(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2004-162176
(P2004-162176A)
(43)公開日　平成16年6月10日(2004.6.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
C22C 38/00	C22C 38/00	302Z	3J033
C22C 38/60	C22C 38/00	301F	
F16C 3/02	C22C 38/60		
	F16C 3/02		

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願2003-339561(P2003-339561)
(22)出願日　平成15年9月30日(2003.9.30)
(31)優先権主張番号　特願2002-297455(P2002-297455)
(32)優先日　平成14年10月10日(2002.10.10)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　000003713
大同特殊鋼株式会社
愛知県名古屋市中区錦一丁目１１番１８号
(74)代理人　100070161
弁理士　須賀　総夫
(72)発明者　石川　浩一
愛知県名古屋市南区大同町二丁目３０番地
大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内
(72)発明者　野田　俊治
愛知県名古屋市南区大同町二丁目３０番地
大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内
(72)発明者　清水　哲也
愛知県名古屋市南区大同町二丁目３０番地
大同特殊鋼株式会社技術開発研究所内

Fターム(参考)　3J033 AA01　AB03　AC01

(54)【発明の名称】冷間加工性および被削性にすぐれた耐食鋼

(57)【要約】
【課題】プリンターのシャフト材料として好適な、被削性にすぐれ、通常の室内環境での使用に対して十分な耐食性を有し、メッキ等の被覆を施す必要がなく、引抜加工後の真直性や冷間鍛造性が改善された耐食鋼を安価に提供する。
【解決手段】重量％で、Ｃ：０．００５～０．２００％、Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：２．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｃｕ：２．０％以下、Ｎｉ：２．０％以下、Ｃｒ：２．０～９．０％、ＴｉおよびまたはＺｒを［Ｔｉ％］＋０．５２［Ｚｒ％］：０．０３～１．２０％となるように含有し、Ｓ：０．０１～０．５０％およびまたはＳｅ：０．０１～０．４０％、Ｎ：０．０５０％以下、Ｏ：０．０３０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避な不純物からなり、[Ｓ％]≧３２[Ｃ％]／１２であって、Ｌ＝４[Ｃ％]／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])が０．５以下の耐食鋼。介在物として、$(Ti,Zr)_4(S,Se)_2C_2$などのＴｉ系－、Ｚｒ系－またはＴｉ－Ｚｒ系の化合物を含有する。
【選択図】　なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
重量％で、Ｃ：０．００５～０．２００％，Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：２．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｃｕ：２．０％以下、Ｎｉ：２．０％以下、Ｃｒ：２．０～９．０％、ＴｉおよびＺｒの１種または２種を、［Ｔｉ％］＋０．５２［Ｚｒ％］：０．０３～１．２０％となるように含有し、Ｓ：０．０１～０．５０％およびＳｅ：０．０１～０．４０％の１種または２種、Ｎ：０．０５０％以下、ならびにＯ：０．０３０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避な不純物からなる合金組成の鋼であって、鋼が、その中の介在物として、ＣならびにＳおよびＳｅの１種または２種を含有するＴｉ系－、Ｚｒ系－またはＴｉ－Ｚｒ系の化合物を含有し、[Ｓ％]≧３２[Ｃ％]／１２であって、Ｌ＝４[Ｃ％]／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０＜Ｌ≦０．５の条件を満たすことにより、冷間加工性および被削性にすぐれた耐食鋼。
【請求項２】
請求項１の耐食鋼において、Ｈ＝１．５([Ｓ％]＋０．４０[Ｓｅ％])／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０＜Ｈ≦０．５の条件を満たすことにより、とくに冷間鍛造性がすぐれた耐食鋼。
【請求項３】
請求項１の耐食鋼において、Ｈ＝１．５([Ｓ％]＋０．４０[Ｓｅ％])／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０．５＜Ｈ≦１．２の条件を満たすことにより、とくにドリル穿孔性にすぐれた耐食鋼。
【請求項４】
請求項１ないし３のいずれかの耐食鋼において、前記の合金成分に加えて、重量％で、Ｍｏ：０．１～４．０％およびＷ：０．１～３．０％の１種または２種を含有する耐食鋼。
【請求項５】
請求項１ないし４のいずれかの耐食鋼において、前記の合金成分に加えて、重量％で、Ｐｂ：０．０１～０．３０％，Ｔｅ：０．００５～０．１００％およびＢｉ：０．０１～０．２０％の１種または２種以上を含有する耐食鋼。
【請求項６】
請求項１ないし５のいずれかの耐食鋼において、前記の合金成分に加えて、重量％で、Ｃａ，Ｍｇ，ＢおよびＲＥＭ：０．００５～０．０１０％の１種または２種以上を含有する耐食鋼。
【請求項７】
請求項１ないし６のいずれかの耐食鋼において、前記の合金成分に加えて、重量％で、Ｎｂ，Ｖ，Ｔａ、およびＨｆ：０．０１～０．５０％の１種または２種以上を含有する耐食鋼。
【請求項８】
請求項１ないし７のいずれかの耐食鋼で製造したプリンターシャフトまたはモーターシャフト。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は耐食鋼に関し、詳しくは、被削性にすぐれ、プリンターのシャフト等の用途に適した耐食鋼に関する。
【背景技術】
【０００２】
ＯＡ機器のような、室内で使用される機器の部品の材料は、冷間加工性および被削性がすぐれているとともに、室内環境において使用に耐え得る程度の耐食性性を有していることが要求される。耐食性が必要な部品を製造するには、ステンレス鋼を用いるか、または構造用鋼にメッキ処理を施す。いうまでもないが、ステンレス鋼は、耐食性はよいがコストが高く、構造用鋼は、コストは低いが耐食性が十分でない。

