



フェライト系ソリューション

特性 | 利点 | 用途

ISSF
INTERNATIONAL
STAINLESS STEEL



フェライト系ステンレス鋼の手引き



国際ステンレス・スチール・フォーラム (ISSF)

ISSF は 1996 年に設立された、世界的組織として、世界のステンレス業界の様々な観点からの活動を行う非営利研究機関です。ISSF には独自の理事会や予算もあり、事務局長もおりますが国際鉄鋼協会 (IISI) の一部門です。ISSF は現在 24 ケ国、67 の企業および準会員で構成されています。世界のステンレス生産の 85% は所属する会員企業によるものです。全会員の名簿は ISSF のホーム・ページ www.worldstainless.org に掲載されています。

目次

概要：“フェライトソリューション” (JEAN-YVES GILET)	5
はじめに：鋼の時代到来 (ICDA)	6
フェライト系ステンレス鋼について	9
すばらしいフェライト系ステンレス鋼	13
耐食性	21
機械的特性と物理的特性	27
フェライト系ステンレス鋼の加工	31
フェライト系ステンレス鋼の接合	37
製品と適用例	45
付属資料	
フェライト系ステンレス鋼の化学成分	59
表面仕上げ	63
参考文献、参考資料	64
ISSF 会員一覧	66
謝辞	67



塗装フェライト系ステン
レス鋼を使用した南ア・
ダーバンに架かる高速道
路橋梁の構造材

概要

フェライト系ソリューション

JEAN-YVES GILET (ジャンーイブ・ジレ) ISSF 市場開発委員会委員長

ISSF は多くの会員から出されたフェライト系ステンレス鋼の需要開拓に向けた業界一致の取り組みがなされていないという指摘を受けて、2004 年 2 月にプロジェクトの協議を開始しました。

市場開発委員会の主導のもと、Philippe Richard (フィリップ・リシャード) 率いる各国の専門家グループがフェライト系ステンレス鋼とその用途に関する市場統計の収集を開始しました。同グループは世界中一特にフェライト系市場が最も開発されている日本一から多くの情報提供を受けました。

プロジェクト発足後間もなく、ICDA (国際クロム開発協会) よりこの取り組みに協力し、プロジェクトの必要経費を共同負担する旨の申し出がありました。国際的な協会が協力する具体例として我々はこの申し出を快く受諾しました。

プロジェクトの初期段階においてニッケル価格が急騰し、より価格の安定が期待できる鋼種への関心が高まりました。その時点で ISSF はこのプロジェクトを最優先項目に指定しました。私は最高のタイミングでまさに「市場開拓に資する」結果を発表できることを光栄に思います。

フェライト系ステンレス鋼はもっと広く使用でき、また使用されるべきと私は確信しています。本冊子の目的はこれら鋼種のさらに幅広い使用を促進することです。

ステンレス鋼が「錆びにくい」のは含有されているクロムの高い耐食性によるものです。クロムのみ、また他の元素 (モリブデン、チタン、ニオブ等) を含有するフェライト系ステンレス鋼も例外ではありません。よく知られているフェライト系ステンレス鋼 409、410 および 430 は世界中で容易に入手できます。洗濯機のドラムや自動車の排ガス装置等での使用では成功を収めていますが、実際はさらに多くの分野で使用できる可能性を持っています。

439 や 441 等の近年になって開発されたフェライト系ステンレス鋼はさらに性能が改良されています。それらはより複雑な形状にも加工でき、また溶接も含めたもっとも一般的な方法で接合できます。モリブデンを添加することにより、444 の局部腐食に対する耐食性は少なくともオーステナイト系ステンレス鋼の 316 と同等になります。

フェライト系ステンレス鋼はニッケルを含有していないのでオーステナイト系ステンレス鋼よりも価格が安く、安定しています。従って次のことが言えます。

- ステンレス鋼間で 304 を代替できます (勿論、304 は用途が広く、よく使用される鋼種であることには変わりありませんが)
- 200 系の代替鋼種にもなれます (通常、200 系よりも使用上の機能は優れています)
- フェライト系ステンレス鋼の特徴ある技術的特性一主として技術面と LCC (ライフ・サイクル・コスト) の利点に関連したものにより多くの分野で他の材料 (例えば普通鋼、銅、亜鉛、アルミ、プラスチック等) を代替できます。

フェライト系ステンレス鋼の磁性は普通鋼を連想させるような「マイナス」要素ではありません。逆に磁性は他のステンレス鋼と区別できる点でフェライト系ステンレス鋼の優れた特徴なのです。

フェライト系ステンレス鋼の特徴を最大限に生かすには、

- 新規ユーザーに対し加工や接合技術の研修を行ない
- ユーザーが正しい鋼種選定に関してメーカーに相談し
- ユーザーが供給材料の鋼種、品質および製造工場に関して適切な保証を提供できる信頼性の高いメーカーから材料を手当てする一ことが重要です。

プロジェクト・チームの卓越した努力と ICDA の強力な支援のおかげで今日、我々のステンレス鋼事業に関する冊子を提供することができます。この冊子には顧客からの非常に興味深い証言も含まれており、新しい用途開発への高い関心が示されています。ISSF はこのようなすべての関係者のご協力に感謝いたします。

Jean-Yves Gilet
委員長
市場開発委員会
ISSF



緒言

ステンレス鋼の時代到来

FRIEDRICH TEROERDE (フリードリッヒ テロエルデ) ICDA (国際クロム開発協会)

まず ICDA がクロムについての優れた刊行物であるこのフェライト・ソリューションの緒言を書かせて頂けることにつき ISSF にお礼を申し上げます。

ICDA は 1990 年パリに設立され、現在では 5 つの大陸にまたがる 26 ケ国から 96 のメンバーが加盟しています。我々の使命はクロムの利点を世界に伝えることです。

クロムは鉄鋼製品に含有され、ステンレス鋼や他の合金を作るために鉄や鋼に添加されます。クロムはステンレス鋼にとって特別な成分です。クロムは鋼を「錆びにくく」し、優れた耐食性や耐酸化性を与える合金元素です。クロムは入手し易く、かつステンレス鋼の形で簡単にリサイクルできるので環境に悪影響を及ぼしません。

クロム生産業者を代表する機関として、この冊子がクロム業界の発展に有益であると確信し、我々はその作成を支援しています。それ故、ICDA の市場開発委員会はここ数年間、ISSF のような姉妹機関と共通の関心を持つプロジェクト実現に協力してきました。クロムはすべてのステンレス鋼の基本的元素で、平均 18% 含まれています。ステンレス鋼の年間消費は成長率で 5% 増加しており、食品、飲料、鋳業や自動車産業、および建築分野における用途がますます増えています。

ご承知の通り、「オーステナイト系」ステンレス鋼に使用されるニッケルが市場在庫の動向により、大幅な価格変動に見舞われています。事実、過去数年間でニッケル価格は記録的な水準まで高騰し、オーステナイト系ステンレス鋼のコストに大きく影響しています。

2 番目に大きなステンレス鋼のグループである「フェライト系」はニッケルを含有していません。しかし、クロムを含有しています。我々自身の活動にも関連しますが、ステンレス鋼市場の高成長を考慮し、我々は現時点でフェライト系ステンレス鋼のさらに広範な使用を強く推進すべきと考えております。

従って、我々は ISSF がフェライト系ステンレス鋼の用途を調査し、さらに開発するプロジェクトへの協力を求めてきた時には非常に嬉しく思いました。このプロジェクトの立派な目的はステンレス鋼市場で持続可能な成長を達成し、フェライト系ステンレス鋼市場を開くことです。

フェライト系ステンレス鋼に関する資料を調査してみると、ステンレス鋼一般に関する資料は大量に存在しますが、フェライト系が約 100 年前から使用されてきたにもかかわらず、この鋼種に特化した資料はほとんどありません。こうした背景から ISSF がこの冊子の制作を決定したのです。この冊子はフェライト系の技術的特性、利点と用途に関して必要な情報を提供するとともに、加工上の留意点も掲載しています。またフェライト系ステンレス鋼の使用と特性に関して一般に広まっている間違った考えを正すことも目的としています。

最後になりますが、ICDA はニッケル価格の変動がステンレス鋼のユーザーの方々に大きな問題になっていることを認識しています。我々は代替解決策の模索に参加することにより、ステンレス鋼業界とユーザーの方々をサポートしたいと考えています。既にフェライト系ステンレス鋼の技術的品質とコスト面の優位性のお蔭で、この鋼種が時代の要求に合った鋼であることは明白です。

既にステンレス鋼を使用されているユーザーや、また使用を検討しているユーザーの方々がこの冊子をお読みになればフェライト系ステンレス鋼の新しい、また興味深い使用法をご理解頂くことにより、さらに用途が広がるものと思います。



