは860 以上、より好ましくは870 以上である。一方、残留オーステナイト結晶粒が粗大化して靱延性が低下するのを抑制する観点から加熱温度は、950 以下、好ましくは940 以下、より好ましくは930 以下である。また上記加熱温度における効果を発揮するためには上記加熱温度での保持時間を制御する必要がある。保持時間は5秒以上、好ましくは10秒以上、より好ましくは15秒以上であって、50秒以下、好ましくは45秒以下、より好ましくは40秒以下である。

30

【0043】

所定時間保持した後に加熱した油、例えば概ね50~60 程度の油で焼入れを行えばよい。

【0044】

焼入れ後の焼戻しは2100MPa以上の引張強度となるように適宜調整すればよい。ただし、焼戻し温度が高すぎる場合や加熱保持温度が長すぎる場合は、粗大なCr系炭化物の残存量が多くなり、曲げ加工性が低下する。例えば焼戻しは加熱温度350 以上、450 以下、加熱温度での保持時間を50秒以上、200秒以下である。

40

【0045】

本発明の熱処理鋼線は、後記実施例に示すように疲労特性に優れた特性を示す。本発明の熱処理鋼線は所望のコイル径、自由高さ、巻き数に加工して弁ばねやクラッチばね、エンジンばね、トランスミッションばねなど各種ばねを製造できる。熱処理鋼線には加工する際に必要に応じて窒化処理や真空浸炭処理などの公知の各種処理を施してもよい。

【実施例】

【0046】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例

50

によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【 0 0 4 7 】

表 1 に示す化学成分組成の鋼塊 1 5 0 k g を小型真空溶解炉で溶製した後、分塊温度を模擬した 1 2 0 0 で加熱した後、鍛伸加工して 1 5 5 m m の鋼片を作製した。この鋼片を熱間圧延した後、載置温度、および載置後 6 0 0 までの平均冷却速度 I、およびその後 3 0 0 までの平均冷却速度 II を表 2 に示すように制御して線径 8 . 0 m m の圧延線材を製造した。この圧延線材を皮削り処理して表層の脱炭層、疵等を除去した後、表 2 に示す条件でパテント処理してパーライト組織とした後、線径 4 . 0 m m にな

10

【 0 0 4 8 】

続いて表 2 に示す条件で焼入れ焼戻し処理を行った。その際、焼戻し処理は引張強度が 2 1 0 0 M P a 以上となるように実施した。

【 0 0 4 9 】

引張強度、絞り、電解抽出法に基づく C r 系炭化物量、および曲げ加工性は次のように測定して表 3 に記載した。

【 0 0 5 0 】

[引張強度、絞り]

オートグラフ (島津製作所製) にて評価間距離を 2 0 0 m m 、ひずみ速度 2 0 m m / m i n として引張り試験を行い引張強度、およびオートグラフで測定を行い、破面形状から絞りを測定した。絞りが 4 5 % 以上であれば靱延性に優れると判定した。

20

【 0 0 5 1 】

[電解抽出法に基づく C r 系炭化物量]

C r 系炭化物の電解抽出残渣分析を行った。まず、熱処理鋼線表面のスケールをサンドペーパーで除去した後、アセトンで洗浄処理を行った。得られたサンプルを電解液である 1 0 質量 % アセチルアセトン含有エタノール溶液中に浸漬させ、熱処理鋼線表層からの電解質量が 0 . 4 ~ 0 . 5 g 程度となった後、試験片を取り出した。その後、母相の金属 F e を電気分解して電解液の鋼中の C r 系炭化物、およびその他微量に存在する C r 系炭化物以外の炭化物、炭窒化物、窒化物などをメッシュ直径 1 . 0 μ m 、および 0 . 4 μ m のフィルター [アドバンテック東洋 (株) 製メンブランフィルター] を使用した 2 段階のろ過を行って各フィルター上に抽出残渣として採取した。熱処理鋼線の電解前後の質量差を電解質量とした。各フィルター残渣質量を電解質量で除して C r 系炭化物質量 (%) を求めた。具体的には電解液を 1 . 0 μ m フィルターでろ過した後、得られたろ液を 0 . 4 μ m フィルターでろ過した。電解抽出残渣分析をしたとき、 [1 . 0 μ m フィルターの残渣量 / 電解質量] が 1 . 0 % 以上、 2 . 8 0 % 以下であり、且つ、上記 1 . 0 μ m フィルターで得られたろ液を残渣分析したとき、 [0 . 4 μ m フィルターの残渣量 / 電解質量] が 0 . 1 0 % 以下の場合を合格とした。