【０００３】
近年、パソコンの普及に伴って、プリンターの需要も増加している。プリンターには、印刷用紙の送紙用シャフト、印字用シャフト等の複数本のシャフトが内蔵されており、プリンターのコストの低減には、シャフトのコストの低減が必要である。これらのシャフトに対する共通の要求としては、高い真直性がある。
【０００４】
従来のプリンターのシャフト材料を概観すると、レーザープリンターには、ＳＵＳ４２０Ｊ２やＳＵＳ４１０などのステンレス鋼が使用されてきた。一方、インクジェットプリンターには、構造用鋼のうちでも、ＳＵＭ２４ＬやＳＵＭ２２のような快削鋼が選択され、切削加工後にＮｉメッキを施したものが使用されていた。この場合は、引抜加工前の素材の硬さを制御することにより、真直性を確保する。
【０００５】
プリンターのシャフトは、室内環境において使用に耐え得る程度の耐食性を備えていればよいので、高価なＳＵＳ４２０Ｊ２やＳＵＳ４１０のようなステンレス鋼は、コストパフォーマンスの点からみて、適切な材料ではなかった。一方、ＳＵＭ２４Ｌのような快削鋼の機械加工品にメッキを施す場合には、メッキの膜厚や欠陥の有無によって品質にバラツキが生じやすく、製品の信頼性が低くなることがあった。メッキを行なうには、環境汚染の防止という観点から、発生する廃液の処理を考慮しなければならない。この処理の費用は高まる傾向にあり、シャフトのコストは、安価であるとはいえなくなってきた。
【０００６】
このような問題を解決するため、本発明者らは、被削性および真直性がすぐれているとともに、通常の室内環境での使用に対して十分な耐食性を有し、しかも安価な鋼を得ることを意図して、他の共同研究者らと協力して研究した。その成果として、特定の介在物を生成させた耐食鋼が有用であることを知って、すでに提案した（特許文献１）。その耐食鋼は、Ｃ：０．００５～０．２００％，Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：２．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｃｕ：２．０％以下、Ｎｉ：２．０％以下、Ｃｒ：２．０～９．０％を含有する鋼であって、特定量のＳ、Ｓｅ、ＴｉおよびＺｒの添加により、$(Ti,Zr)_4(S,Se)_2C_2$等の、ＣならびにＳおよびＳｅのうちの１種または２種を含有する、Ｔｉ系化合物、Ｚｒ系化合物またはＴｉ－Ｚｒ系化合物を鋼中に生成させたものであり、これらの化合物が鋼中に微細に分散することによって、鋼の被削性がすぐれるとともに、耐食性、冷間加工性および熱間加工性が良好な鋼である。
【０００７】
さらに研究を進めた発明者らは、上記の合金組成の耐食鋼において、Ｓ量とＣ量との関係、Ｃ量と（Ｔｉ＋Ｚｒ）量との関係、および（Ｓ＋Ｓｅ）量と（Ｔｉ＋Ｚｒ）量との関係を特定の範囲に選択することにより、耐食性および被削性がいっそう向上し、また、冷間加工性のうちとくに冷間鍛造性が改善され、またはドリル穿孔性が改善されることを見出した。
【特許文献１】特願２００１－１４７０２６
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
本発明の基本的な目的は、圧延後の熱処理を行なわず引き抜き前の素材硬さを制御することで、きびしい真直性の規格を満足し、メッキを施さなくても、室内の使用環境に十分耐える耐食性を有し、かつ、冷間加工性および被削性にすぐれ、ステンレス鋼よりも低コストで、シャフトの材料として好適な耐食鋼を提供することにある。
【０００９】
本発明の付加的な目的は、上記の耐食鋼において、とくに冷間鍛造性にすぐれたもの、およびドリル穿孔性にすぐれたものを実現し、プリンターシャフト以外の部品の製造に関しても、素材として好適な耐食鋼を提供することにある。
【課題を解決するための手段】