Friedrich Teroerde
委員長
市場開発委員会
委員長





フェライト系ステンレス鋼は
業務用厨房機器の外装材と
して最適です。



フェライト系ステンレス鋼の
光沢ある表面は食品に接触
する用途における清潔さと衛
生的な材料のシンボルです。

洗濯物使用指導			
洗濯	洗濯方式	洗濯薬	乾燥
洗濯機	洗濯機	×	×
手洗い	手洗い	○	○
乾燥機	乾燥機	○	○

注：*○* 表示は可能、*×* 表示は不可。

フェライト系ステンレス鋼に関するコメント

フェライト系ステンレス鋼の経済的・技術的利点は長年に亘りいくつかの市場分野で評価されてきました。既存および新興市場を代表する次の証言はこれらの利点がさらに広範に認識されていることを示すものです。

STEFAN RAAB

製品材料購買管掌役員
BSH BOSCH UND SIEMENS HAUSGERATE GMBH,
MUNICH, GERMANY (ドイツ)

「当社では製品の約 1/3 にステンレス鋼を使用しています。ステンレス鋼を使用する理由は機能性、耐食性、また美観です。現時点ではフェライト系ステンレス鋼のシェアは約 50% です。フェライト系ステンレス鋼はコスト的に有利で、また多くの用途について当社の顧客にとって、ステンレス鋼の機能とデザイン上の利点があることからフェライト系ステンレス鋼の使用を増加させる予定です。当社は耐食性と加工性に問題がない用途にはすべてフェライト系ステンレス鋼を使用していくつもりです。」



ROBERTA BERNASCONI

海外技術—原料管掌部長
WHIRLPOOL CORPORATION, CASSINETTA DI BIANDRONNO, ITALY
(イタリア)

「家庭用品のメーカーとして当社はフェライト系ステンレス鋼を冷蔵庫や洗濯機に使用しており、厨房機器や食器洗い機に材料をフェライト系ステンレス鋼に変更することも検討しています。フェライト系ステンレス鋼はコストの優位性があるのでこうした鋼種の使用を増やすことは当社および当社の顧客にとっても有益です。」



当社は設計段階で製造上の課題も検討するので、製品寿命の延長を保障するために時には塗装した鋼種や指紋がつかない塗装鋼種を選択することもあります。またフェライト系

ステンレス鋼の高級鋼種を使うこともあります。重要なのはフェライト系ステンレス鋼のコスト・メリットを享受することです。

当社の用途にはフェライト系ステンレス鋼は適しており、ニッケルの高価格を考えると、当社の将来はまさにこの優れた鋼種にかかっています。」

JEAN-LOUIS LALBA

SEB グループ購買主任
(TEFAL, ROWENTA, KRUPS, MOULINEX, ARNO, ALL CLAD, PANEX,
ETC.), RUMILLY, FRANCE (フランス)

「当社は年間、約 15,000 トンのステンレス鋼を使用しており、その約 40% がフェライト系ステンレス鋼です。最初、当社グループはフェライト系ステンレス鋼の最適用途である調理器具の蓋、加工（スタンピング）や接合したIH調理器具の底やオーブンの枠などに使用していました。それからフライパンにも使い始めましたが、結果はエンド・ユーザーも満足するものでした。」



しばしば、こうした用途でのフェライト系ステンレス鋼の耐食性、深絞り性や研磨性が当社や当社の顧客にとって満足のいくものであることが証明されています。なかには、こうした面の品質要求や加工の容易さの面でフェライト系ステンレス鋼では製造条件や使用条件が満たせないこともあります。また国によってはフェライト系ステンレス鋼に対して不合理な偏見があります。しかし多くの場合、フェライト系ステンレス鋼が最適の選択だと思えます。事実、フェライト系ステンレス鋼の磁性はステンレス鋼のIH調理器具には不可欠です。また、勿論フェライト系ステンレス鋼の価格が安定していて、信頼出来るのも利点です。

フェライト系ステンレス鋼使用で得た良い経験から、当社は他の用途も開拓していくつもりです。」



砂糖業界ではフェライト系ステンレス鋼はすべての面で普通鋼より優れていることが証明されています。

GAETANO RONCHI

鋼材購入部長, IKEA

「当社はステンレス鋼を鍋類、ナイフ等の食器類と浴室と台所用品に使用しています。年間消費量は 60,000 トンですが年に 15% ほど消費が伸びています。大部分がフェライト系ステンレス鋼です。



2003 年半ばに IKEA は主として価格の安定性と予見性から汎用ステンレス鋼としてフェライト系ステンレス鋼の採用を決定しました。テストの結果、溶接シームのある製品には耐食性の関係から標準的な 430 よりクロム含有量の多い鋼種が必要となり、溶接部位は製品要求からさらなる処理が必要となりました。しかしフェライト系ステンレス鋼採用の決定は当社のステンレス製品開発の画期的出来事でした。オーステナイト系ステンレス鋼に固執していたら当社の販売と新製品でのステンレス鋼の使用が著しく阻害されていたでしょう。

IKEA のステンレス鋼製品の相当数はアジアの OEM で生産されており、当社がフェライト系ステンレス鋼への転換に成功したのは当社グループのアジアの購買事務所や OEM 関連企業に対する教育とトレーニングによるものでした。当社の目標はオーステナイト系ステンレス鋼を完全に除外し、それをフェライトの改良鋼種で代替することです。当社は深絞り性と耐食性の面で改良を加えたフェライト系ステンレス鋼のテストを行なっています。」

MICHAEL LEUNG

副部長, YIU HENG INTERNATIONAL COMPANY LIMITED, MACAO (マカオ)

「当社の中国・重慶所在の子会社 Xinhui RiXing Stainless Steel Products の主要製品はステンレス鋼の調理機器と台所用品です。作成時点で、同社は月間約 800MT のステンレス鋼を消費しており、その 66-70% がフェライト系ステンレス鋼です。当社が 1999 年に工場を立ち上げた時には 400 系を調理機器の底だけに使っていました。2002 年に調理機器の胴の部分にもフェライト系ステンレス鋼を使い始めました。



フェライト系ステンレス鋼を使うのはコストが安いせいだけではありません。フェライト系ステンレス鋼は磁性があり、熱伝導も優れています。304 からフェライト系ステンレス鋼への転換はメーカーの競争力が向上し、顧客が安全な製品を安いコストで購入出来ることを意味します。フェライト系ステンレス鋼には磁性があるので、低品質で耐食性も悪いとの根拠の無い偏見を是正する必要があります。

圧倒的に 304 の使用量が多い工場でフェライト系ステンレス鋼に転換するには製造工程や金型を調整することが必要になります。これにはコストがかかります。しかし、当社の経験ではフェライト系ステンレス鋼に転換することでトータル・コストが低減出来ます。

全体として当社はフェライト系ステンレス鋼に非常に満足しています。多様な要求を満たすために種々のフェライト鋼種が開発されています。当社はフェライト系ステンレス鋼が供給・センターでも手軽に買えるようになり、様々な分野でもっと使用されるようになることを希望しています。」

ATUSHI OKAMOTO

タカラスタンダード(株)、大阪工場 第一製造部 部長

「タカラスタンダードは日本の台所と浴室関連製品の大手メーカーです。当社はステンレス鋼を流し台、備え付けキッチン、天板、浴槽や備え付け浴室の部品等に使っています。当社はフェライト系ステンレス鋼の特性がこうした用途には十分という、はっきりした理由でフェライト系ステンレス鋼を約 40 年使っています。



当社がフェライト系ステンレス鋼の使用に成功しているのは製品設計で個別鋼種の機械的性質を研究しているのと、適切なプレス加工と金型技術を持っているからです。フェライト系ステンレス鋼で特に問題になった点はありません。複雑な形状が必要な場合には試作品を作り、最適な加工条件を確立します。

結論として、当社はフェライト系ステンレス鋼に大変満足しています。ガイドラインが発行されて、顧客企業が各々の用途に合った鋼種を選択する一助になればよいと思っています。」

その他の証言は各章の最初に記載されています。



フェライト系ステンレス溶接鋼管にはその技術面や経済面の利点から大きな将来性があります。

CLOVIS TRAMONTINA

社長, TRAMONTINA, SÃO PAULO, BRAZIL.
(ブラジル)

「輸出も手広く行っているブラジルの家庭用品や工具の大手メーカーとして Tramontina は現在月に約 850 トンのステンレス鋼を使っていますが、その 30% 近くがフェライト系ステンレス鋼です。フェライト系ステンレス鋼の主な製品は手頃な価格のトレイや食卓食器、流し台や鍋の底板です。

当社はファロウピリャ工場で鍋やトレイ等の生産を始めた 1974 年からフェライト系ステンレス鋼を使用しています。フェライト系ステンレス鋼を使い始めた理由はそのコストの安さと特徴や特性が、こうした用途に非常に適しているためです。



