(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2009 年 8 月 20 日(20.08.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/101951 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/28* (2006.01)
B23K 26/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/052266

(22) 国際出願日: 2009 年 2 月 12 日(12.02.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-030867 2008 年 2 月 12 日(12.02.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社(SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上村 隆之(KAMIMURA, Takayuki) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 藤原 知哉(FUJIWARA, Kazuki) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 新宅 祥晃(SHINTAKU, Yoshiaki) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 前田 隆雄(MAEDA, Takao) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 久保 諭(KUBO, Satoshi) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 岡田 光(OKADA, Hikaru) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 杉岡 幹二, 外(SUGIOKA, Kanji et al.); 〒6600892 兵庫県尼崎市東難波町五丁目１７番２３号 杉岡特許事務所 Hyogo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2009/101951 A1

(54) **Title**: STEEL MATERIAL FOR THERMAL CUTTING WITH OXYGEN

(54) 発明の名称: 酸素を用いる熱切断用鋼材

(57) **Abstract**: A steel material which has been rid of surface scale and which contains Si: 0.08 to 0.20%, Al: more than 0.03% to 0.08%, and one or more of P, Ti and V and satisfies the relationships: [Al/Si≤0.45] and [262×(Al/Si)+197×(P/Si)+225×(Ti/Si)+50×(V/Si)>123] wherein each symbol of element represents the content of the element. The steel material permits high-speed stable thermal cutting and is usable as the material for laser beam cutting, plasma arc cutting, and gas cutting. The steel material may have an inorganic zinc primer coat on the surface.

(57) 要約: 表面のスケールを除去した鋼材であって、Ｓｉ：０．０８～０．２０%およびＡｌ：０．０３%を超えて０．０８%以下を含むとともに、Ｐ、ＴｉおよびＶのうちの１種以上を含有し、さらに、元素記号をその元素の含有量として、〔Ａｌ／Ｓｉ≦０．４５〕および〔２６２×（Ａｌ／Ｓｉ）＋１９７×（Ｐ／Ｓｉ）＋２２５×（Ｔｉ／Ｓｉ）＋５０×（Ｖ／Ｓｉ）＞１２３〕の式を満たす鋼材は、高速で安定した熱切断作業を実施することができ、レーザー切断、プラズマ切断、ガス切断用として使用できる。この鋼材は表面に無機系のジンクプライマーを塗布したものであってもよい。

明 細 書

酸素を用いる熱切断用鋼材

技術分野

[0001] 本発明は、酸素を用いる熱切断用鋼材に関し、詳しくは、レーザー、プラズマ、ガス等で高速切断することが可能な、表面のスケールを除去した酸素を用いる熱切断用鋼材に関する。特に、亜鉛末を含有する一次防錆塗料であるいわゆる「ジンクプライマー」、なかでも無機系のジンクプライマーを塗装した状態であっても、レーザー、プラズマ、ガス等で高速切断することが可能な酸素を用いる熱切断用鋼材にも関する。

背景技術

[0002] 近年、レーザー切断機の技術進歩が著しく、板厚が3．2mm以下の薄板のみならず、板厚が30mmまでの厚板の切断にもレーザー切断機が適用可能になり、厚板の切断にもレーザー切断機が普及している。

[0003] レーザー切断機は、安全上の問題が少なく、夜間の無人運転が可能であるため、ガス切断機などには見られない利点を有している。

[0004] なお、レーザー切断機による夜間の無人運転を行うには、十分な仕事量が確保できるように、大きな鋼材（以下、鋼材を「鋼板」で代表させて説明することがある。）を用いた作業とすることが望ましい。

[0005] しかしながら、夜間に無人運転する場合には、切断トラブルが起きた際にそのトラブルを処理する作業員が居ないために、トラブルが放置されたり、あるいはトラブル品が量産されてしまうという問題が生じる。これらのトラブルのうちで大きなものの例としては、切断がストップしてしまうというものが、また、小さなものの例としては、切断面が乱れるというものが挙げられるが、特に切断面の乱れに関しては、製品の商品価値を損なう要因となる場合や次工程、例えば溶接施工へ悪影響を及ぼすことになる。このため、切断面の手直しのためにコストの増大をきたし、場合によっては、不良品としてスクラップ処理せざるを得ない場合もあって、看過できないものである。

[0006] 前記のトラブルは、切断機側に原因があるものと鋼板側に原因があるものの2つに大別される。

[0007] 切断機側に原因があるトラブルには、さまざまな要因が考えられ、一例として、夜間の電圧変動によるレーザー出力の変化および切断機の振動や大きな鋼板の微小なうねり、キズ等による不具合がある。こうしたトラブル要因を解消するために種々の工夫がなされているが、完全に解消することは不可能である。

[0008] このため、近年では、切断機側にレーザー出力の変動、振動といった問題が多少生じたとしても、切断条件の変動に対する余裕幅が大きく、夜間の無人運転を可能にする大きな鋼板が求められ、その鋼板全体に高品質であることが要求される。

[0009] なお、従来から、レーザー切断性には鋼板の表面性状の影響が大きいことが指摘されている。特に、亜鉛末を含有するジンクプライマーで塗装された鋼板のレーザー切断には種々の問題があることが知られている。それらのうちで特に大きな問題としては、切断速度を上げると切断面にキズやドロス付着が発生しやすいために、切断速度を上げることができず作業性が低下することおよび、切断不良によって切断作業を中断する事態に陥り、特に、夜間の無人運転中に切断作業が中断すると後工程に大きな影響を及ぼして、生産性が著しく低下することが挙げられる。なお、切断速度を上げることができないだけではなく、レーザー切断によって切断可能な板厚にも限界があり、板厚が大きすぎる鋼板は切断できない場合がある。

[0010] レーザー切断速度の向上に関しては、従来、主として表面のプライマーの改良による検討がなされてきた。

[0011] 例えば、特許文献1には、鋼材に塗装するジンクプライマー中のZnおよびSiO_2（シリカ）の量を制限し、特に、SiO_2量を極力下げて、レーザー切断性を向上させた「レーザー切断用鋼材」が開示されている。この特許文献1には、SiO_2は、プライマー層の耐火性向上と強度向上の観点からプライマーに含有させる成分であるが、SiO_2は高温まで安定であるため、レーザーエネルギーの鋼板への伝導を妨げ、切断速度への悪影響が非常に大きいことが記載されている。

[0012] また、特許文献2には、珪酸エステル縮合物、亜鉛末および、例えば、タルク、マイカ、弁柄、フェロ合金、蛍石などの鉄よりも融点が低い顔料を含有する、レーザー切断性に優れた「一次防錆塗料組成物」（プライマー）が開示されている。

[0013] さらに、特許文献3には、ケイ素系無機結合剤と平均粒子径5μm以下の微細な亜

鉛末とを主成分とする組成物を塗装してなる「鋼板前処理方法」が開示されている。

[0014] 一方、プラズマ切断においても技術進歩が著しく、切断面の質および切断代に関して急速な改善がみられている。なお、プラズマ切断機はレーザー切断機ほどのメンテナンスを必要としない利点がある。しかし、プラズマ切断では、切断機に使用される消耗品の寿命が短く、特に、厚鋼板を切断する場合には高出力でプラズマを発生させる必要があるため、消耗品の寿命が極めて短くなるという問題があった。したがって、プラズマ切断を行う際には、大幅に出力を高めずに高速で切断することが求められている。