【００１０】
上記した基本的な課題を解決する、本発明の冷間加工性および被削性にすぐれた耐食鋼は、重量％で、Ｃ：０．００５～０．２００％，Ｓｉ：１．０％以下、Ｍｎ：２．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｃｕ：２．０％以下、Ｎｉ：２．０％以下、Ｃｒ：２．０～９．０％、ＴｉおよびＺｒの１種または２種を、［Ｔｉ％］＋０．５２［Ｚｒ％］：０．０３～１．２０％となるように含有し、Ｓ：０．０１～０．５０％およびＳｅ：０．０１～０．４０％の１種または２種、Ｎ：０．０５０％以下、ならびにＯ：０．０３０％以下を含有し、残部がＦｅおよび不可避な不純物からなる合金組成の鋼であって、鋼が、その中の介在物として、ＣならびにＳおよびＳｅの１種または２種を含有するＴｉ系－、Ｚｒ系－またはＴｉ－Ｚｒ系の化合物を含有し、[Ｓ％]≧３２[Ｃ％]／１２であって、Ｌ＝４[Ｃ％]／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０＜Ｌ≦０．５の条件を満たすことにより、冷間加工性および被削性にすぐれた耐食鋼である。
【００１１】
上記した特定の目的のうち、とくに冷間鍛造性がすぐれた本発明の耐食鋼は、上に規定した合金組成において、Ｈ＝１．５([Ｓ％]＋０．４０[Ｓｅ％])／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０＜Ｈ≦０．５の条件を満たすものである。
【００１２】
上記した特定の目的のうち、とくにドリル穿孔性にすぐれた本発明の耐食鋼は、上に規定した合金組成において、Ｈ＝１．５([Ｓ％]＋０．４０[Ｓｅ％])／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０．５＜Ｈ≦１．２の条件を満たすものである。
【発明の効果】
【００１３】
本発明の耐食鋼は、上記の実施データが示すように、被削性にすぐれるとともに、通常の室内環境での使用に対して十分な耐食性を有し、かつ従来のフェライト系ステンレス鋼に比べてＣｒ含有量が少ないので安価であるという、さきの発明の利益を享受している。表面にメッキする必要がないので、製造コストの節減と環境保護の観点からも有益である。その上で本発明の耐食鋼は、冷間加工性、とくに引抜加工後の真直性が改善されるという、追加の効果を得ている。合金組成を選択することにより、冷間鍛造性がすぐれたものとすることも、またドリル穿孔性が高いものとすることもでき、所望する特性の耐食鋼を得ることが容易である。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１４】
本発明のプリンターシャフト等に適した耐食鋼においては、上記した基本的な合金成分に加えて、必要により、下記のグループに属する元素の１種または２種以上を添加することができる。
（１）Ｍｏ：０．１～４．０％およびＷ：０．１～３．０％の１種または２種
（２）Ｐｂ：０．０１～０．３０％，Ｔｅ：０．００５～０．３０％および
　Ｂｉ：０．０１～０．２０％の１種または２種以上
（３）Ｃａ，Ｍｇ，ＢおよびＲＥＭの１種または２種以上：０．００５～０．１００％
（４）Ｎｂ，Ｖ，ＴａおよびＨｆの１種または２種以上：０．０１～０．５０％
【００１５】
以下に、本発明の基本的な合金組成をもつ耐食鋼の合金成分およびその含有量を、上記のように特定した理由を説明する。
【００１６】
Ｃ：０．００５～０．２００％、好ましくは０．０１０～０．１００％
　Ｃは、被削性を改善する化合物を構成する、重要な元素である。その含有量が０．００５％に満たないと被削性を改善する化合物が十分な量生成しない。Ｃ含有量が０．２００％を超えると、単体の炭化物が多量に生成し、それらが被削性を損なう。Ｃ量は、被削性を向上させる化合物を構成する他の元素の量に応じて適正量を添加しなければならない。