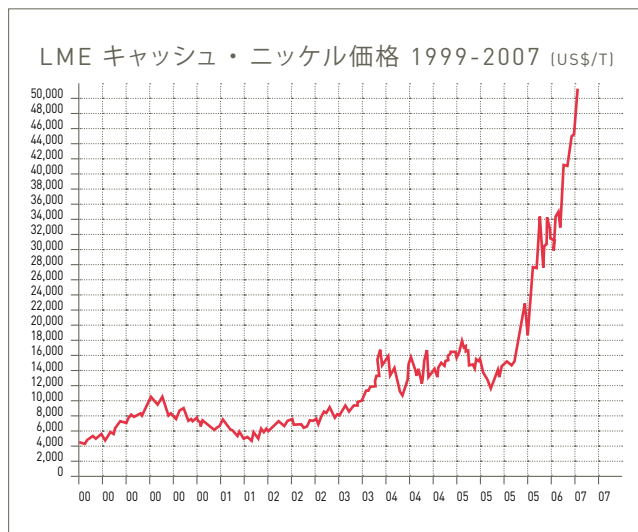
難しい流し台等の深絞りに関してはフェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系より加工が難しく、中間焼鈍が必要になります。しかしコスト面から、それでもフェライト系ステンレス鋼が良い選択だと考えています。清潔でメンテナンスもやりやすいので衛生的です。ステンレス鋼のすべての美的メリットを備えていて様々な仕上げがあるのも利点です。

結論として、当社はフェライト系に満足しており長年使用しています。事実、当社はフェライトが使用出来て、コスト面の有利性が引き出せる新しい用途を常に探しています。」

「素晴らしいフェライト系」

原料コストの急騰により、フェライト系ステンレス鋼はコストの安い材料による代替が不可欠となっている多くの用途で有効な解決策として注目を集めるようになっていきます。

近年、アルミ、銅、亜鉛およびニッケル等の原料コストは急騰しています。特にステンレス・メーカーとユーザーは高価で、また不安定なニッケル価格（事実、ニッケル価格は日々変動します）に大きく影響されます。ニッケルは広く使用されている「オーステナイト系」(300系)ステンレス鋼の成分です。



ステンレス・メーカーはこうした価格変動を制御出来ませんが、その避けられない影響はニッケルを含有する鋼種の価格を引き上げ、かつ不安定にするとということです。この状況により、現在これらの鋼種を使用しているユーザーの一部はオーステナイト系ステンレス鋼よりも安く、自分たちの製品や用途の生産面や機能面の要求を満たす材料を探すことを迫られています。

またこうした状況はステンレス鋼の使用を検討しているユーザーに自分たちが求める品質のステンレス鋼は価格面で手が届かないと思わせ、他の材料の選択に走らせてしまうこともあります。

低いコスト、安定した価格

朗報はフェライト系(400系)ステンレス鋼(価格が安く安定して、しかも素晴らしい技術的特性を持っている)が「オーステナイト系ステンレス鋼」しか使用出来ないと思われている多くの用途に関して、優れた代替材料として用意されていることです。



業務用鉄板 420。



ひせし 446M 鋼板。

ニッケルを含有していないフェライト系ステンレス鋼は基本的には鉄とクロム(最低 10.5%)で構成されています。「ステンレス鋼」の耐食性を特に向上させる元素であるクロムの価格は従来、比較的安定しています。フェライト系ステンレス鋼の中でも鋼種によっては必要な特性を強化するためにモリブデン等の他の合金を含有しているものもあります。

フェライト系ステンレス鋼はより高価な「いとこ」である「オーステナイト系ステンレス鋼」と多くの機械的性質や耐食性に関しては同等で、いくつかの特性ではオーステナイト系ステンレス鋼よりも優れています。ニッケルに高い価格を払う必要がなければ払わないで済ませるのが最善でしょう。

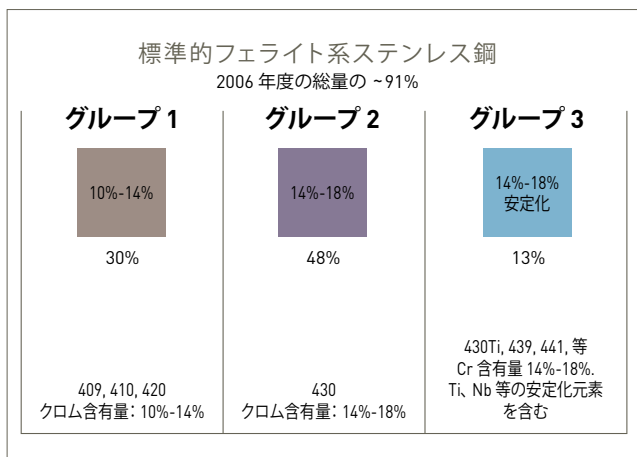
銅、アルミあるいはオーステナイト系ステンレス鋼を使用しながら他の解決策を求めているユーザーの方もご安心ください。フェライト系ステンレス鋼はしばしばステンレス鋼の独特の特性をフルに享受出来る手頃な価格の、技術的に理想的な材料となります。



「ニッケルに高い価格を払わないで済むならそれが最善でしょう。」

5種類のフェライト系

フェライト系ステンレス鋼は3つの標準鋼種グループと2つの「特殊」鋼種グループの計5つのグループに分類されます。トン数および用途数両方において現在群を抜いて大量に使用されているフェライト系ステンレス鋼は標準鋼種です。フェライト系ステンレス鋼の標準鋼種は多くの厳しい用途も完全に満足させることから、これらの用途に非常に適したものと言えます。



■ **グループ 1 (409/410L)** はステンレス鋼の中で最もクロム含有量が低く、また価格も最も安いものです。このグループは腐食性がない、または軽度の錆が容認される用途に理想的と言えます。409 は当初、自動車の排ガス装置の消音機（厳しくない腐食環境の外部部品）、410L はしばしばコンテナ、バスや普通乗用車、そして最近では LCD モニター・フレームに使用されています。

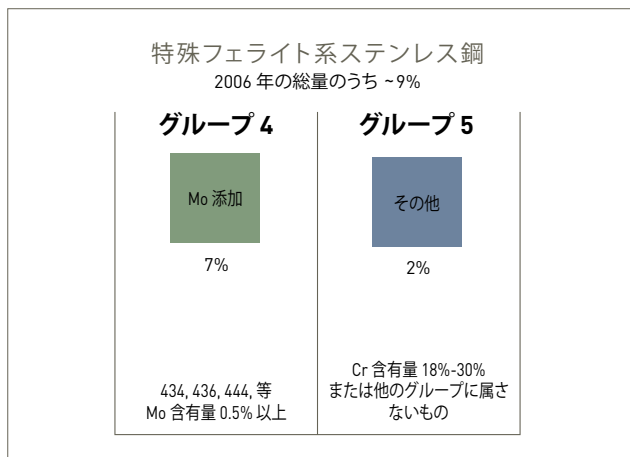
「フェライト系ステンレス鋼の標準鋼種は多くの厳しい用途も完全に満足させることから、これらの用途に非常に適したものと言えます。」



コンテナ用鋼種 409L and 410L

■ **グループ 2 [430]** はフェライト系ステンレス鋼の中で最も広く使用されているグループです。グループ 1 よりも高いクロム含有量を持つこのグループはより耐食性が高くオーステナイト系ステンレス鋼の 304 に迫る特性を示します。一部の用途ではこのグループは 304 を代替するのに適しており、通常は屋内用途に使用出来ます。典型的な用途には洗濯機のドラム、屋内パネル等があります。430 はしばしば家庭用品、食器洗い機、銅釜類で 304 を代替します。溶接条件等については 37 ページ以下を参照ください。

■ **グループ 3** には **430Ti, 439, 441** 等が含まれます。グループ 2 に比べ、これらの鋼種は溶接性と加工性が優れています。大抵の場合、304 のオーステナイト系ステンレス鋼よりも高性能を示します。典型的な用途は流し台、交換器のチューブ（砂糖産業、エネルギー産業等）、排ガス装置（409 よりも長寿命）および洗濯機の溶接部分です。グループ 3 の鋼種は 304 がオーバースペックとなっている用途でこれを代替出来ます。



■ グループ 4 には 434, 436, 444 等が含まれます。これらの鋼種はさらに耐食性を高めるためにモリブデンを添加したものです。典型的な用途には温水槽（タンク）、太陽熱温水器、排ガス装置の見える部分、電機気湯沸し器や電子レンジ部品、自動車のモールや屋外パネル等です。444 の耐食性は 316 とほぼ同等です。

■ グループ 5 (鋼種 445, 446, 447 等) 耐食性と耐酸化性を高めるためにクロムをさらに加えたりモリブデンを添加しています。この鋼種はこうした特性では 316 より優れています。沿岸や他の厳しい腐食環境での用途を含みます。447 の耐食性はチタンと同等です。

卓越した参考例

フェライト系ステンレス鋼のサクセス・ストーリーのなかで 2 つの典型的で、かつ非常に厳しい用途が目立ちます。長年にわたりフェライト系ステンレス鋼は自動車の排ガス装置と洗濯機のドラムという 2 つの非常に厳しい用途に使用されてきました。



排ガス装置は高温と腐食環境に晒されます。ステンレス鋼（フェライト系）の使用でこれらのパーツの保証期間を延長することが出来ます。

洗濯機のドラムは洗剤とほとんど常時湿った環境に耐えなければなりません。しかしそれでも局部腐食は絶対不可です。

オーナードライバーも一般家庭も排ガス装置と洗濯機のドラムが長持ちするのに満足していることを躊躇なく認めてくれるでしょう。こうした製品のメーカーにとっては「作りやすさ」と大きな経済的メリットもフェライト系ステンレス鋼を選択するさらなる要因となっています。