30

【 0 0 5 2 】

[曲げ加工性]

曲げ加工性は自径巻きで評価を行った。得られた各熱処理鋼線で 1 0 0 0 巻の自径巻を行い折損回数で曲げ加工性の優劣を判断した。自径巻 1 0 0 0 巻中、折損回数が 5 回未満の場合を曲げ加工性に優れると評価し、折損回数が 5 回以上の場合を曲げ加工性が悪いと評価した。

40

【 0 0 5 3 】

【 表 1 】

No	鋼種	化学成分組成(質量%) 残留鉄、および不可避不純物												
		C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Al	N	O	Ni	B	
1	A	0.62	1.88	0.66	0.015	0.005	0.34	0.12	0.003	0.0033	0.0025	0.22	0.0033	
2	B	0.54	2.10	0.56	0.012	0.008	0.64	0.26	0.002	0.0041	0.0033			
3	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
4	D	0.67	1.72	0.94	0.013	0.010	0.38	0.18	0.003	0.0051	0.0030			
5	E	0.71	1.65	0.93	0.019	0.008	0.68	0.22	0.007	0.0045	0.0027	0.20	0.0048	
6	F	0.63	1.91	1.07	0.018	0.007	0.47	0.26	0.003	0.0037	0.0022	0.28		
7	G	0.66	1.80	0.73	0.010	0.007	0.58	0.28	0.001	0.0041	0.0025			
8	H	0.59	2.41	1.39	0.015	0.009	0.43	0.37	0.000	0.0038	0.0015	0.25		
9	I	0.75	1.59	0.82	0.013	0.011	0.65	0.26	0.002	0.0042	0.0031		0.0027	
10	J	0.66	1.84	1.27	0.015	0.007	0.58	0.31	0.004	0.0027	0.0028	0.11	0.0033	
11	A	0.62	1.88	0.66	0.015	0.005	0.34	0.12	0.003	0.0033	0.0025		0.0033	
12	B	0.54	2.10	0.56	0.012	0.008	0.64	0.26	0.002	0.0041	0.0033			
13	B	0.54	2.10	0.56	0.012	0.008	0.64	0.26	0.002	0.0041	0.0033			
14	B	0.54	2.10	0.56	0.012	0.008	0.64	0.26	0.002	0.0041	0.0033			
15	B	0.54	2.10	0.56	0.012	0.008	0.64	0.26	0.002	0.0041	0.0033			
16	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
17	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
18	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
19	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
20	C	0.55	2.25	0.70	0.009	0.007	0.53	0.44	0.003	0.0032	0.0016	0.17		
21	D	0.67	1.72	0.94	0.013	0.010	0.38	0.18	0.003	0.0051	0.0030			
22	D	0.67	1.72	0.94	0.013	0.010	0.38	0.18	0.003	0.0051	0.0030			
23	K	0.87	1.80	0.93	0.015	0.009	0.62	0.23	0.003	0.0038	0.0013			
24	L	0.77	2.56	0.89	0.011	0.010	0.38	0.11	0.003	0.0039	0.0018	0.25		
25	M	0.62	1.98	0.88	0.011	0.007	0.75	0.27	0.003	0.0038	0.0016	0.18	0.0028	
26	N	0.61	2.03	0.92	0.012	0.009	0.58	0.56	0.003	0.0038	0.0022			