好ましい範囲は、０．０１０～０．１００％である。

【００１７】

Ｓｉ：１．０％以下

Ｓｉは、脱酸剤として添加する元素である。多量に添加すると、固溶化熱処理後の鋼の硬さが高くなって、冷間加工性が低下し、さらにδ一フェライトの生成量が増加して熱間加工性が悪くなり、耐食性も低下する。そこで、含有量の上限を１．０％と定めた。被削性および真直性をとくに重視する場合には、Ｓｉ含有量を０．１５％以下にする。

【００１８】

Ｍｎ：２．０％以下

Ｍｎは、脱酸剤であるとともに、ＳやＳｅとの化合物を作ることにより、被削性を改善する。しかし、Ｓと結合して生成したＭｎＳは、耐食性を著しく低下させるとともに、冷間加工性および真直性を低下させるので、Ｍｎ含有量の上限を２．０％とする。耐食性および冷間加工性を重視する場合には、０．４０％以下にすることが好ましい。

【００１９】

Ｐ：０．０５％以下

Ｐは、不純物であり、粒界に偏析して粒界腐食感受性を高めるほか、靱性の低下を招くので、少ないほどがよい。しかし、極端にＰを低減することはコストの上昇を招くので、０．０５％を許容限度とする。好ましくは、０．０３０％以下にする。

【００２０】

Ｃｕ：２．０％以下

Ｃｕは、耐食性とくに還元性酸環境中での耐食性を向上させるのに有効な元素である。過剰に含有させると熱間加工性が低下するので、その含有量の上限を２．０％にする。

【００２１】

Ｎｉ：２．０％以下

Ｎｉは、耐食性を向上させる元素であり、Ｃｒの添加のみでは十分でない耐食性を高めるために必要な成分である。多量の添加はコストの上昇を招くので、２．０％までの添加とする。十分な耐食性と良好な真直性を得るためには、その含有量を０．３～０．８％の範囲にすることが望ましい。

【００２２】

Ｃｒ：２．０～９．０％

Ｃｒは、耐食性を向上させる元素である。その含有量が２．０％より少ないと十分な耐食性が得られず、また９．０％より多くなると、真直性、加工性および被削性が低下し、コストも上昇する。耐食性とコストのバランスからみて適切な含有量の範囲は、６．０～９．０％である。

【００２３】

ＴｉおよびＺｒの１種または２種：［Ｔｉ％］＋０．５２［Ｚｒ％］として０．０３～１．２０％

ＴｉおよびＺｒは、ＣおよびＳもしくはＳｅと、またはＳもしくはＳｅと共存することにより、$(Ti,Zr)_4(S,Se)_2C_2$、（Ｔｉ，Ｚｒ）（Ｓ，Ｓｅ）等の化合物を形成して、被削性の向上に寄与する。とくに前者は、耐食性を低下させることなく、また微細に分散するために冷間鍛造性を損なうことがなく、被削性の向上に寄与する。こうした効果を得るためには、［Ｔｉ％］＋０．５２［Ｚｒ％］として０．０３０％以上を含有させる必要があるが、１．２０％を超える過剰な量になると、硬質な介在物であるＴｉＮやTiO_2が生成し、マトリクスの硬さが上昇して被削性が低下する。