[0015] 特許文献4には、レーザー切断、プラズマ切断などの熱切断法を適用するのに好適な「溶断性に優れた鋼板」が開示されている。

[0016] 特許文献1:特開平10－226846号公報

特許文献2:特開2002－114944号公報

特許文献3:特開2001－295071号公報

特許文献4:特開平11－199984号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0017] 前述の特許文献1で提案されたプライマーおよび特許文献2で提案された塗料組成物はいずれも、近年の大出力レーザー切断機を用いたレーザー切断に対してはなお効果が不十分であり、16mmを超える厚鋼板の切断や高速切断には十分に対応することができない。また、切断不良の発生に対する対策が考慮されていないため、特に夜間の無人運転において、切断中断が発生しやすくなってしまう。

[0018] さらに、特許文献1で提案された技術の場合は塗料中のSiO_2量を著しく低減し、また、特許文献2で提案された技術の場合には塗料がSiO_2を全く含有していない。このため、塗膜の耐火性や強度が不十分になることを避け難い。塗膜の強度低下が生じた場合には、塗膜の剥離やキズが付きやすくなる可能性があるので、防錆性の劣化をきたすことにもつながってしまう。

[0019] 特許文献3には、前述の方法で処理した鋼板について、レーザー切断による溶断性が評価されているものの、その試験はレーザーの焦点を調整(すなわち、最適化)

して行ったものと考えられ、レーザーの焦点ずれを考慮して評価したものではない。また、レーザー切断試験（溶断試験）は1m／分（1000mm／min）の速度で行われており、それより高速でのレーザー切断性については評価されていない。

[0020] 特許文献4には、プラズマ切断に関しての記載があるが、プラズマ切断試験は0．1m／minの速度で行われており、この速度では実用には耐えない。

[0021] そこで、本発明の目的は、高速に鋼材の切断が可能な酸素を用いる熱切断用鋼材を提供すること、なかでも、熱切断機としてのレーザー切断機を夜間の無人運転に使用した場合にも切断トラブルを起こし難く、特に塗装された鋼材のレーザー切断性を著しく向上させ、かつ大出力レーザー切断機により夜間無人運転を行った場合の切断中断の発生を極力防止することがきるレーザー切断用鋼材を提供することである。

[0022] 本発明者らは、前記した課題を解決するために、最初に、大出力のレーザー切断機を用いて鋼材のレーザー切断性に関して種々の調査を実施した。その結果、先ず、下記（a）および（b）の知見を得た。

[0023] （a）従来のスケールを除去した鋼材およびジンクプライマーを塗装した鋼材、なかでも無機系のジンクプライマーを塗装した鋼材の大出力レーザー切断機での切断作業において見られる切断不良、特に、夜間の無人自動運転時に切断中断を引き起こす大きな要因は、鋼材のうねり、あるいはキズなどによって、レーザーの焦点に対して鋼材の位置が変動する、いわゆる「焦点ずれ」が生じることである。したがって、スケールを除去した鋼材および塗装した鋼材がレーザーの焦点ずれに対して鈍感である場合、換言すれば、上記鋼材に対する切断可能なレーザー焦点位置からの変動範囲が大きい場合には、安定して切断速度を上げることができ、かつ厚みの大きな鋼板の場合でも切断が可能になる。

[0024] （b）鋼材のレーザー切断性に対しては、レーザー切断時に鋼が酸化されることにより生じるFe_2SiO_4（ファイアライト）の共晶点が密接に関連する。そして、Fe_2SiO_4の共晶点を下げれば、切断時に溶融したFe（あるいは酸化鉄）が切断部から容易に排出されるので、レーザー切断性が向上する。

[0025] そこで次に、Fe_2SiO_4の共晶点を下げる技術について検討を行い、その結果、下記（c）～（f）の知見を得た。

[0026] (c)Fe_2SiO_4の共晶点を下げる元素として、Al、P、TiおよびVの効果が大きい。

[0027] (d)上記のAl、P、TiおよびVを単に鋼材に含有させるだけでは、鋼材の機械的性質および溶接性を変化させることになるが、鋼材中のSi含有量との比でAl、P、TiおよびVの含有量を適正化すれば、鋼材の性能に悪影響を及ぼすことなくスケールを除去した鋼材およびジンクプライマーを塗装した鋼材、なかでも無機系のジンクプライマーを塗装した鋼材のレーザー切断性が著しく向上するのでレーザー切断速度を上げることができる。

[0028] (e)レーザー切断速度を上げるために切断入熱を高めた場合には、異常燃焼による不具合であるいわゆる「バーニング」現象が生じて切断することができないが、上記(d)のSi含有量との比でAl、P、TiおよびVの含有量を適正した鋼材の場合には、バーニング現象が生じ難く、そのため極めて高速で切断することが可能である。

[0029] (f)しかも、上述のSi含有量との比でAl、P、TiおよびVの含有量を適正した鋼材の場合には、切断可能なレーザー焦点位置からの変動範囲が大きくなって切断工程での焦点ずれに対して鈍感になるので、鋼材の位置変動に起因する切断不良や、夜間自動運転中の切断中断を容易に防止することができる。

[0030] 本発明者らは、さらに、レーザーが最初に到達する鋼材の表面に着目した検討を行った。その結果、下記(g)の知見を得た。

[0031] (g)鋼材の表面性状はレーザー切断性に影響を与える。表面粗さが小さいと、レーザー光の反射が顕著になり十分に鋼材表面にエネルギーが伝わらずに切断性が低下する。またジンクプライマーを塗布する場合、塗膜の十分な密着耐久性が得られないため、好ましくない。一方、表面粗さが大きいと鋼材の表面でレーザーが乱反射し、レーザー切断性が低下する。

[0032] 以上のレーザー切断性に関する調査を踏まえ、本発明者らは、次に、レーザー切断以外の熱切断方法への適用を考えた。その結果、下記(h)の知見を得た。

[0033] (h)レーザー切断性の調査で得られた知見は、レーザー切断以外の熱切断、具体的には、プラズマ切断、ガス切断などの切断にも適用できる。ただし、切断にあたっては、切断中に生成する酸化物を制御して切断性を高めるため、酸素を用いることが必要である。

[0034] 本発明は、上記の知見に基づいて完成されたものであり、その要旨は、下記の(1)～(8)に示す酸素を用いる熱切断用鋼材および(9)～(16)に示すレーザー切断用鋼材にある。

[0035] (1)表面のスケールを除去した鋼材であって、質量%で、Si:0.08～0.20%およびAl:0.03%を超えて0.08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有し、さらに、下記(1)式および(2)式を満たすことを特徴とする酸素を用いる熱切断用鋼材。

Al／Si≦0.45・・・(1)、

262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123・・・(2)。

なお、(1)式および(2)式中の元素記号は、その元素の質量%での含有量を表す。

[0036] (2)表面に無機系のジンクプライマーを塗布したことを特徴とする上記(1)に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0037] (3)表面粗さが十点平均粗さRzJISで15～85μmであることを特徴とする上記(1)または(2)に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0038] (4)質量%で、C:0.02～0.17%、Si:0.08～0.20%、Mn:0.20～1.60%、Cu:0.03%未満、Ni:0.05%以下、S:0.015%以下、Al:0.03%を超えて0.08%以下およびN:0.009%以下を含むとともに、P:0.04%以下、Ti:0.08%以下およびV:0.08%以下のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする上記(1)から(3)までのいずれかに記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0039] (5)質量%で、さらに、Cr:0.2%以下を含有することを特徴とする上記(4)に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0040] (6)質量%で、さらに、Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする上記(4)または(5)に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0041] (7)質量%で、さらに、B:0.003%以下を含有することを特徴とする上記(4)から(6)までのいずれかに記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0042] (8)質量%で、さらに、Ca:0.005%以下、Mg:0.005%以下およびREM:0.005%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする上記(4)から(7)までのいずれかに記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[0043] (9)表面のスケールを除去した鋼材であって、質量%で、Si:0.08～0.20%およびAl:0.03%を超えて0.08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有し、さらに、下記(1)式および(2)式を満たすことを特徴とするレーザー切断用鋼材。