多くの場合、フェライト系ステンレス鋼はもっと高価な他の材料よりも好ましい選択肢として注目を集めています。

他に現在、フェライト系ステンレス鋼の用途としては台所用品や業務用厨房、屋内家具や装飾品、自動車のモール、過熱器や加熱器のチューブ、バーナー、エアコン・ダクト、バーベキュー用鉄板等があります。さらに多くの用途が開発されています。



太陽熱温水器、台湾、中国。

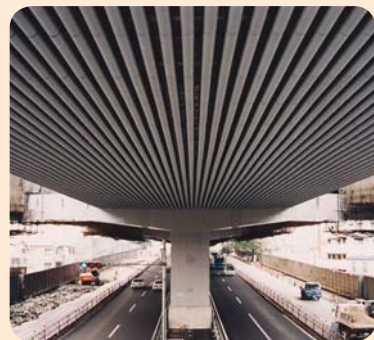
現在の優れたフェライト系ステンレス鋼

高品質のフェライト系ステンレス鋼は長年にわたり存在しており、さらに徹底した研究・開発の結果、現在では非常に優れた鋼種が生産されています。

フェライト系ステンレス鋼は市場にとっても、長年の製造経験を持つメーカーにとっても目新しいものではありません。しかし不思議な事にフェライト系ステンレス鋼には主として歴史的な理由から誤解があったり、知られていない面が多いようです。以前は 430 が唯一入手可能な鋼種で初期の段階では、最初にこの鋼種を使った顧客は——特に溶接方法や厳しい腐食状況等について——十分な技術的サービスが得られなかったことも考えられます。とにかく、フェライト系ステンレス鋼は「劣っており」やはりオーステナイト系ステンレス鋼でないのだめだという間違った考えが市場の一部に根付いてしまいました。

フェライト系ステンレス鋼は大きく進歩しました。今では十分な技術サービスが提供されますし、顧客のニーズに対応するために鋼種も増加、多様化し種々の特性が備えられるようになりました。こうした特性は概ねオーステナイト

系ステンレス鋼と類似したものゆえ、フェライト系ステンレス鋼を劣っていると、優れているとかと見るのは間違っています。フェライト系ステンレス鋼はただオーステナイト系ステンレス鋼とは違うというだけでそれも利点になっているのです。



高梁防音フェライト系ステンレス鋼、日本。

実際、多くの場合、フェライト系ステンレス鋼はより高価な材料を凌ぐ選択肢として注目を集めています。用途によっては必要スペックに他の材料以上によくマッチし、まさに用途に見合った品質——アンダースペックでも、またこれも同じように重要な点ですがオーバースペックにもならない——を提供します。



ミルク輸送車、430クラッド南アフリカ。

優れた加工性

普通鋼と同様の可鍛性を持つフェライト系ステンレス鋼はほとんどの加工に適しています。非常に優れた特性を持つオーステナイト系ステンレス鋼ほど可鍛性は高くありませんが、多くの場合オーステナイト系ステンレス鋼は「オーバースペック」になっています。

普通鋼とフェライト系ステンレス鋼は同等の加工性を示します。従って、フェライト系ステンレス鋼の広範な可能性を認識するには現在、普通鋼が加工され、使用されている複雑な形状（例えば自動車の車体）を思い浮かべてもらうだけで十分です。正しい加工設備と鋼種の選択により、無数の形状の製品がフェライト系ステンレス鋼から作れます。

磁性の利点

一般に広まっている誤解はフェライト系ステンレス鋼には磁性があるので「本当の」ステンレス鋼ではなく、普通鋼のように錆びてしまうというものです。これはまったくばかげています。原子構造の違いだけで磁性があるステンレス鋼と無いステンレス鋼に分かれるのです。腐食性は原子構造の問題ではなく、

一般に広まっている誤解はフェライト系ステンレス鋼には磁性があるので「本当の」ステンレス鋼ではなく、普通鋼のように錆びてしまうというものです。これはまったくばかげています。

化学成分—特にクロム含有量の問題です。磁性は腐食性とは全然関係ありません。

事実、フェライト系ステンレス鋼の磁性は、冷蔵庫のスティック・メモ（メモの貼り付け）からナイフ等の金属器具の収納に至るまで、現在の用途に加え、今後開発が期待できる用途やメリットがある大きなプラス要因なのです。勿論、IHクッキングに使用される鋼類は、IHが磁気エネルギーで料理器具自体に熱を起こす方法なので、磁性は不可欠です。



冷蔵庫、430クラッド。

特別な技術的利点

ステンレス鋼は非常に優れた耐久性を持つ、メンテナンス費用の安い材料で普通鋼に比べて大きなライフ・サイクル・コスト (LCC) 面の優位性があります。またステンレス鋼は 100% リサイクル可能です。新しく生産されるステンレス鋼の 60% 以上は溶解スクラップを原料にしています。

ステンレス鋼の主要特性の概要は下記の通りです。

- 耐食性
- 美観
- 耐熱性
- LCC の優位性
- 完全にリサイクル可能
- 生物学的中立性 (EU の RoHS 要件に合致)
- 製造の容易さ

フェライト系ステンレス鋼は、腐食性、LCC 面の利点および製品の長寿命に関してステンレス鋼が持つ普通鋼と比べた場合の優位性をすべて兼ね備えています。さらに近似の「いとこ」、オーステナイト系ステンレス鋼の鋼種に対する利点はコストの安さだけではありません。実際、フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼に勝る特性をいくつか持っています。

フェライト系ステンレス鋼の優れた特徴

- フェライト系ステンレス鋼には**磁性があります**。
- フェライト系ステンレス鋼は**熱膨張率が低い**です。
(熱せられた場合にオーステナイト系ステンレス鋼ほど膨張しません)
- フェライト系ステンレス鋼は耐**高温酸化性が優れています**。(オーステナイト系ステンレス鋼ほどスケールを発生させません。)
- フェライト系ステンレス鋼は**熱伝導率が優れています**。(オーステナイト系ステンレス鋼よりも均一的に熱を伝導します。)
- ニオブで安定化されたフェライト系ステンレス鋼は**耐クリープ性が優れています**。(長期の応力に対してもオーステナイトステンレス鋼ほど変形しません。)
- フェライト系はオーステナイト系 (特別な工具や、よりパワフルな機械を必要とし、より激しく工具を磨耗する) よりも**切断や加工が容易**です。
- フェライト系ステンレス鋼の冷間加工工程における**スプリング・バックの発生はオーステナイト系よりもはるかに低い**ものです。
- フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼 304 よりも**高い耐力 (普通鋼に近いもの) を持っています**。
- フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼と違って**応力腐食割れを起こし難い**。

重要なのは仕様と用途を合わせることです

現在の市況では顧客が自社の用途に使う材料を選ぶ際には、「オーバー・スペック」とならないように留意することが最も重要です。

歴史的にオーステナイト系ステンレス鋼 304 が広範な用途に適していたことから最も開発が進み、入手しやすいステンレス鋼でした。今日のフェライト系ステンレス鋼は正しい仕様を選択すれば、多くの場合 304 を代替えし、優れた結果を生み出します。

製造と使用面から必要な品質を綿密に、かつ現実的に検討してみると、製品メーカーと顧客双方にとって、よりコスト面で有利なフェライト系ステンレス鋼が必要な仕様を完全に満足していることがよくあります。



「今日のフェライト系ステンレス鋼は、正しい仕様を選択すれば、多くの場合 304 を代替えし、優れた結果を生み出します。」



台所 430 種アフリカ。

適切な使用上の注意（例えば、顧客に製品の表面を定期的に洗浄するよう伝えておく等）だけで製品の使用期間中、特にコスト面で有利なフェライト系ステンレス鋼の耐食性を完全に守ることができる場合もあります。



クラッドドペネル塗装加工した 430 イタリ。

時流に合ったステンレス鋼

今日のフェライト系ステンレス鋼の品質、価格面の優位性および他の合金元素を追加することで得られる優れた特性を考慮すると、フェライト系ステンレス鋼を活用する機会は無限とされます。

本冊子では我々はフェライト系ステンレス鋼の品質を比較的簡潔な用語で記述し、解かりやすく説明することを目指しています。目的はこれらの低コスト鋼種のメリットをより広く理解してもらい、ステンレス鋼全般の消費を伸ばすことです。これはユーザーが自分たちの用途に正しい鋼種を選択できるように支援するステンレス鋼業界の活動の一環です。

以下のページでは今日のフェライト系ステンレス鋼の特性、種々の合金元素の役割、および現在の、また今後期待できるこうした鋼種の用途を検討します。



一定の環境ではフェライト系ステンレス鋼は都市部のファニーチャー分野で芸術的で、耐久性があり経済的なソリューションを提供します。



DOMINIQUE MARET

販売管理役員, FAURECIA EXHAUST SYSTEMS, FRANCE
(フランス)

「世界の自動車部品サプライヤーとして、ファウレシアでのステンレス鋼の主要な用途は排ガス装置です。年間この用途に使用する約200,000トンの内、約90%がフェライト系ステンレス鋼です。実際、当社は米国の排ガス規制に合致する触媒・コンバーターの生産を開始した1970年代からフェライト系ステンレス鋼を使用しています。フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼より熱膨張率が低く、これが触媒・コンバーターの耐久性の最も決定的な要因でした。」