【００２４】

Ｓ：０．０１～０．５０％およびＳｅ：０．０１～０．４０％の１種または２種

ＳおよびＳｅは、上記のように、ＣとＴｉおよびＺｒと共存することにより、$(Ti,Zr)_4(S,Se)_2C_2$、（Ｔｉ，Ｚｒ）（Ｓ，Ｓｅ）等の化合物を形成して、被削性の向上に寄与する。これらの化合物を望ましい量生成させるためには、Ｓを０．０１％以上、Ｓｅを０．０１％以上含有させる必要があるが、含有量が過剰になると熱間加工性

および靱性が損なわれるので、その含有量の上限を、Ｓでは０．５０％、Ｓｅでは０．４０％にする。

【００２５】

Ｎ：０．０５０％以下

Ｎは不純物のひとつである。Ｎは、被削性を向上させる化合物を構成するのに必要なＴｉおよびＺｒと結合して、被削性を阻害する窒化物を生成するので、その含有量をできるだけ少なくする必要がある。しかし、極端にＮ量を低減することはコストの上昇を招くので、許容限度として０．０５０％を設ける。好ましくは０．０２５％以下、より好ましくは０．０１０％以下にする。

【００２６】

Ｏ：０．０３０％以下

Ｏも不純物のひとつである。Ｏは、被削性を向上させる化合物を構成するのに必要なＴｉおよびＺｒと結合して、被削性を害する酸化物を生成するので、これもできるだけ少なくする必要がある。しかし、極端なＯ量の低減もまたコストの上昇を招くので、許容限度として０．０３０％を定めた。好ましくは、０．０１０％以下にする。

【００２７】

本発明の耐食鋼において、任意に添加してよい成分のはたらきと、その組成範囲の限定理由は、つぎのとおりである。

【００２８】

Ｍｏ：０．１～４．０％およびＷ：０．１～３．０％の１種または２種

ＭｏおよびＷはいずれも、本発明の鋼に添加することにより、耐食性を一層向上させる元素である。この効果を得るには、鋼が、ＭｏおよびＷの一方または両方を、０．１％以上含有する必要がある。多量に加えると熱間加工性を損なううえにコストの上昇を招くので、その含有量の上限を、Ｍｏでは４．０％、Ｗでは３．０％とする。

【００２９】

Ｐｂ：０．０１～０．３０％，Ｔｅ：０．００５～０．１００％およびＢｉ：０．０１～０．２０％の１種または２種以上

Ｐｂ、ＴｅおよびＢｉは、被削性をいっそう向上させる元素である。その効果を得るためには、Ｐｂを０．０１％以上，Ｔｅを０．００５％以上、またＢｉを０．０１％以上添加する必要がある。多量に加えると熱間加工性を損なうので、その含有量の上限を、Ｐｂでは０．３０％、Ｔｅでは０．３０％、Ｂｉでは０．２０％にする。

【００３０】

Ｃａ，Ｍｇ，ＢおよびＲＥＭの１種または２種以上：０．００５～０．０１０％

Ｃａ，Ｍｇ，ＢおよびＲＥＭは、鋼の熱間加工性を向上させる元素である。その効果を得るには、これらを単独で、または併用して（併用の場合は合計量で）０．００５％以上含有させる必要がある。過剰に加えると、逆に熱間加工性を低下させるので、０．０１０％までの添加に止める。

【００３１】

Ｎｂ，Ｖ，ＴａおよびＨｆの１種または２種以上：０．０１～０．５０％

Ｎｂ，Ｖ，ＴａおよびＨｆは、炭窒化物を形成して鋼の結晶粒を微細化し、靱性を高める元素である。この効果を得るには、これらを単独で、または併用して（併用の場合は合計量で）０．０１％以上添加する必要がある。過剰に加えると、粗大な炭窒化物が形成して逆に靱性を低下させるので、０．５０％までの添加に止める。

【００３２】

[Ｓ％]≧３２[Ｃ％]／１２

この条件は、原子％で比較したときに、ＳがＣと同等またはそれ以上あることを意味する。Ｓ量がＣ量を下回らないことは、被削性に悪影響を及ぼす炭化物の生成を抑制するために必要である。

【００３３】

Ｌ＝４[Ｃ％]／([Ｔｉ％]＋０．５２[Ｚｒ％])とするとき、０＜Ｌ≦０．５

この条件を満たすことにより、炭化物を形成するＣが母相中に実質上存在しなくなるため、冷間加工性および被削性にすぐれた耐食鋼が得られる。Ｌの値が０．５を超えると、余剰のＣが炭化物を形成するので不都合である。