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

【 表 2 】

No	分塊 加熱温度 [°C]	圧延			パテンティング			焼入れ		焼き戻し	
		載置 温度 [°C]	平均 冷却速度 I [°C/sec]	平均 冷却速度 II [°C/sec]	加熱温度 [°C]	保持時間 [sec]	平均 冷却速度 [°C/sec]	加熱温度 [°C]	保持時間 [sec]	加熱温度 [°C]	保持時間 [sec]
1	1220	830	3.3	3.4	880	30	3.0	870	20	410	170
2	1230	910	3.3	6.4	890	40	3.0	900	40	390	70
3	1240	880	2.8	4.8	880	50	3.0	890	40	390	80
4	1230	790	4.2	7.1	900	20	2.0	910	30	420	120
5	1200	880	2.5	4.8	860	50	3.0	910	40	420	80
6	1230	810	4.7	5.1	890	40	4.0	930	50	430	80
7	1200	920	3.7	3.1	880	30	3.0	890	40	420	70
8	1210	890	4.1	7.7	860	40	5.0	880	30	400	140
9	1240	910	2.6	5.7	890	50	2.0	900	30	430	120
10	1230	870	2.8	6.5	900	30	3.0	890	40	430	80
11	1130	850	3.5	4.8	880	30	2.0	860	20	420	90
12	1140	810	3.3	5.2	880	40	3.0	880	30	410	80
13	1210	970	2.5	5.3	-	-	-	-	-	-	-
14	1220	900	0.7	4.8	880	50	3.0	920	20	390	50
15	1210	890	2.8	1.5	900	30	4.0	900	30	390	30
16	1240	900	1.9	6.3	840	30	2.0	910	50	400	40
17	1230	920	4.1	7.1	890	5	4.0	-	-	-	-
18	1240	850	3.8	4.8	870	30	0.8	880	50	400	50
19	1240	860	3.5	7.4	890	50	3.0	830	30	400	100
20	1230	880	4.3	5.7	880	20	2.0	920	3	430	90
21	1230	880	3.3	5.1	850	40	4.0	930	30	470	30
22	1220	830	3.7	5.1	890	40	3.0	880	40	430	220
23	1240	890	2.8	5.8	860	50	2.0	940	40	470	90
24	1240	840	3.7	6.8	900	30	3.0	890	30	470	110
25	1230	820	3.2	7.0	860	30	4.0	940	40	420	100
26	1240	880	3.6	5.1	890	40	3.0	890	50	400	70

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

【表 3】

No	引張強度 [MPa]	韌延性 絞り [%]	電解抽出残渣分析		曲げ加工性 自径巻 折損回数
			1.0umフィルター: 質量[%]	0.4umフィルター: 質量[%]	
1	2103	49.8	1.31	0.01	0
2	2147	48.3	2.71	0.02	0
3	2130	49.8	2.08	0.01	0
4	2118	52.4	2.49	0.05	1
5	2118	50.4	1.88	0.04	0
6	2128	48.9	2.61	0.07	2
7	2121	50.3	1.81	0.04	0
8	2124	48.8	2.10	0.05	0
9	2148	50.8	2.34	0.05	1
10	2138	52.9	1.58	0.01	0
11	2128	51.5	2.71	0.28	28
12	2108	53.8	2.59	0.22	17
13	-	-	-	-	-
14	2108	49.8	2.70	0.14	20
15	2118	48.1	3.33	0.07	19
16	2132	49.1	2.99	0.08	22
17	-	-	-	-	-
18	2123	52.4	2.57	0.18	8
19	2141	34.8	3.35	0.33	19
20	2110	50.7	2.88	0.18	22
21	2138	48.5	3.41	0.09	17
22	2135	52.9	4.18	0.09	30
23	2141	44.5	4.81	0.28	24
24	2117	43.7	3.91	0.09	18
25	2125	52.0	5.19	0.40	22
26	2108	52.8	2.38	0.18	31

10

20

【0056】

試験No. 1 ~ 10は本発明で規定する要件を満足する例である。これらは成分組成、およびCr系炭化物が制御されており、高強度、且つ優れた曲げ加工性を有していた。