当社が各鋼種の違った排気環境での性能をよく理解していて、用途に合った鋼種を選択出来るため、フェライト系ステンレス鋼は当社にとってサクセス・ストーリーなのです。勿論、加工性の限界や粒界腐食防止の必要性を製品設計と製造プロセスの両方で考慮する必要があります。当社は900°C以上の高温域での性能と耐食性の面でフェライト系ステンレス鋼の改良を常に求めています。当社はこうした改良が価格の経済性や安定性を保持したまま、フェライト系ステンレス鋼をオーステナイト系ステンレス鋼の性能にますます近づけるものと確信しています。とは言え、現在でも当社はフェライト系ステンレス鋼に非常に満足しています。」

耐食性

ステンレス鋼が「錆びにくい」のは含有されるクロムが優れた耐食性を持っているからです。

全ての鉄は、程度の差はありますが、腐食します。しかしステンレス鋼はその含有するクロムにより、普通鋼よりはるかに耐食性が高くなっています。クロム（時々ニッケルだと誤解されています）がステンレス鋼の耐食性の最も重要な元素なのです。

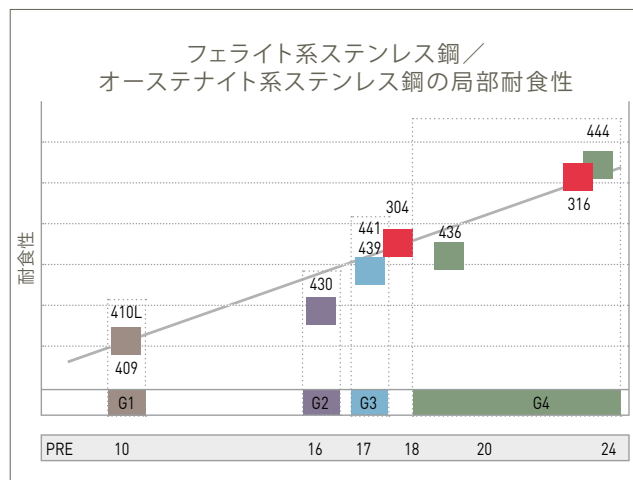
耐局部腐食性

ステンレス鋼製品は通常、メンテナンスを必要としませんが、使用中に腐食の発生しないようにするため、軽度のメンテナンス（例えば堆積物の除去）が必要となる場合があります。

ステンレス鋼の耐食性はオーステナイトやフェライトの原子構造よりも、むしろ化学成分によって決定されます。実際、腐食に関してはフェライト系ステンレス鋼もオーステナイト系ステンレス鋼もほとんど差異がないと言えます。

「フェライトとオーステナイトは2つの互換性のあるステンレス鋼種と見なすことができます。」

5つのフェライト「グループ」とオーステナイト系ステンレス鋼304の耐食性の比較がクロムの重要な役割を明確にし、またニッケルを含有する（オーステナイト系）ステンレス鋼とほとんどのフェライト系ステンレス鋼の耐食性は変わらないことを示しています。



上記の図はモリブデンを含有するフェライト系ステンレス鋼だけが304より優れた局部腐食（孔食）に対する耐食性を持っていることを示しています。しかし、安定化フェライト系標準ステンレス鋼は、304より若干劣りますが、それでも孔食に対しては非常に高い耐食性を持っています。



水分分離器 439 欧州



ランジェーター・クリルとサイド・モール 444



一部 444 を使用したクラッドパネル、ブラジル

■ **グループ 1** のフェライト系ステンレス鋼は屋内（材料が水分に接していないか、定期的に拭いて乾かされる）あるいは若干の発錆は容認出来る屋外の用途等、厳しくない環境での使用に適しています。そうした点で、このグループのフェライト系ステンレス鋼は普通鋼より耐久性があります。

■ **グループ 2** の鋼種は厳しくない環境で断続的に水分と接する用途に適しています。

■ **グループ 3** の鋼種はグループ 2 の鋼種と同様の用途に適しますが、グループ 2 よりも溶接性が優れています。

■ **グループ 4** のフェライト系ステンレス鋼は 304 より耐食性が良く、広範な用途に適しています。

■ **グループ 5** は例えば約 29% Cr, +4% Mo 等の高クロム鋼種を含んでいてチタン金属と同様に海水中でも耐食性があります。

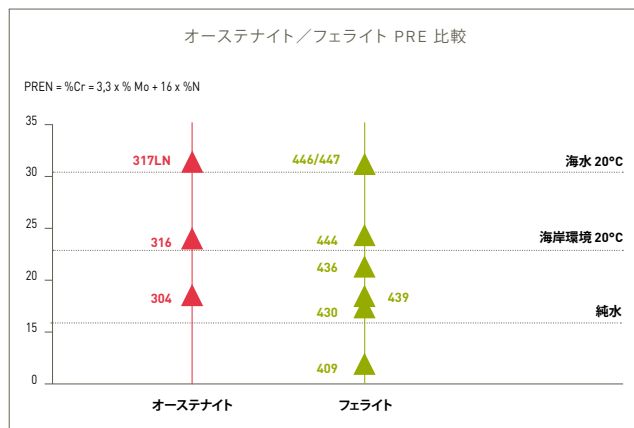


耐孔食性にはニッケルは役割を果たしていません。

貯蔵タンク鋼種 444 フラジール。

PRE 要因

「PRE」の孔食性指数は塩素を含む環境におけるステンレス鋼の相対的な耐孔食性の尺度です。鋼種の PRE 値が高いほど、その鋼種の耐食性が高いことを示します。



PRE の比較表によるとすべてのオーステナイト系ステンレス鋼に対し、これに匹敵するフェライト系ステンレス鋼があることが一目瞭然です。

よく使用される簡便な PRE 式— PRE=%Cr+3.3% モリブデンでは、モリブデンは孔食に対してクロムより 3.3 倍有効とされています。しかしクロムは基礎的な耐食性を維持するためには不可欠です。モリブデンはステンレス鋼におけるクロムの基本的役割を代替出来ませんが、耐食性を高める効果があります。

ニッケルはほとんどの用途で耐孔食性に関係ありませんのでニッケル含有量はこの公式では考慮されません。

防食

ステンレス鋼の「不動態」皮膜 (p59 参照) を維持するためには酸素が必要です。臨界以上の堆積物は鋼から酸素を奪い取り、腐食を発生させることがあります。腐食の進行は最終的に部品的な破壊を引き起こすことがあります。



バーベキューセットと台 430 イタリア。

腐食要因

- 鋼中粒子、介在物
- 表面の堆積物
- 表面欠陥
- 組織上の不連続
- 塩分（塩分の高い地域、海水等）
- 温度の上昇
- 高酸性環境（強い酸）
- 強い「還元」環境

腐食防止要因

- 清潔な表面
- 滑らかな表面
- 事前に不動態化された表面
- 表面の経年変化
- 洗浄効果（例えば雨）
- より高い Cr 含有量
- 酸化条件 (O_2 = あまり強力ではないこと)
- Mo 添加

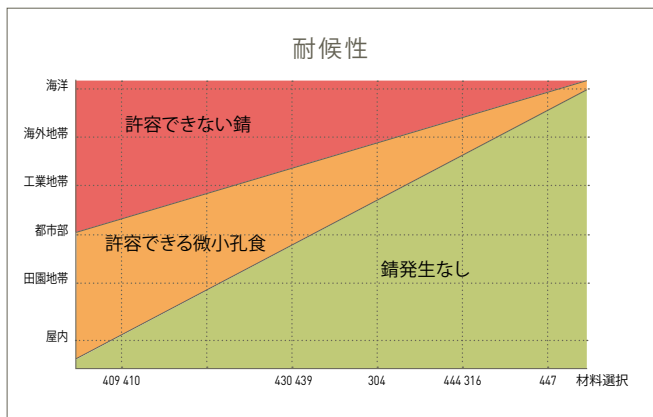


腐食は「pH」レベルが非常に低くなった時に発生します（低 pH レベル＝強酸性）。「pH」レベルは溶液中の酸性やアルカリ性の高さを示す測定方法です。測定目盛は 0-14 です。



大気腐食

この種の腐食は空気中の湿度と不純物の混合により作られた鉄鋼表面の薄く湿った膜の中で発生します。この腐食はしばしば工業地帯等での塩素や硫黄化合物が原因で発生します。その典型的な条件は、例えば湿った海洋性環境の塩素堆積物等です。



違った環境には違ったフェライト系ステンレス鋼（400系）あるいはオーステナイト系ステンレス鋼（300系）を使用する事が大気腐食への対応には必要です。工業地帯、海岸地帯や海洋では用途によってある程度の局部腐食（孔食）が容認される場合があります。