【００３４】

本発明の耐食鋼は、上記した合金組成を有することにより、$(Ti,Zr)_4(S,Se)_2C_2$のような、ＣとＳおよび（または）Ｓｅがともに含まれるＴｉ系、Ｚｒ系および（または）Ｔｉ－Ｚｒ系の化合物が微細に鋼中に分散したものとなり、Ｃを固定することにより硬さを制御し、Ｓを固定することにより耐食性の低下を防いだものであって、結果として、高い被削性を有し、かつ良好な耐食性、熱間加工性および冷間加工性（引抜加工後の真直性、冷間鍛造性）を有する。

【００３５】

$$H=1.5([S\%]+0.40[Se\%])/([Ti\%]+0.52[Zr\%])$$

とするとき、０＜Ｈ≦０．５の条件を満たすことにより、とくに冷間鍛造性がすぐれた耐食鋼が得られる。これは、介在物が必要以上に生成することを抑制したからである。これに対し、０．５＜Ｈ≦１．２の条件を満たすことにより、とくにドリル穿孔性にすぐれた耐食鋼が得られる。それは、被削性改善元素であるＳおよび（または）Ｓｅが、上記の介在物を形成するに必要な量を超えて存在すると、ＭｎＳなどの硫化物が形成され、それが微細に分散して存在して、ドリル穿孔性にとって有利に作用するからである。

【００３６】

本発明の耐食鋼は、既知の技術に従って製造することができる。本発明の耐食鋼は、従来からある、Ｃｒを２．０～９．０％含有する鋼またはこれに類似する鋼に、上記した特定量のＴｉおよびＺｒの１種または２種、Ｃならびに、ＳおよびＳｅの１種または２種を含有させたものだからである。

【実施例】

【００３７】

下記の表１（実施例－合金組成）および表２（実施例－合金組成）ならびに表３（比較例－合金組成）に示す合金組成の鋼を溶製し、インゴットに鋳造した。これらのインゴットを１５５mm角の鋼片に分塊圧延し、その後、この鋼片を線材圧延して、９．５mm径の線材にした。この線材を焼鈍し、スケールを除去した後、コンバインドマシーンで線材から直棒にし、センタレスグラインダーで直径８mmの丸棒に仕上げ、これを供試材とした。

【００３８】

次に、上記供試材から直径８mm、長さ４００mmの試験片を切り出した。それらの試験片を用いて、下記の方法で耐食性、被削性、および真直性を測定した。

［耐食性］

各試験片を、温度６０℃、湿度９５％ＲＨの高温多湿の雰囲気中に２４０時間保存し、目視で発錆の有無を観察した。

［被削性］

旋削性は、下記の条件で、５００個のサンプルの外周を切削し、工具刃先の摩耗量を測定することによって評価した。

工具：超硬バイト
切削速度：１５０mm/min
送り：０．０５mm/rev
切込み：１mm

ドリル穿孔性は、下記の条件で、５００個のサンプルに孔開け加工を実施し、工具刃先の摩耗量を測定することによって評価した。

工具：ハイスドリル
切削速度：１５m/min
送り：０．０７mm/rev
穴深さ：１０mm

［真直性］

その間隔を４００mmに設定した２個の支点の上に試験片を置き、試験片を回転させて、ダイヤルゲージで中央部の振れを測定した。単位は「μm/４００mm」幅である。
［冷間鍛造性］
直径１２mm×高さ１８mmの円柱状の試験片を用い、６００トン油圧プレスにより一軸圧縮試験を行ない、限界圧縮率（割れが観察されない最大の圧縮率）の値で評価した。
【００３９】
測定の結果を、特定の合金成分の間で規定した比の値とともに、下記の表４～表６（試験結果）にまとめて示す。