30

【0057】

試験No. 11、12は、分塊圧延前の加熱温度が低かった例である。そのためCr系炭化物を十分に固溶できず、0.4μmフィルター残渣にCr系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【0058】

試験No. 13は、線材圧延終了時のコンベア載置温度、すなわち冷却開始温度が高かった例である。そのため過冷却組織が発生し、皮削り処理で断線が生じたため評価を中止した。

【0059】

試験No. 14は、線材圧延時の冷却開始から600 までの平均冷却速度Iが遅かった例である。そのためCr系炭化物の成長が進行して焼入れ焼戻し後に1.0μmフィルター残渣に粗大なCr系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

40

【0060】

試験No. 15は、300 までの平均冷却速度IIが遅かった例である。この例ではCr系炭化物の成長が進行して焼入れ焼戻し後に1.0μmフィルター残渣に粗大なCr系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【0061】

試験No. 16は、パテンティング処理時の加熱温度が低かった例である。この例ではパテンティング処理時に残存したCr系炭化物が焼入れ焼戻し処理後にも残存したため1

50

． 0 μ mフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 2 】

試験No． 1 7 は、パテンティング処理の加熱保持時間が短かった例である。この例では不完全組織となり、伸線加工時に断線したため評価を中止した。

【 0 0 6 3 】

試験No． 1 8 は、パテンティング処理時の平均冷却速度が遅かった例である。この例ではC r系炭化物の成長が進行して焼入れ焼戻し後に0． 4 μ mフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 4 】

試験No． 1 9 は、焼入れ時の加熱温度が低かった例である。この例では粗大な未溶解C r系炭化物が生成して靱延性が低下した。また1． 0 μ mフィルター残渣、および0． 4 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 5 】

試験No． 2 0 は、焼入れ時の加熱保持時間が短かった例である。この例では1． 0 μ mフィルター残渣、および0． 4 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 6 】

試験No． 2 1 は、焼戻し温度が高く、また保持時間が短かった例である。この例では1． 0 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 7 】

試験No． 2 2 は、焼戻しの加熱保持時間が長かった例である。この例では0． 4 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 8 】

試験No． 2 3 は、C含有量が多く、焼戻し温度が高かった例である。この例では粗大な未溶解C r系炭化物が生成して靱延性が低下した。また1． 0 μ mフィルター残渣、および0． 4 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 6 9 】

試験No． 2 4 は、S i含有量が多く、焼戻し温度が高かった例である。この例では粗大な未溶解C r系炭化物が生成して靱延性が低下した。また1． 0 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 7 0 】

試験No． 2 5 は、C r含有量が多かった例である。C r系炭化物の成長が進行して焼入れ焼戻し後に1． 0 μ mフィルター残渣、および0． 4 mmフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

【 0 0 7 1 】

試験No． 2 6 は、V含有量が多かった例である。この例ではC r系炭化物の成長が進行して焼入れ焼戻し後に0． 4 μ mフィルター残渣にC r系炭化物が多く残存しており、曲げ加工性が劣っていた。

10

20

30

40

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
C 2 1 D	9/52	(2006.01)	C 2 1 D	9/52	1 0 3 B
C 2 1 D	1/06	(2006.01)	C 2 1 D	1/06	A

(72)発明者 増田 智一
 兵庫県神戸市灘区灘浜東町2番 株式会社神戸製鋼所 神戸製鉄所内

審査官 鈴木 葉子

(56)参考文献 特開2013-213238(JP,A)
 国際公開第2007/114491(WO,A1)
 特開2006-183137(JP,A)
 特開2002-180198(JP,A)
 特開平11-006033(JP,A)
 特開平05-320827(JP,A)
 特開平04-006211(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0
 C 2 1 D 8 / 0 0 - 8 / 1 0
 C 2 1 D 9 / 0 0 - 9 / 4 4 , 9 / 5 0
 C 2 1 D 9 / 5 2 - 9 / 6 6