Al／Si≦0.45・・・(1)、

262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123・・・(2)。

なお、(1)式および(2)式中の元素記号は、その元素の質量%での含有量を表す。

[0044] (10)表面に無機系のジンクプライマーを塗布したことを特徴とする上記(9)に記載のレーザー切断用鋼材。

[0045] (11)表面粗さが十点平均粗さRzJISで15～85μmであることを特徴とする上記(9)または(10)に記載のレーザー切断用鋼材。

[0046] (12)質量%で、C:0.02～0.17%、Si:0.08～0.20%、Mn:0.20～1.60%、Cu:0.03%未満、Ni:0.05%以下、S:0.015%以下、Al:0.03%を超えて0.08%以下およびN:0.009%以下を含むとともに、P:0.04%以下、Ti:0.08%以下およびV:0.08%以下のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする上記(9)から(11)までのいずれかに記載のレーザー切断用鋼材。

[0047] (13)質量%で、さらに、Cr:0.2%以下を含有することを特徴とする上記(12)に記載のレーザー切断用鋼材。

[0048] (14)質量%で、さらに、Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする上記(12)または(13)に記載のレーザー切断用鋼材。

[0049] (15)質量%で、さらに、B:0.003%以下を含有することを特徴とする上記(12)から(14)までのいずれかに記載のレーザー切断用鋼材。

[0050] (16)質量%で、さらに、Ca:0.005%以下、Mg:0.005%以下およびREM:0.005%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする上記(12)から(15)までのいずれかに記載のレーザー切断用鋼材。

[0051] なお、「REM」は、Sc、Yおよびランタノイドの合計17元素の総称であり、REMの含有量はREMのうちの1種または2種以上の元素の合計含有量を指す。

[0052] 以下、上記(1)～(8)に示す酸素を用いる熱切断用鋼材および(9)～(16)に示すレーザー切断用鋼材に係る発明を、それぞれ、「本発明(1)」～「本発明(16)」という。また、総称して「本発明」ということがある。

発明の効果

[0053] 本発明の酸素を用いた熱切断用鋼材(つまり、アシストガスとして酸素を含有する、言い換えれば酸化反応を用いた熱切断用鋼材)は、高速で安定した熱切断作業を実施することができ、レーザー切断、プラズマ切断、ガス切断用として使用できる。特に、本発明のレーザー切断用鋼材は、うねりまたはキズなどによるレーザーの焦点ずれに対して鈍感であるため、切断可能なレーザー焦点位置からの変動範囲が大きくなり、しかも、切断入熱を高めた場合にもバーニング現象が生じ難いという極めて良好なレーザー切断性を有する。したがって、本発明の鋼材を用いれば、一次防錆塗膜であるジンクプライマー層が形成された場合においても、大出力レーザー切断機を用いた極めて高速での切断が可能であり、しかも、切断不良が発生し難いので、夜間の無人運転における切断中断を防止することができ、特に、16mm厚みの鋼材の場合には1050mm／min、また、23mm厚みの鋼材の場合には800mm／minといった高速で安定したレーザー切断作業を実施することができる。

発明を実施するための最良の形態

[0054] 以下、本発明の各要件について詳しく説明する。なお、各元素の含有量の「%」は「質量%」を意味する。

[0055] (A)鋼材の基本化学組成について:

Si:0.08～0.20%

Siは、酸素を用いる熱切断中に酸化されてスケール層中にFe_2SiO_4(ファイアライト)を形成し、熱切断性を大きく支配する元素である。なお、以下においては、「酸素を

用いる熱切断」を「レーザー切断」で代表させて説明することがある。

[0056] Siの含有量が0．08％未満の場合には、十分な量のFe_2SiO_4が切断時に生成せず切断性が低下してしまう。すなわち、Fe_2SiO_4の共晶温度は1173℃であり、FeOの融点（1369℃）よりもはるかに低い。したがって、レーザー切断時に生成した鉄酸化物中にFe_2SiO_4が存在すれば、1173℃まで液相が持続されるため、溶融したFeあるいは鉄酸化物の低温度域での排出が容易になる。しかしながら、母材中のSi含有量が0．08％未満になると、Fe_2SiO_4の生成量が少なくなって溶融したFeあるいは鉄酸化物の排出が困難になるため、切断面の溶融が進み、「えぐれ」と呼ばれる現象が発生する。

[0057] 一方、Siの含有量が0．20％を超えると、十分な量のFe_2SiO_4は生成しているが、後述するAl、P、TiおよびVを多量に含有させる必要があるため、機械的性質および溶接性といった鋼材の特性が低下してしまう。

[0058] したがって、Siの含有量を0．08～0．20％とした。Si含有量の好ましい上限は0．18％である。また、好ましい下限は0．10％である。

[0059] Al:0．03％を超えて0．08％以下

Alは、脱酸のためおよびレーザー切断時に生成する鉄酸化物中に存在するFe_2SiO_4の共晶温度を下げて溶融したFeあるいは鉄酸化物の低温度域での排出を容易にしてレーザー切断性を高めるために必要な元素であり、0．03％を超える量を含有させる必要がある。しかしながら、Alの含有量が多くなり、特に0．08％を超えると、溶接部に硬質の島状マルテンサイトが生成し、靭性が劣化する。したがって、Alの含有量を0．03％を超えて0．08％以下とした。なお、Alの含有量は、上記の範囲においては多い方が好ましいので、Al含有量の下限は0．035％とすることが望ましい。

[0060] P、TiおよびV

P、TiおよびVはいずれもFe_2SiO_4の共晶点を下げる元素であり、溶融したFeあるいは鉄酸化物の低温度域での排出を容易にしてレーザー切断性を高める作用を有する。このため、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有させることとした。なお、P、TiおよびVの含有量は、後述するように、少なくとも前記の（2）式を満たすものでなければならない。

[0061] ここで、化学組成を上述したSi:0．08～0．20%およびAl:0．03%を超えて0．08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有するようにした鋼材として、レーザー切断時に生成する鉄酸化物中に存在するFe_2SiO_4の共晶温度を下げるだけではレーザー切断性が不十分な場合がある。したがって、下記(1)式および(2)式を満たす必要がある。

[0062] Al／Si≦0．45・・・(1)、

262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123・・・(2)。

なお、(1)式および(2)式中の元素記号は、その元素の質量%での含有量を表す。

[0063] これは、「Al／Si」の値が0．45を超える場合には、レーザー切断時にFe_2SiO_4以外に高融点であるAl_2O_3(アルミナ)が生成することによるものと考えられる。したがって、前記の(1)式、つまり、〔Al／Si≦0．45〕も満たすこととした。

[0064] また、Al、P、TiおよびVにはFe_2SiO_4の共晶点を下げる効果、換言すれば、Fe_2SiO_4が液相として存在する温度を下げる効果があるが、Fe_2SiO_4の共晶点はこれらの元素とSi含有量の比に依存する。その効果は各元素で異なるため、各元素の依存度を考慮すると、前記の(2)式が必要になる。ここで、(2)式を満足しない場合、すなわち「262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)」の値が123以下の場合には、安定かつ確実にレーザー切断性を高めることができない。したがって、(2)式、つまり、〔262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123〕も満たすこととした。この条件を満たせばレーザー切断性を安定かつ確実に高めることができる。