【００４０】
表１　実施例（合金組成）

No.	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Ti,Zr	S,Se	O	N	その他
1	0.020	0.19	0.15	0.018	0.30	8.1	Ti 0.27	S 0.07	0.004	0.021	－
2	0.035	0.28	0.18	0.008	0.09	8.4	Ti 0.80	S 0.24	0.013	0.016	－
3	0.025	0.15	0.30	0.019	0.17	7.5	Ti 0.45	S 0.12	0.002	0.019	－
4	0.050	0.31	0.19	0.033	0.28	8.8	Ti 0.60	S 0.17	0.005	0.022	－
5	0.045	0.31	0.08	0.028	0.80	8.9	Ti 0.43	S 0.12	0.002	0.017	－
6	0.028	0.33	0.17	0.042	0.47	7.8	Ti 0.82	S 0.11 Se 0.15	0.004	0.027	－
7	0.010	0.21	0.15	0.007	0.31	8.5	Ti 0.19	S 0.04	0.002	0.029	－
8	0.043	0.61	0.22	0.005	0.88	8.7	Ti 0.51 Zr 0.42	S 0.10	0.002	0.014	－
9	0.039	0.32	0.09	0.029	0.56	8.2	Ti 0.77	S 0.19	0.009	0.023	－

							Zr 0.24					
10	0.085	0.29	0.11	0.015	0.19	8.4	Ti 1.19	S 0.32	0.007	0.012	—	
								Se 0.24				
11	0.123	0.49	0.21	0.025	0.05	7.3	Ti 1.18	S 0.41	0.008	0.013	Mo 2.3	
											Mg 0.007	
12	0.118	0.32	0.46	0.013	0.34	6.9	Ti 1.08	S 0.43	0.005	0.026	Cu 0.2	
							Zr 0.24				B 0.008	
13	0.045	0.72	0.47	0.018	1.20	8.4	Ti 0.68	S 0.20	0.010	0.004	Bi 0.08	
											Nb 0.15	
14	0.055	0.08	0.14	0.008	0.69	8.9	Ti 0.70	S 0.19	0.008	0.009	W 1.6	
											B 0.005	
15	0.067	0.61	0.13	0.019	0.41	6.8	Ti 0.91	S 0.23	0.005	0.009	—	
16	0.088	0.30	0.17	0.033	1.88	7.8	Ti 1.02	S 0.46	0.011	0.012	Ca 0.006	
											Ta 0.22	
17	0.044	0.04	0.23	0.028	0.55	8.3	Ti 0.63	S 0.31	0.009	0.021	Co 1.2	
											Ca 0.0056	
18	0.057	0.32	0.31	0.042	0.41	8.2	Ti 0.73	S 0.48	0.010	0.012	Pb 0.25	
								Se 0.20				
19	0.022	0.49	0.33	0.007	1.32	8.1	Ti 0.32	S 0.16	0.013	0.018	—	

【００４１】

表２　実施例－続き（合金組成）

No.	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Ti,Zr	S,Se	O	N	その他
20	0.039	0.29	0.11	0.005	1.68	8.9	Ti 0.70	S 0.22	0.003	0.014	W 3.1
								Se 0.32			B 0.007
21	0.051	0.30	0.12	0.029	0.08	9.0	Ti 0.56	S 0.14	0.005	0.008	—
22	0.062	0.31	0.14	0.015	0.08	8.5	Ti 0.89	S 0.20	0.007	0.007	Mo 2.4
											REM 0.0031
23	0.067	0.81	0.15	0.002	0.69	7.5	Ti 0.90	S 0.26	0.008	0.010	—
24	0.087	0.41	0.16	0.019	0.28	8.3	Ti 0.84	S 0.23	0.003	0.012	Pb 0.21
25	0.111	0.39	0.19	0.011	0.59	8.2	Ti 1.05	S 0.31	0.003	0.014	—
								Se 0.13			
26	0.049	0.79	0.35	0.028	0.93	8.6	Ti 0.77	S 0.22	0.004	0.009	Mo 1.2
27	0.066	0.46	0.25	0.011	0.33	8.5	Ti 0.88	S 0.18	0.004	0.014	Cu 0.3
											Mo 0.5

28	0.132	0.29	0.13	0.019	0.22	7.4	Ti 1.20	S 0.35	0.001	0.021	Cu 0.8
29	0.077	0.51	0.05	0.025	0.02	8.1	Ti 0.95	S 0.26 Se 0.07	0.002	0.017	－
30	0.038	0.33	0.29	0.013	1.41	7.7	Ti 0.59	S 0.16	0.005	0.008	V 0.4