「フェライト系ステンレス鋼は様々な大気腐食環境で使用出来ます。」

鋼種の選択

フェライト系ステンレス鋼は様々な大気腐食環境で使用出来ます。適切な鋼種の選択に際しては用途に関するすべての条件を考慮する必要があります。

例えば、軽度な局部腐食（孔食）が大きな問題にならない用途では低コストの材料が正しい選択となる場合があります。

選択肢概要

- 厳しい環境の場合はクロム含有量がより高い鋼種や Mo を含む鋼種を選択して下さい。
- 粗い表面仕上げではなく、Ra 値の低い細かい表面仕上げを選択して下さい。
- 設計の際に「洗浄性」（例えば上向きの表面傾斜を最低 15° とする等）を十分に考慮して下さい。
- 「隙間」が出来る形状は避けて下さい。
- 表面を定期的に洗浄する等、汚れやホコリがたまるのを避け、表面を清潔にしてください。



耐酸化性

上記 2 つのタイプの腐食と違って高温繰り返し酸化は熱サイクル（温度の上下変化）の有無にかかわらず高温（>500℃）で酸化雰囲気が起こりやすい環境で発生する「乾式腐食」です。

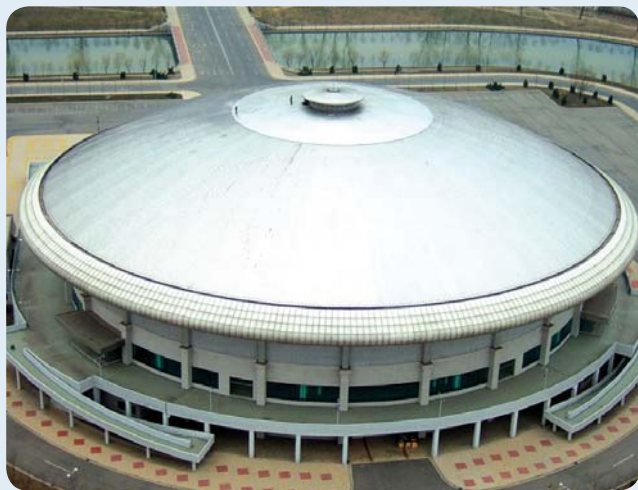
ステンレス鋼は加熱されるとそのクロム成分が保護性のあるクロム酸化被膜（スケール）を表面に形成し、それが酸化の進行を遅らせます。スケールと金属基板は熱膨張が異なるため、特に熱サイクルが頻繁に発生する使用条件ではスケールの安定性に影響が出ることがあります。スケールの熱膨張係数は非常に低いため、もし基板の膨張係数が高い場合には、金属が冷却し、収縮した時には砕けたり、割れたりして過剰スケールが発生します。

オーステナイト合金よりも低い熱膨張係数により、フェライト系ステンレス鋼の方が高温繰り返し酸化スケールを発生しにくくなっています。剥離や割れの無いところでは新しい酸化は起こりません。これがフェライト系ステンレス鋼を暖房、バーナーあるいはマニフォールドを含む排気ガス・システム等に使用する際の特に大きな利点となります。

幅広い用途の可能性

こうした耐食性だけがフェライト系ステンレス鋼の魅力ではありません。しかし現在のような原料価格の状況ではこれだけでも十分にフェライト系ステンレス鋼支持者を増やすことが出来ます。

フェライト系ステンレス鋼の特性を綿密に研究することがコスト削減等の利点につながる場合があります。現在オーステナイト系ステンレス鋼を使用している顧客の中でも、自社の仕様を見直して、実際にはフェライト系ステンレス鋼の方が、用途により適していることが判明する場合があります。



体育館の屋根 44.5 韓国。

フェライト系ステンレス鋼の方がオーステナイト系ステンレス鋼に比べて高温繰り返し酸化に対してスケールを発生しにくくなっています。



バーナー 43.0。

マニフォールド 44.1。

ステンレス鋼の使用を検討している顧客はフェライト系ステンレス鋼の優れた品質に驚き、ステンレス鋼はやはり有効な持続可能なオプションであることを認識すると思われれます。

ライフ・サイクル・コスト (LCC) 一貴重なガイド

どんな用途についても LCC 分析を行なう価値は強調され過ぎることはありません。こうした研究により、一般的にコストがかかるソリューションとされているステンレス鋼が、長期的に見れば実際は最も低コストのオプションなのが明らかになることもしばしばあります。

ステンレス鋼の耐食性は製品の寿命延長、メンテナンスの手軽さ、より高い再販価格、外観の美しさ等を意味します。塗装やメッキが不必要になります。これらの利点に加えて、フェライト系ステンレス鋼の低コストがステンレス鋼を選択する最終的な要因になるでしょう。

既に広く使用され、好評を博しているものの、フェライト系ステンレス鋼にはそれでもまだいろいろ新しい「発見」があります。しかし利点が証明されている無数の用途がこの優れた鋼種の有望な将来性を示しています。

・・・フェライト系ステンレス鋼の
低コストがステンレス鋼を選択する
最終的な要因になるでしょう。



IH クッキングはフェライト系ステンレス鋼の磁性を必要としています。

SEUNG TAE BAEK

洗濯機材購買チーム・リーダー、韓国

「当社は自動洗濯機の開発初期の段階から洗濯機のドラムにはほとんどフェライト系ステンレス鋼を使用しています。実際、2006 年にはフェライト系ステンレス鋼の使用量 15,500 トンに比べオーステナイト系ステンレス鋼は 2,500 トンですので、フェライト系ステンレス鋼が当社のステンレス消費の 86% を占めています。



当社にとっての利点は端的に言って、フェライト系ステンレス鋼が非常に優れた機械的性質を持っているのにオーステナイト系ステンレス鋼よりコストが安いことです。技術面では、金型技術の進歩とフェライト系ステンレス鋼の品質向上により、今日では当社はフェライト系ステンレス鋼の使用に非常に満足しています。時折、プレスでの割れやしわが欠陥となり、また深絞り工程も改良すべき点がいくつかあります。しかし、フェライト系ステンレス鋼の使用により価格および品質両面で関係者全員を満足させる結果を得ています。

機械的・物理的特性

フェライト系ステンレス鋼は加工しやすく、広範な用途に適しています。

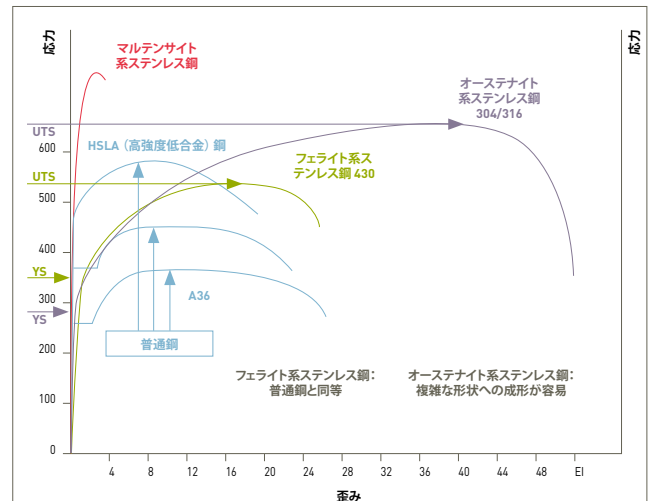
フェライト系ステンレス鋼は優れた機械的性質を持っており、この点ではステンレス鋼のなかで、ちょうど中間的位置にあります。オーステナイト系よりも降伏点が高い一方、伸び特性や加工性は普通鋼と同等です。物理的性質については熱膨張と熱伝導の面でオーステナイト系ステンレス鋼より優れています。

機械的性質

一般的に、金属合金の機械的性質は当該材料の圧縮、伸び、曲げ、引っかけ、窪みや破壊の能力を表すものです。機械的性質を評価する最も一般的な基準は：

- **強度**：材料の変形に対する抵抗力の度合い。一般的に2つの数値が使われます。
 - ・ 耐力：材料に恒久的塑性が発生するまでの応力
 - ・ 引張強さ：破断／破壊を起こすまでの応力
- **硬さ**：荷重による窪み変形に対する抵抗の度合い
- **靱性**：破壊発生までの変形エネルギー吸収能力
- **延性(または可塑性)**：破壊せずに塑性的に変形する能力

こうした性質の一部は引張試験で測定できます。結果として得られる応力 - 歪曲線により降伏強さ (YS)、引張強さ (UTS) および破断までの全伸び (E) が判定できます。これらの試験により、種々の負荷における材料の性能を表す応力歪曲線が決まります。



UTS (は MPa (1MPa = 1N/mm² = 145PSI = 0.1kg/mm²) で測定され、破断点での最大強さを示します。YS は応力が除去された時点で伸びが消失しない「塑性」段階の始まりを表すものです。

応力 - 歪曲線において 430 にはたしかに限界はありますが、こうした限界内で非常に優れた性能を発揮します。



バス車体、430 鋼アブリカ。



エスカレーター、ステンレスアブリカ、SUS430 日本。

430 の伸びと加工性は普通鋼と同等です。

フェライト系ステンレス鋼の応力 - 歪曲線は標準的普通鋼にかなり近いものです。YS（一般的にオーステナイト系ステンレス鋼よりも高い）と UTS が若干高く、また伸び性も良いため、延性は優れています。