[0065] 上記の理由から、本発明(1)に係る酸素を用いた熱切断用鋼材および本発明(9)に係るレーザー切断用鋼材は、Si:0．08～0．20%およびAl:0．03%を超えて0．08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有し、さらに、前記の(1)式および(2)式を満たすことと規定した。

[0066] (B)鋼材の表面状況について:

前記(A)項の化学組成を有する鋼材は、その表面状況として圧延後のスケールが付着したままでも一定の優れた切断性を示すものである。しかしながら、圧延後のス

ケールが付着したままの場合には、熱処理条件等によりスケール性状が変化して切断性にも大きく影響する場合がある。

[0067] このため、本発明(1)に係る熱切断用鋼材は、より安定かつ確実に酸素を用いた熱切断性を高めるために、表面のスケールを除去することと規定した。同様に、本発明(9)に係るレーザー切断用鋼材も、より安定かつ確実にレーザー切断性を高めるために、表面のスケールを除去することと規定した。

[0068] なお、圧延後のスケール除去の方法は特に規定する必要はなく、例えば、酸洗処理やショットブラスト処理など公知の処理方法で行えばよい。

[0069] 本発明(1)に係る熱切断用鋼材および本発明(9)に係るレーザー切断用鋼材は、表面のスケールを除去した後、その表面に無機系のジンクプライマーを塗布してもその効果を発揮する。すなわち、上述のとおりFe_2SiO_4が液相として存在する温度が低下するので、鋼材表面に無機系のジンクプライマーが塗布された状態であっても、それぞれ、良好な酸素を用いた熱切断性およびレーザー切断性を有する。

[0070] したがって、本発明(2)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(10)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(1)の酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(9)のレーザー切断用鋼材のうちで、表面に無機系のジンクプライマーを塗布したものと規定した。

[0071] なお、鋼材表面への無機系のジンクプライマー塗布の方法は特に規定する必要はなく、例えば、エアスプレー処理や刷毛塗り処理など公知の処理方法で行えばよい。

[0072] また、無機系のジンクプライマーとしては、公知の市販の無機系のジンクプライマーを用いることができる。すなわち、アルキルシリケート系樹脂を主成分とし、Zn粉末を含有した塗料を用いることができる。なお、無機系のジンクプライマー中にFe_2SiO_4が液相として存在する温度を下げる元素である、Al、P、TiおよびVを含む顔料が添加されたプライマーであると、さらに共晶温度低下による効果により、レーザー切断性を始めとする酸素を用いる熱切断性が向上する。

[0073] 塗布する無機系のジンクプライマーの乾燥塗膜の膜厚は9～25μmの範囲とすることが好ましい。塗膜が9μmより薄くても、逆に25μmより厚くても、レーザー切断性を始めとする酸素を用いる熱切断性が低下することがある。塗膜が9μmより薄い場

合には、耐食性も劣化することがある。なお、上記の膜厚は平均膜厚を意味し、電磁膜厚計、例えば(株)サンコウ電子研究所製の「CRT－2000II電磁式デジタル膜厚計」を用いて、鋼材の表面における塗膜の膜厚を10点以上測定した平均値として求めることができる。

[0074] 本発明(3)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(11)に係るレーザー切断用鋼材は、その表面粗さがJIS B 0601(2001)に規定された十点平均粗さRzJISで15～85μmの場合に、それぞれ、酸素を用いる熱切断性およびレーザー切断性が向上する。表面粗さが15μm未満の場合には、鋼材表面に十分にエネルギーが伝わらずに切断性が低下することがある。これは、例えば、レーザー切断の場合には、レーザー光の反射が顕著になるからである。また、表面粗さが15μm未満では、ジンクプライマー塗布時の塗膜の密着耐久性が得られないこともある。一方、表面粗さが85μmを超える場合にも、鋼材表面に十分にエネルギーが伝わらずに切断性が低下することがある。これは、例えば、レーザー切断の場合には、鋼材表面でレーザーが乱反射するからである。

[0075] したがって、本発明(3)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(11)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(1)または(2)の酸素を用いる切断用鋼材および本発明(9)または(10)のレーザー切断用鋼材のうちで、表面粗さが十点平均粗さRzJISで15～85μmであることと規定した。

[0076] (C)鋼材の好適な化学組成について:

本発明に係る鋼材は、前記(A)項に記載の化学組成を有することに加えて、次に述べる量の元素を含有していることが好ましい。

[0077] C:0.02～0.17%

Cは、強度を高める元素であるため、0.02%以上を含有させるのが好ましい。ただし、0.17%を超えると鋼板の靭性を劣化させることがある。このため、Cの含有量は0.02～0.17%とするのが好ましい。なお、Cは安価な元素であり、レーザーでの切断時にO(酸素)と鋼中のCとの反応熱による切断性の向上効果も期待できる。このため、C含有量の下限は0.05%とするのがより好ましい。また、C含有量の上限は0.16%とするのがより好ましい。

[0078] Mn:0．20～1．60%

Mnは、鋼材の強度確保に有効な元素であるため、0．20%以上含有させるのが好ましい。しかしながら、Mnの含有量が1．60%を超えると、靭性の劣化およびレーザー切断性の劣化を招くことがある。したがって、Mnの含有量は0．20～1．60%とすることが好ましい。なお、Mn含有量の下限は0．30%とするのがより好ましい。

[0079] Cu:0．03%未満

Cuは、不純物として鋼中に存在し、その含有量が多い場合には、Cuチェッキングを生じる懸念がある。このため、Cuの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0．03%未満とするのが好ましい。

[0080] Ni:0．05%以下

Niも、不純物として鋼中に存在し、その含有量が多い場合には、鋳片の品位に悪影響を及ぼすおそれがある。このため、Niの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0．05%以下とするのが好ましい。

[0081] S:0．015%以下

Sは、不純物として鋼中に存在し、レーザー切断性には殆ど影響を及ぼさないものの、その含有量が多い場合には、靭性等の機械的性質に悪影響を及ぼすおそれがある。したがって、Sの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0．015%以下とすることが好ましい。

[0082] N:0．009%以下

Nは、不純物として鋼中に存在し、その含有量が多い場合には、溶接性および鋳片の品位に悪影響を及ぼすおそれがある。このため、Nの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0．009%以下とすることが好ましい。

[0083] P:0．04%以下、Ti:0．08%以下およびV:0．08%以下のうちの1種以上

既に(A)項で述べたように、P、TiおよびVはいずれも、Fe_2SiO_4の共晶点を下げる元素であり、溶融したFeあるいは鉄酸化物の低温度域での排出を容易にしてレーザー切断性を高める作用を有する。このため、(A)項に記載の量のSiとAlを含むとともに前記(1)式および(2)式を満たすという条件の下で、P、TiおよびVを多量に含有するほど良好なレーザー切断性が得られるが、これらの含有量が多い場合には、鋼

材の各種特性に悪影響を及ぼすおそれがあるため、これら元素の含有量は一定量以下に抑えるのがよい。以下、このことに関して説明する。

[0084] P:0.04%以下

Pは、不可避的に不純物として含まれる元素であるが、Fe_2SiO_4の共晶点を下げてレーザー切断性を高める作用を有するため、Pを多量に含有するほど良好なレーザー切断性が得られる。しかし、その含有量が多い場合には、溶接性および靭性に悪影響を及ぼすおそれがある。このため、Pの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0.04%以下とするのが好ましい。P含有量の下限は0.01%とすることが好ましい。