【００４２】

表３　比較例（合金組成）

No.	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Ti,Zr	S,Se	O	N	その他
31	0.002	0.42	2.62	0.028	0.71	5.2	－	S 0.01	0.008	0.025	－
32	0.016	1.52	0.30	0.018	0.40	1.7	－	S 0.33	0.012	0.033	－
33	0.009	0.68	0.77	0.025	0.16	10.5	－	S 0.20	0.006	0.180	－
34	0.008	0.45	2.43	0.018	0.38	7.2	－	S 0.61	0.007	0.018	－

【００４３】

表４　実施例（成分比＋試験結果）

No.	Ti＋0.52Zr	S＋0.40Se	4C/(Ti+0.52Zr)	1.5(S+0.40Se)/(Ti+0.52Zr)	耐食性発錆の有無	旋削性（μm）	ドリル穿孔性（μm）	真直性μm/400mm	冷鍛性限界圧縮率(%)
1	0.27	0.07	0.30	0.39	なし	51	70	8	≧84
2	0.80	0.24	0.18	0.45	なし	33	65	9	≧84
3	0.45	0.12	0.22	0.40	なし	55	66	6	≧84
4	0.60	0.17	0.33	0.43	なし	57	72	9	≧84
5	0.43	0.12	0.42	0.42	なし	46	68	5	≧84
6	0.82	0.17	0.14	0.31	なし	60	73	7	≧84
7	0.19	0.04	0.21	0.32	なし	61	76	3	≧84
8	0.73	0.10	0.24	0.21	なし	56	69	4	≧84
9	0.89	0.19	0.17	0.32	なし	43	59	9	≧84
10	1.19	0.42	0.29	0.52	なし	37	48	7	82
11	1.18	0.41	0.42	0.52	なし	40	51	6	80
12	1.20	0.43	0.39	0.54	なし	42	50	5	81
13	0.68	0.20	0.26	0.44	なし	57	74	9	≧84
14	0.70	0.19	0.31	0.41	なし	54	73	7	≧84
15	0.91	0.23	0.29	0.38	なし	59	69	4	≧84
16	1.02	0.46	0.35	0.68	なし	49	47	6	≧84
17	0.63	0.31	0.28	0.74	なし	60	49	5	≧84
18	0.73	0.56	0.31	1.15	なし	58	52	9	≧84
19	0.32	0.16	0.28	0.75	なし	65	41	10	≧84

【００４４】

表５　実施例－続き（成分比＋試験結果）

No.	Ti＋0.52Zr	S＋0.40Se	4C/(Ti+0.52Zr)	1.5(S+0.40Se)/(Ti+0.52Zr)	耐食性発錆の有無	旋削性（μm）	ドリル穿孔性（μm）	真直性μm/400mm	冷鍛性限界圧縮率(%)
20	0.70	0.35	0.22	0.75	なし	52	43	2	≧84
21	0.56	0.14	0.36	0.38	なし	57	62	8	≧84
22	0.89	0.20	0.28	0.34	なし	50	77	6	≧84
23	0.90	0.26	0.30	0.43	なし	48	72	4	≧84
24	0.84	0.23	0.41	0.41	なし	47	65	8	≧84
25	1.05	0.36	0.42	0.52	なし	41	71	9	83
26	0.77	0.22	0.25	0.43	なし	49	73	2	≧84
27	0.88	0.18	0.30	0.31	なし	51	68	5	80
28	1.20	0.35	0.44	0.44	なし	39	77	8	≧84
29	0.95	0.29	0.32	0.45	なし	43	68	6	≧84

３０	0.59	0.16	0.26	0.41	なし	54	72	9	≧84

【００４５】

表６　比較例（成分比＋試験結果）

No.	Ｔｉ＋0.52Ｚｒ	Ｓ＋0.40Ｓｅ	4C/(Ti+0.52Zr)	1.5(S+0.40Se)/(Ti+0.52Zr)	耐食性発錆の有無	旋削性（μｍ）	ドリル穿孔性（μｍ）	真直性μｍ/400mm	冷鍛性限界圧縮率(%)
３１	－	－	－	－	あり	123	104	48	70
３２	－	－	－	－	あり	102	121	39	55
３３	－	－	－	－	なし	156	95	43	60
３４	－	－	－	－	あり	89	113	33	50