機械的性質（冷延）

ASTM A 240				JIS G 4305				EN 10088-2				
	R _m min	R _{ps2} min	A ₅ min		R _m min	R _{ps2} min	A ₅ min			R _m	R _{ps2} min	A ₅₀ min
409	380	170	20	--	--	--	--	X2CrTi12	1.4512	380-560	220	25
410S	415	205	22	SUS 410	440	205	20	X2CrNi12	1.4003	450-650	320	20
430	450	205	22	SUS 430	420	205	22	X6Cr17	1.4016	450-600	280	18
434	450	240	22	SUS 434	450	205	22	X6CrMo17-1	1.4113	450-630	280	18
436	450	240	22	SUS 436	410	245	20	X6CrMoNb17-1	1.4526	480-560	300	25
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4520	380-530	200	24
439	415	205	22	--	--	--	--	X2CrTi17	1.4510	420-600	240	23
441	415	205	22	--	--	--	--	X2CrMoNb18	1.4509	430-630	250	18
S44400 [444]	415	275	20	SUS 444	410	245	20	X2CrMoTi18-2	1.4521	420-640	320	20
304	515	205	40	SUS 304	520	205	40	X5CrNi1-80	1.4301	540-750	230	45

上記の表はフェライト系とオーステナイト系 304 との性質の比較を米国、日本および欧州規格で示したものです。R_m = 引張強さ, 0.2% 耐力、および A₅/A₈₀ = 破断伸び。



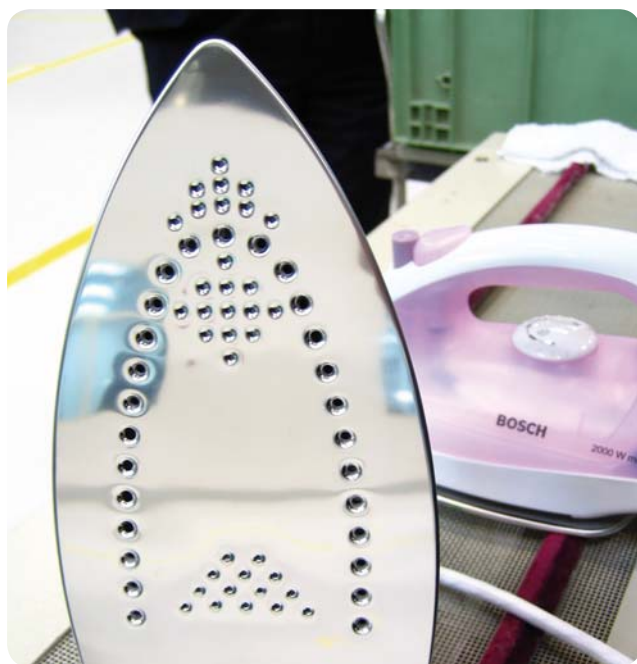
ボイラー内管 444 韓国

物理的性質

金属合金の物理的性質は材料の熱伝導、電気伝導、熱膨張、熱収縮等に関するものです。

フェライト系ステンレス鋼には磁性があります。またオーステナイト系ステンレス鋼に対して他にも有利な点があります。例えば、明らかに高い熱伝導率です。これはフェライト系ステンレス鋼が熱を比較的効率よく伝導するのでアイロンあるいは熱交換器（チューブあるいはプレート）等の用途に最適です。

フェライト系ステンレス鋼の熱膨張係数は普通鋼に近く、オーステナイト系ステンレス鋼よりもはるかに低いものです。その結果、熱による変形が少なくなっています。



電気アイロンの底版/7研磨した 430。

物理的性質

ステンレス鋼	密度 g/cm ³	電気抵抗 Ω mm ² /m	比熱 0 - 100°C J/kg • °C	熱伝導率 100°C W/m • °C	熱膨張係数		ヤング率 x10 ³ N/mm ²
					0-200°C 10 ⁻⁶ /°C	0-600°C 10 ⁻⁶ /°C	
409/410 10%-14% Cr	7.7	0.58	460	28	11	12	220
430 14%-17% Cr	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Stabilised 430Ti, 439, 441	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Mo > 0.5% 434, 436, 444	7.7	0.60	460	26	10.5	11.5	220
Others 17%-30% Cr	7.7	0.62	460	25	10.0	11.0	220
304	7.9	0.72	500	15	16	18	200
Carbon steel	7.7	0.22	460	50	12	14	215

フェライト系ステンレス鋼の弾性率はオーステナイト系 304 より優れています。IS units: g/cm³ = kg/dm³ - J/kg • °C = J/kg • °K - W/m • °C = W/m • K - 10⁻⁶/°C = 10⁻⁶/°K - N/mm² = MPa.



普通鋼と同様の強度を持つ
低クロム・フェライト鋼ステ
ンレス鋼は耐食性もあります。
従って、この鋼種の鉱石輸送
車は LCC の面で有利です。



美しく衛生的なのでフェ
ライト系ステンレス鋼は
ガスコンロの材料として
最適です。

ZHANG SEN

Dステンレス購買担当役員、中国

フェライト系ステンレス鋼に関するコメント

「世界の大手家電メーカーとして、ハリ
アー・グループは洗濯機、食器洗い機、
ガス調理器、台所換気フードや電子レン
ジを含む様々な製品にフェライト系ス
テンレス鋼を使用しています。2000年以
前から使用を開始し、今では年間約14,500
トンのフェライト系ステンレス鋼を使っ
ていますが、これは当社のステンレス鋼使
用量の約85%にあたります。フェライト系ステンレス鋼はオース
テナイト系ステンレス鋼よりも価格が安く、こうした用途に最適
です。」



オーステナイト系ステンレス鋼 304 に比較すると、フェライト系
ステンレス鋼はすべての部品の深絞りには対応できず、塩分の
多い環境での耐食性も劣り、また溶接性も異なります。しかし、
それでも家電製品には最適な材料で、製品生産の面でも当社
が使用している改良鋼種はパンチ性や絞り性でも優れています。
従って、当社はフェライト系ステンレス鋼に満足しています。

ニッケル価格の暴騰により、当社のステンレス鋼購買コスト
は急上昇しています。フェライト系ステンレス鋼でオーステナイト
系ステンレス鋼を代替することで当社の原材料費を低減でき
るだけでなく、資源を保存し、我々の環境を守ることができます。

現在はオーステナイト系がステンレス市場を支配してしま
いますが、ステンレス消費の将来はフェライト系にかかっていると
言っても過言ではないでしょう。

フェライト系ステンレス鋼の加工性

フェライト系ステンレス鋼は、その優れた絞り性により複雑な、三次元のデザインにも対応できます。

フェライト系ステンレス鋼を複雑なデザインに加工して使用してもその耐食性、耐熱性や装飾性には損なわれないので、しばしば工業製品や一般耐久消費材用途に適した材料として選択されます。



スタンプ加工されたボイラーの上下部 441、南アフリカ。

冷間加工は塑性加工をすることにより鋼板の形状を変える工程です。加工工程は引張りと深絞り変形の組み合わせであり、引張強さと圧縮負荷の複雑な組み合わせが必要となります。

総合的に見て、オーステナイト系ステンレス鋼はフェライト系ステンレス鋼よりも絞り性に優れてはいますが、一部のフェライト系ステンレス鋼（特にチタンで安定化された 17% クロム鋼種）は非常に優れた絞り性を示します。

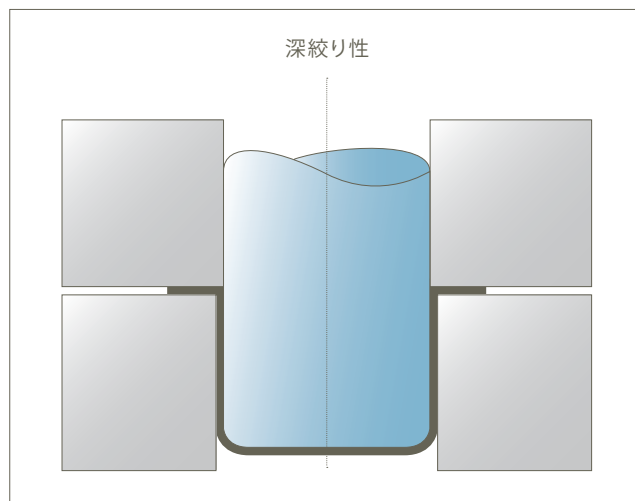
フェライト系ステンレス鋼の絞り加工

絞り加工は平坦な鋼板や「ブランク」から中空の製品を作るのにもっとも一般的に用いられるプロセスです。フェライト系ステンレス鋼の優れた深絞り性は、価格の優位性とあわせて最適の選択となり得ます。

「…一部のフェライト系ステンレス鋼は非常に優れた絞り性を示します。」

絞り加工の仕組み

絞り加工工程において部品の成形はパンチを使用して平坦な鋼板を金型の窪みに圧力で押し込み、圧力を付与することで達成されます。金属は内側に絞られ、金型と鋼板ホルダーを滑らせて部品の壁あるいはフランジを形成します。