[0085] Ti:0.08%以下

Tiは、Fe_2SiO_4の共晶点を下げる元素である。したがって、Tiを多量に含有するほど良好なレーザー切断性が得られるが、その含有量が多い場合には、溶接部の靭性に悪影響を及ぼすおそれがあるし、コスト面でも不利になる。このため、Tiの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0.08%以下とすることが好ましい。

[0086] なお、Tiは、析出強化によって鋼板の強度を高める作用も有し、この効果を得るためには、0.005%以上含有させることが好ましい。したがって、Ti含有量の下限は0.005%とすることが好ましい。

[0087] V:0.08%以下

VもFe_2SiO_4の共晶点を下げる元素である。このため、Vを多量に含有するほど良好なレーザー切断性が得られるが、その含有量が多い場合には、溶接部の靭性に悪影響を及ぼすおそれがあるし、コスト面でも不利になる。このため、Vの含有量は一定量以下に抑えるのがよく、0.08%以下とすることが好ましい。

[0088] なお、Vにも、析出強化によって鋼板の強度を高める作用があり、この効果を得るためには、0.02%以上含有させることが好ましい。したがって、V含有量の下限は0.02%とすることが好ましい。

[0089] なお、上記のP、TiおよびVは、そのうちの1種以上を含有させればよい。

[0090] 上記の理由から、本発明(4)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(12)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(1)から(3)までのいずれかの酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(9)から(11)までのいずれかのレーザー切

断用鋼材のうちで、C:0.02～0.17%、Si:0.08～0.20%、Mn:0.20～1.60%、Cu:0.03%未満、Ni:0.05%以下、S:0.015%以下、Al:Al:0.03%を超えて0.08%以下およびN:0.009%以下を含むとともに、P:0.04%以下、Ti:0.08%以下およびV:0.08%以下のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼組成を有するものと規定した。

[0091] 本発明(4)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(14)に係るレーザー切断用鋼材には、必要に応じてさらに、下記(イ)～(ニ)の群の中から選ばれた1種以上の元素を含有させることができる。

[0092] (イ)Cr:0.2%以下、

(ロ)Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上、

(ハ)B:0.003%以下、

(ニ)Ca:0.005%以下、Mg:0.005%以下およびREM:0.005%以下のうちの1種以上。

[0093] すなわち、前記(イ)～(ニ)の群のうちの元素の1種以上を含有させてもよい。

[0094] 以下、上記の元素に関して説明する。

[0095] Cr:0.2%以下

Crは、鋼板の強度を高める作用を有する。この効果を得るには、Crの含有量は 0.02%以上とすることが望ましい。より望ましくは0.03%以上である。しかしながら、その含有量が0.2%を超えると、融点が高いCr酸化物を形成して湯流れ性を悪化させて、レーザー切断表面の粗さの劣化および切断ノッチ形成につながるおそれがある。このため、含有させる場合のCrの含有量は、0.2%以下とした。なお、含有させる場合のCr含有量の下限は0.02%とすることが好ましく、0.03%とすれば一層好ましい。

[0096] Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上

Mo、WおよびNbは、強度を高める作用を有するので、この効果を得るために上記の元素を含有させてもよい。以下、詳しく説明する。

[0097] Moは、固溶強化により鋼板の強度を高める作用を有する。この効果を得るためには、Moは0.1%以上含有させることが好ましい。しかしながら、Moを0.4%を超え

て多量に含有させることはコスト面で不利になるうえに、溶接性も害するおそれがある。このため、含有させる場合のMoの含有量は、0．4％以下とした。なお、含有させる場合のMo含有量の下限は0．1％とすることが好ましい。

[0098] Wも、固溶強化により鋼板の強度を高める作用を有する。この効果を得るためには、Wは0．05％以上含有させることが好ましい。しかしながら、Wを0．4％を超えて多量に含有させることはコスト面で不利になるうえに、溶接性も害するおそれがある。このため、含有させる場合のWの含有量は、0．4％以下とした。なお、含有させる場合のW含有量の下限は0．05％とすることが好ましい。

[0099] Nbは、析出強化により鋼板の強度を高める作用を有する。この効果を得るためにはNbの含有量は0．005％以上とすることが好ましい。しかしながら、Nbを0．04％を超えて多量に含有させることはコスト面で不利になるうえに、溶接部の靭性を劣化させるおそれがある。したがって、含有させる場合のNbの含有量は、0．04％以下とした。なお、含有させる場合のNb含有量の下限は0．005％とすることが好ましい。

[0100] 上記のMo、WおよびNbは、そのうちの1種以上を含有させることができる。

[0101] B：0．0030％以下

Bは、焼入れ性を高める作用を有する。この効果を得るためには、Bは0．0005％以上含有させることが好ましい。しかしながら、Bを0．0030％を超えて含有させると溶接性を劣化させるおそれがある。このため、含有させる場合のBの含有量は、0．0030％以下とした。なお、含有させる場合のB含有量の下限は0．0005％とすることが好ましい。

[0102] Ca：0．005％以下、Mg：0．005％以下およびREM：0．005％以下のうちの1種以上

Ca、MgおよびREMは、溶接熱影響部（以下、「HAZ」という。）の靭性を改善する作用を有するので、この効果を得るために上記の元素を含有させてもよい。以下、詳しく説明する。

[0103] Caは、HAZ靭性を改善する作用を有する。この効果を得るためには、Caは0．001％以上含有させることが好ましい。しかしながら、Caの含有量が0．005％を超えると、レーザー切断性が損なわれるおそれがある。したがって、含有させる場合のCaの

含有量は、0．005％以下とした。なお、含有させる場合のCa含有量の下限は0．001％とすることが好ましい。

[0104] Mgは、HAZ靭性を改善する作用を有する。この効果を得るためには、Mgは0．001％以上含有させることが好ましい。しかしながら、Mgの含有量が0．005％を超えると、レーザー切断性が損なわれるおそれがある。このため、含有させる場合のMgの含有量は、0．005％以下とした。なお、含有させる場合のMg含有量の下限は0．001％とすることが好ましい。

[0105] REMは、HAZ靭性を改善する作用を有する。この効果を得るためには、REMは0．001％以上含有させることが好ましい。しかしながら、REMの含有量が0．005％を超えると、レーザー切断性が損なわれるおそれがある。したがって、含有させる場合のREMの含有量は、0．005％以下とした。なお、含有させる場合のREM含有量の下限は0．001％とすることが好ましい。

[0106] 上記のCa、MgおよびREMは、そのうちの1種以上を含有させることができる。

[0107] なお、「REM」が、Sc、Yおよびランタノイドの合計17元素の総称であり、また、REMの含有量がREMのうちの1種または2種以上の元素の合計含有量を指すことは既に述べたとおりである。

[0108] 上記の理由から、本発明(5)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(13)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(4)の酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(12)のレーザー切断用鋼材のうちで、さらに、Cr:0．2％以下を含有するものとした。

[0109] また、本発明(6)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(14)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(4)または(5)の酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(12)または(13)のレーザー切断用鋼材のうちで、さらに、Mo:0．4％以下、W:0．4％以下およびNb:0．04％以下のうちの1種以上を含有するものとした。

[0110] また、本発明(7)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(15)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(4)から(6)までのいずれかの酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(12)から(14)までのいずれかのレーザー切断用鋼材

のうちで、さらに、Mo:0．4%以下、W:0．4%以下およびNb:0．04%以下のうちの1種以上を含有するものとした。

[0111] 同様に、本発明(8)に係る酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(16)に係るレーザー切断用鋼材は、それぞれ、本発明(4)から(7)までのいずれかの酸素を用いる熱切断用鋼材および本発明(12)から(15)までのいずれかのレーザー切断用鋼材のうちで、さらに、Ca:0．005%以下、Mg:0．005%以下およびREM:0．005%以下のうちの1種以上を含有するものとした。

[0112] なお、本発明の酸素を用いる熱切断用鋼材およびレーザー切断用鋼材の厚みについては特に限定はしない。薄肉のものは当然に切断が可能であるが、厚みが12mm以上のものでも十分に切断することができる。したがって、鋼材の厚みは12mm以上が好ましい。ただし、切断可能な鋼材の厚みは、切断機の出力特性に依存する。このため、レーザー切断する場合には、鋼材の厚みの上限は30mmとすることが好ましい。また、プラズマ切断する場合には、鋼材の厚みの上限は80mmとすることが好ましい。さらに、ガス切断する場合には、鋼材の厚みの上限は4000mmとすることが好ましい。

[0113] 以下、実施例によって本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

実施例

[0114] ＜実施例1＞

表1に示す化学組成を有する鋼1～19を実験室溶製した後、熱間圧延して幅が250mm、長さが500mmで、厚みがそれぞれ、16mmと23mmの2種類の鋼材を作製した。

[0115] なお、表1における鋼1～16は、化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発明例の鋼である。一方、鋼17～19は、化学組成が本発明で規定する条件から外れた比較例の鋼である。

[0116] [表1]

表　1

鋼	化学組成（質量%）　残部：Feおよび不純物																			(1)式の左辺	(2)式の左辺
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	N	Ti	V	Mo	W	Nb	B	Ca	Mg	REM		
1	0.14	0.10	1.01	0.015	0.002	0.02	0.04	0.04	0.035	0.006	0.012	0.04	−	−	−	−	−	−	−	0.35	168.3
2	0.14	0.09	1.04	0.022	0.002	0.02	0.03	−	0.038	0.005	0.016	0.04	−	−	−	−	−	−	−	0.42	221.0
3	0.15	0.11	1.02	0.025	0.002	0.02	0.03	0.06	0.036	0.008	0.018	0.02	−	−	−	0.0011	−	−	−	0.33	176.4
4	0.14	0.15	1.01	0.020	0.003	0.01	0.03	0.04	0.045	0.006	0.016	0.04	0.11	−	−	−	−	−	−	0.30	142.2
5	0.14	0.20	1.01	0.030	0.003	0.02	0.03	0.04	0.070	0.006	0.018	0.04	−	−	−	−	−	−	−	0.35	151.5
6	0.16	0.11	1.08	0.020	0.002	0.02	0.04	0.04	0.035	0.005	0.018	−	−	−	−	−	−	−	−	0.32	156.0
7	0.14	0.10	1.07	0.035	0.003	0.02	0.03	0.04	0.041	0.006	−	0.04	−	−	−	−	−	−	−	0.41	196.4
8	0.15	0.09	1.02	0.025	0.002	0.01	0.03	0.06	0.038	0.008	−	−	−	−	0.03	−	−	−	−	0.42	165.3
9	0.11	0.11	1.00	0.015	0.003	0.02	0.03	0.04	0.036	0.007	0.014	0.02	−	−	−	−	0.005	0.005	−	0.33	150.3
10	0.07	0.09	1.20	0.025	0.002	0.01	0.04	0.04	0.040	0.006	−	−	−	−	−	−	0.004	−	0.004	0.44	171.2
11	0.14	0.12	1.10	0.030	0.003	0.02	0.03	0.05	0.044	0.005	−	−	−	0.09	−	−	0.003	−	−	0.37	145.3
12	0.15	0.12	1.08	0.015	0.002	0.02	0.03	0.04	0.038	0.006	0.012	0.04	−	0.10	−	0.0020	0.004	0.003	−	0.32	146.8
13	0.14	0.09	1.10	0.030	0.003	0.02	0.03	0.04	0.040	0.005	−	−	−	−	−	−	0.002	−	−	0.44	182.1
14	0.15	0.11	1.05	0.025	0.002	0.01	0.04	0.06	0.045	0.006	−	−	−	−	−	−	−	0.002	−	0.41	152.0
15	0.13	0.11	1.02	0.025	0.003	0.02	0.03	0.04	0.045	0.005	−	−	−	0.09	−	−	−	−	−	0.41	152.0
16	0.15	0.10	1.01	0.035	0.002	0.02	0.03	0.04	0.043	0.005	−	−	−	−	−	−	−	−	0.005	0.43	181.6
17	0.15	*0.30	1.00	0.025	0.003	0.01	0.03	0.04	0.031	0.004	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0.10	* 43.5
18	0.14	0.20	1.01	0.015	0.003	0.01	0.03	0.04	0.032	0.006	0.012	0.02	−	−	−	−	−	−	−	0.16	* 75.2
19	0.14	0.09	1.07	0.015	0.003	0.02	0.03	0.04	0.048	0.006	−	0.04	−	−	−	−	−	−	−	* 0.53	194.8

（1）式の左辺：〔Al／Si〕

（2）式の左辺：〔262×（Al／Si）＋197×（P／Si）＋225×（Ti／Si）＋50×（V／Si）〕

*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0117] 次いで、圧延後の鋼材の表面をショットブラスト処理して圧延スケールを除去した。なお、ショットブラスト後のいずれの鋼材についても、その表面における10点平均粗さ(RzJIS)は49．6μmであった。

[0118] その後、表2中の試験番号1を除いた各鋼材、すなわち試験番号2～20の各鋼材の表面に、無機系のジンクプライマー(中国塗料株式会社製のセラボンド2000グレーS)をエアスプレーにより塗布した。

[0119] なお、上記ジンクプライマーの塗布は小型塗装ロボット(株式会社安川電機製のPX－800、移動線速は380mm／s)と塗装ガン(デビルビスT－AGHV、ノズル直径1．2mm、キャップNo．807)とを用いて、霧化エアー圧が0．128MPa(1．3kgf／cm^2)、パターンエアー圧が0．098MPa(1．0kgf／cm^2)、塗料吐出量が132g／min、ガン距離が150mmの条件で行った。

[0120] 塗布したジンクプライマー塗膜を自然乾燥させた後、電磁式デジタル膜厚計(株式会社サンコウ電子研究所製のCRT－2000II)を用いて、鋼材表面の任意の81点における膜厚を測定し、それを算術平均して各試験番号についての平均膜厚を求めた。なお、平均膜厚は14～16μmの範囲にあった。

[0121] 上記のショットブラスト処理して圧延スケールを除去したままの鋼材(表2の試験番号1)およびショットブラスト処理後に無機系のジンクプライマーを塗布した鋼材(表2の試験番号2～19)について、レーザー切断試験を行った。

[0122] 切断に用いたレーザー切断機は小池酸素工業株式会社製の出力6KWのCO_2レーザーであり、切断条件は、デューティ(パルス発振の時間当たりの出力時間％)が60％、周波数が1000Hzで、また、酸素ガス圧は内側が0．05MPa、外側が0．03MPaとした。

[0123] ピアシング(貫通)後、各鋼材から50mm×50mmの角材(ただし、コーナーRは3mm)を切り出し、その際のノッチ現象の有無(すなわち、切断面におけるキズの有無)を調査し、また、ノロ(すなわち、酸化物を含む溶鋼の切断裏面への付着物)の付着状況を観察した。なお、表2に示すように、板厚に応じて切断速度を変化させた。

[0124] レーザー切断性の評価は、先ず、鋼材表面にレーザー焦点を決め、換言すれば、前記位置決めしたノズル先端位置を「0」とし、次いで、ノズル先端位置を前記「0」の

位置から0．5mmピッチで鋼材表面から遠ざける条件、近づける条件にて試験を実施して、ノッチ現象およびノロ付着の切断不良が生じるかどうかで判定した。そして、ノッチ現象とノロ付着の双方が観察されない最大のノズル先端位置のずれを測定して、切断可能なレーザー焦点位置からのずれ、すなわち変動範囲を求めた。なお、この場合の切断速度は、鋼材厚みが16mmの場合に900mm／min、鋼材厚みが23mmの場合に600mm／minとした。

[0125] また、限界切断速度の評価は、ノズル先端位置を前記「0」の位置に固定して、換言すれば、レーザー焦点を鋼材の表面に固定して、前記900mm／min（鋼材厚みが16mmの場合）あるいは600mm／min（鋼材厚みが23mmの場合）の切断速度を50mm／minピッチ上げて行き、ノッチ現象、ノロ付着およびバーニングの切断不良が生じるかどうかで判定した。そして、ノッチ現象、ノロ付着およびバーニングのいずれもが観察されない最高切断速度を限界切断速度とした。

[0126] 表2に、上記の調査結果をまとめて示す。なお、表2においては、切断可能なレーザー焦点位置からの変動範囲を「切断可能な焦点位置」と表記した。

[0127] [表2]

表 2

試験番号（注1）	鋼	鋼材厚み16mm		鋼材厚み23mm		備考
		切断可能な焦点位置（注2）（mm）	限界切断速度（注3）（mm／min）	切断可能な焦点位置（注4）（mm）	限界切断速度（注3）（mm／min）	
1	1	3.5	1050	1.5	850	本発明例
2	1	4.0	1200	2.0	900	
3	2	4.5	1200	2.0	900	
4	3	4.5	1200	2.0	900	
5	4	3.5	1150	2.0	850	
6	5	3.5	1100	1.5	900	
7	6	4.0	1150	2.0	850	
8	7	3.5	1150	1.5	900	
9	8	4.0	1150	1.5	900	
10	9	4.0	1100	2.0	850	
11	10	4.5	1150	2.0	900	
12	11	3.5	1050	1.5	850	
13	12	4.0	1050	1.5	850	
14	13	4.0	1150	1.5	850	
15	14	3.5	1150	2.0	850	
16	15	3.5	1100	1.5	900	
17	16	3.5	1150	1.5	800	
18	*17	2.0	900	0.5	600	比較例
19	*18	2.5	900	0.5	600	
20	*19	2.2	900	0.5	650	

（注1）試験番号1の供試材はショットブラスト処理して圧延スケールを除去したままの鋼材で、他の試験番号の供試材はショットブラスト処理後に無機系のジンクプライマーを塗布した鋼材である。
（注2）レーザー切断速度が900mm／minの場合の結果である。
（注3）レーザー切断速度が600mm／minの場合の結果である。
（注4）レーザー焦点を鋼材の表面に固定した場合の結果である。
*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0128] 表2から、本発明で規定する条件を満たす本発明例の試験番号1～17においては、切断可能な焦点位置からの変動範囲は、鋼材の厚みが16mmの場合には3．5m

m以上、また、鋼材の厚みが23mmの場合には1．5mm以上であって、いずれの鋼材もレーザーの焦点ずれに対して鈍感であり、さらに、限界切断速度は、鋼材の厚みが16mmの場合には1050mm／min以上、また、鋼材の厚みが23mmの場合には800mm／min以上と大きく、レーザー切断性に優れていることが明らかである。

[0129] これに対して、比較例の試験番号18～20においては、鋼材の厚みが16mmの場合の切断可能な焦点位置からの変動範囲は2．0～2．5mmと小さく、さらに、限界切断速度も900mm／minにとどまった。なお、これらの試験番号において鋼材の厚みが23mmの場合には、600mm／minという切断速度がレーザー切断の限界であり、しかも、切断可能な焦点位置からの変動範囲は0．5mmと小さく、少しの条件の変化により切断不良が生じる状況であった。

[0130] ＜実施例2＞

上記実施例1と同様の試験を鋼材の表面粗さを様々に変えて行った。より具体的には、表1に記載の鋼1および鋼3を用い、ショットブラストにおけるショット球の大きさを様々に変えて表面粗さRzJISの異なる試験片を作製し、実施例1に示したものと同様にレーザー切断性を評価した。

[0131] 表3に、表面粗さを変えたときの調査結果を示す。なお、表3において、試験番号21～24の供試材はスケール除去ままの鋼材であり、試験番号25～28の供試材はスケール除去後、＜実施例1＞と同様にジンクプライマーを塗布したものである。また、＜実施例1＞の試験番号1および試験番号3をそれぞれ、試験番号21および試験番号25として記載した。

[0132] [表3]

表　3

試験番号（注1）	鋼	RzJIS（μm）	鋼材厚み16mm		鋼材厚み23mm	
			切断可能な焦点位置（注2）（mm）	限界切断速度（注3）（mm／min）	切断可能な焦点位置（注4）（mm）	限界切断速度（注3）（mm／min）
21	1	49.6	3.5	1050	1.5	850
22	1	30.2	4.0	1100	1.5	900
23	1	# 90.3	3.0	1050	1.5	800
24	1	# 13.7	3.0	1000	1.5	750
25	3	49.6	4.5	1200	2.0	900
26	3	30.2	4.0	1150	2.0	900
27	3	# 90.3	3.0	1100	1.5	850
28	3	# 13.7	3.0	1050	1.5	800

（注1）試験番号21～24の供試材はショットブラスト処理して圧延スケールを除去したままの鋼材で、試験番号25～28の供試材はショットブラスト処理後に無機系のジンクプライマーを塗布した鋼材である。
（注2）レーザー切断速度が900mm／minの場合の結果である。
（注3）レーザー切断速度が600mm／minの場合の結果である。
（注4）レーザー焦点を鋼材の表面に固定した場合の結果である。
#印は本発明（11）で規定する条件から外れていることを示す。
表2の試験番号1および3をそれぞれ、試験番号21および25として記載した。

[0133] 表3から、試験番号21～28の場合、切断可能な焦点位置からの変動範囲は、鋼材の厚みが16mmの場合には3．0mm以上、また、鋼材の厚みが23mmの場合には1．5mm以上であって、いずれの鋼材もレーザーの焦点ずれに対して鈍感であり、さら

に、限界切断速度は、鋼材の厚みが16mmの場合には1050mm／min以上、また、鋼材の厚みが23mmの場合には750mm／min以上と大きく、レーザー切断性に優れていることが明らかである。なお、上記の試験番号のうちでも、特に、表面粗さRz JISが15～85μmの範囲にある試験番号21、22、25および26の場合のレーザー切断性は一層優れている。

[0134] ＜実施例3＞

＜実施例1＞で用いた鋼材の残材を用いて、特に厚み23mmの鋼材をプラズマ切断し、プラズマ切断性の評価を行った。

[0135] 切断に用いたプラズマ切断機は小池酸素工業株式会社製のプラズマ切断機（スーパー400）であり、切断条件は、出力電流を137．8Aとし、また、プラズマガスとして酸素を用いた。

[0136] ピアシング（貫通）後、各鋼材から50mm×50mmの角材を切り出し、その際の切断面におけるキズの有無を調査し、また、ノロ（すなわち、酸化物を含む溶鋼の切断裏面への付着物）の付着状況を観察した。限界切断速度の評価は、1200mm／minの切断速度を120mm／minピッチ（初期切断速度の10％ピッチ）で上げて行き、ノッチ現象、ノロ付着およびバーニングの切断不良が生じるかどうかで判定した。そして、ノッチ現象、ノロ付着およびバーニングのいずれもが観察されない最高切断速度を限界切断速度とした。

[0137] 表4に、上記の調査結果をまとめて示す。

[0138] [表4]

表　4

試験番号（注1）	鋼	鋼材厚み２３ｍｍ 限界切断速度（ｍｍ／ｍｉｎ）	備考
29	1	2060	本発明例
30	1	2180	
31	2	2180	
32	3	2180	
33	4	2060	
34	5	2180	
35	6	2180	
36	7	2180	
37	8	2180	
38	9	2180	
39	10	2180	
40	11	2180	
41	12	2060	
42	13	2180	
43	14	2180	
44	15	2180	
45	16	2180	
46	＊17	1560	比較例
47	＊18	1680	
48	＊19	1680	

（注1）試験番号２９の供試材はショットブラスト処理して圧延スケールを除去したままの鋼材で、他の試験番号の供試材は　ショットブラスト処理後に無機系のジンクプライマーを塗布した鋼材である。
＊印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0139] 表4のプラズマ切断試験結果から、本発明で規定する条件を満たす本発明例の試験番号29～45においては、2000mm／min以上で切断可能であり、プラズマ切断性に優れていることが明らかである。

[0140] これに対して、比較例の試験番号46～48においては、限界切断速度は高々1680mm／minであった。

産業上の利用可能性

[0141] 本発明の鋼材は、高速で安定した熱切断作業を実施することができ、レーザー切

断、プラズマ切断、ガス切断用として使用できる。特に、本発明のレーザー切断用鋼材は、うねりまたはキズなどによるレーザーの焦点ずれに対して鈍感であるため、切断可能なレーザー切断可能な焦点位置からの変動範囲が大きくなり、しかも、切断入熱を高めた場合にもバーニング現象が生じ難いという極めて良好なレーザー切断性を有する。したがって、本発明の鋼材を用いれば、一次防錆塗膜であるジンクプライマー層が形成された場合においても、大出力レーザー切断機を用いた極めて高速での切断が可能であり、しかも、切断不良が発生し難いので、夜間の無人運転における切断中断を防止することができ、レーザー切断の生産性に大きく寄与できる。

請求の範囲

[1] 表面のスケールを除去した鋼材であって、質量%で、Si:0.08～0.20%およびAl:0.03%を超えて0.08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有し、さらに、下記(1)式および(2)式を満たすことを特徴とする酸素を用いる熱切断用鋼材。

Al／Si≦0.45・・・(1)、

262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123・・・(2)。

なお、(1)式および(2)式中の元素記号は、その元素の質量%での含有量を表す。

[2] 表面に無機系のジンクプライマーを塗布したことを特徴とする請求項1に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[3] 表面粗さが十点平均粗さRzJISで15～85μmであることを特徴とする請求項1または2に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[4] 質量%で、C:0.02～0.17%、Si:0.08～0.20%、Mn:0.20～1.60%、Cu:0.03%未満、Ni:0.05%以下、S:0.015%以下、Al:0.03%を超えて0.08%以下およびN:0.009%以下を含むとともに、P:0.04%以下、Ti:0.08%以下およびV:0.08%以下のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする請求項1から3までのいずれかに記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[5] 質量%で、さらに、Cr:0.2%以下を含有することを特徴とする請求項4に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[6] 質量%で、さらに、Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする請求項4または5に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[7] 質量%で、さらに、B:0.003%以下を含有することを特徴とする請求項4から6までのいずれかに記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[8] 質量%で、さらに、Ca:0.005%以下、Mg:0.005%以下およびREM:0.005%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする請求項4から7までのいずれか

に記載の酸素を用いる熱切断用鋼材。

[9] 表面のスケールを除去した鋼材であって、質量%で、Si:0.08～0.20%およびAl:0.03%を超えて0.08%以下を含むとともに、P、TiおよびVのうちの1種以上を含有し、さらに、下記(1)式および(2)式を満たすことを特徴とするレーザー切断用鋼材。

Al／Si≦0.45・・・(1)、

262×(Al／Si)＋197×(P／Si)＋225×(Ti／Si)＋50×(V／Si)＞123・・・(2)。

なお、(1)式および(2)式中の元素記号は、その元素の質量%での含有量を表す。

[10] 表面に無機系のジンクプライマーを塗布したことを特徴とする請求項9に記載のレーザー切断用鋼材。

[11] 表面粗さが十点平均粗さRzJISで15～85μmであることを特徴とする請求項9または10に記載のレーザー切断用鋼材。

[12] 質量%で、C:0.02～0.17%、Si:0.08～0.20%、Mn:0.20～1.60%、Cu:0.03%未満、Ni:0.05%以下、S:0.015%以下、Al:0.03%を超えて0.08%以下およびN:0.009%以下を含むとともに、P:0.04%以下、Ti:0.08%以下およびV:0.08%以下のうちの1種以上を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼組成を有することを特徴とする請求項9から11までのいずれかに記載のレーザー切断用鋼材。

[13] 質量%で、さらに、Cr:0.2%以下を含有することを特徴とする請求項12に記載のレーザー切断用鋼材。

[14] 質量%で、さらに、Mo:0.4%以下、W:0.4%以下およびNb:0.04%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする請求項12または13に記載のレーザー切断用鋼材。

[15] 質量%で、さらに、B:0.003%以下を含有することを特徴とする請求項12から14までのいずれかに記載のレーザー切断用鋼材。

[16] 質量%で、さらに、Ca:0.005%以下、Mg:0.005%以下およびREM:0.005%以下のうちの1種以上を含有することを特徴とする請求項12から15までのいずれ

かに記載のレーザー切断用鋼材。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/052266

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/00(2006.01)i, *B23K26/38*(2006.01)i, *C22C38/28*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C22C38/00-38/60, B23K26/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-231363 A (JFE Steel Corp.), 07 September, 2006 (07.09.06), Claims 2, 3 (Family: none)	1-16
A	JP 2005-171298 A (JFE Steel Corp.), 30 June, 2005 (30.06.05), Claims 1 to 3 (Family: none)	1-16
A	JP 11-199984 A (Kobe Steel, Ltd.), 27 July, 1999 (27.07.99), Claims 2 to 4 (Family: none)	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
08 May, 2009 (08.05.09)	19 May, 2009 (19.05.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/052266

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-309856 A (Nippon Yakin Kogyo Co., Ltd.), 07 November, 2000 (07.11.00), Par. No. [0012] (Family: none)	3,11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０５２２６６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C38/00(2006.01)i, B23K26/38(2006.01)i, C22C38/28(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C38/00-38/60, B23K26/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2006-231363 A（ＪＦＥスチール株式会社）2006.09.07, 請求項 2, 請求項 3（ファミリーなし）	１－１６
A	JP 2005-171298 A（ＪＦＥスチール株式会社）2005.06.30, 請求項 1-3（ファミリーなし）	１－１６
A	JP 11-199984 A（株式会社神戸製鋼所）1999.07.27, 請求項 2-4（ファミリーなし）	１－１６
A	JP 2000-309856 A（日本冶金工業株式会社）2000.11.07, 【0012】欄（ファミリーなし）	３，１１

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０８．０５．２００９	１９．０５．２００９

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）

郵便番号１００－８９１５

東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｋ　３４４７

本多　仁

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４３５