潤滑効果がホルダーによってブランクが押さえ付けられて加工される「引張加工」方法と「絞り加工」を区別します。



流し台 430 日本。



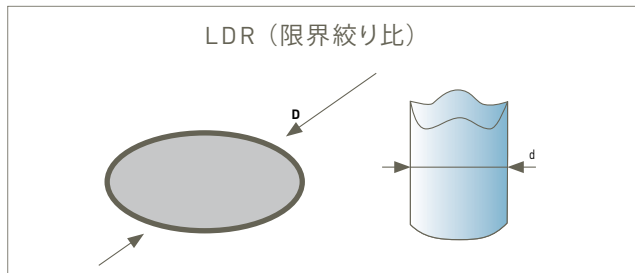
電子レンジ430、BA仕上げ韓国。

良い絞り加工とは：

- 破断がない
- 表面がきれい
- 最小の材料消費
- 高い加工生産性
- あまり設備の磨耗がない

LDR（限界絞り率）に影響を及ぼす因子

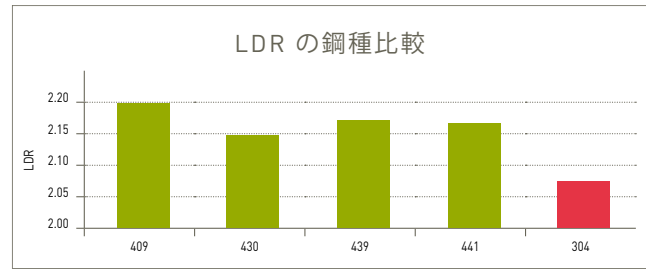
LDR は重要な深絞り性のパラメーターです。



LDR は一度に円筒状に深絞りできるブランクの最大直径 (D) とそのシリンダーの直径 (d) の比で $LDR = D/d$ で示すことができます。

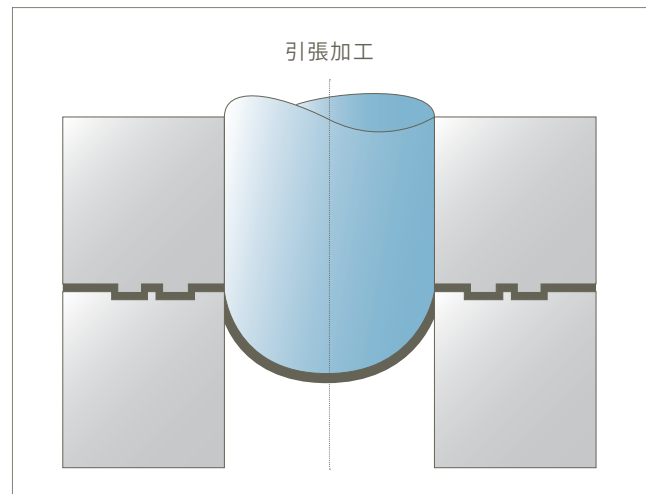
フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼よりも LDR 値が高く、その為特に絞り加工に適しています。

フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼に比べて LDR 値が高いため、特に絞り加工に適しています。



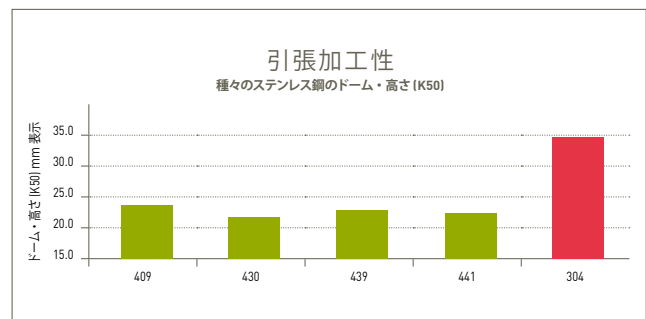
フェライト系ステンレス鋼の引張加工

フェライト系ステンレス鋼は純粋な引張加工ではオーステナイトに比べて劣っています。



引張加工では、引っ張られた箇所が薄くなります。

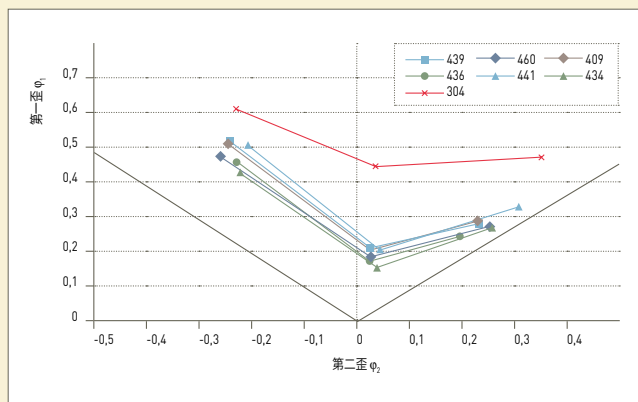
下記の表は様々な鋼種の引張加工性を比較したものです。「ドーム・高さ」は引張加工されているブランクの「ネッキング（破断直前の段階）」前の最大変形度を示すものです。



成形限界曲線

実際の加工作業では、一連の「工程」において絞りと引張加工変形が組み合わされます。

成形限界曲線は深絞りと引張両方について破断前の最大変形に関する有益な指針となります。主要なステンレス鋼の成形限界曲線は加工作業の分析に利用することができます。



これらの曲線は二つの「真歪」——縦方向（第一歪）と横方向（第二歪）——に関する加工中および加工後の局部変形を定義します。これらの曲線は破断に至るまでのこれらの2つの歪の様々な組み合わせの影響をプロットしたものです。曲線の位置が高いほど、当該鋼種の加工性が良いことを示します。

フェライト系ステンレス鋼の特徴

一般的にフェライト系ステンレス鋼の加工硬化と伸びの特性は高強度鋼と同じです。オーステナイト系ステンレス鋼とは異なっています。

絞り工程を最大限に活用するためにはフェライト系ステンレス鋼のデザイン、構成・製造パラメーターおよび材質特性を総合的に検討しなければなりません。



プレス乾燥・コンパクター・ハウジング441。

チタン安定化鋼種 430Ti は耐リジング性に優れた特性を示すため、深絞りが必要な用途でしばしばオーステナイト系ステンレス鋼の代替鋼種として選ばれます。

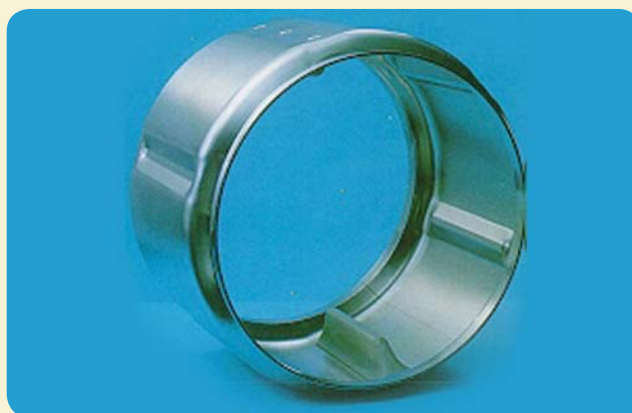
リジング

加工作業によってはフェライト系ステンレス鋼に「リジング」および「ローピング」として知られている表面現象が発生する場合があります。



表面欠陥の有無。

この欠陥は鋼板の圧延方向と平行に多数の線や畝が発生するものです。「リジング」は変形した表面の全体的外形を示し、表面微小形状の変化と変形により発生した「ローピング」起伏の両方を含みます。



乾燥機・ドラム膨張伸張加工による409 溶接鋼板。

チタンのような安定化元素の添加はこの点を改善します。チタンが安定化した430Tiはこの点で顕著な結果を示し、そのため深絞りが必要な用途でしばしばオーステナイト系ステンレス鋼の代替鋼種として選ばれます。



プレスによるマニフォールド441。

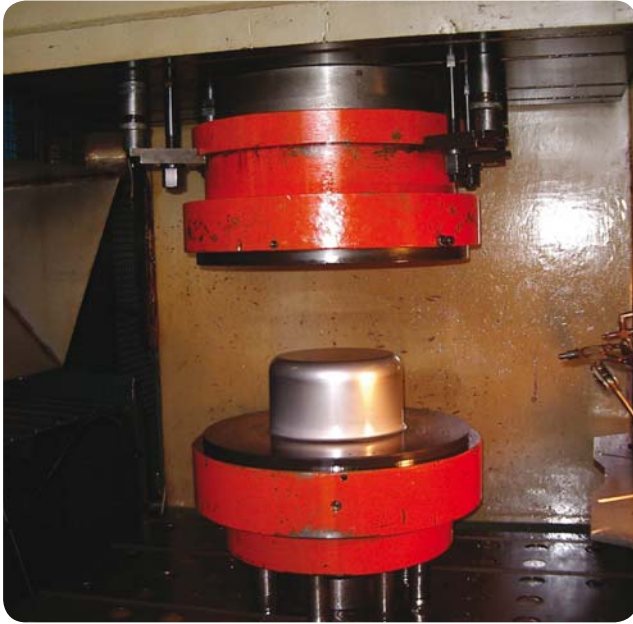
潤滑

ブランクと工具の適切な潤滑は表面外観の劣化を回避し、工具の寿命を低下させるかじり現象を防止し、絞り加工を成功させるのに不可欠です。

光沢のある滑らかな表面のフェライト系ステンレス鋼板を入手した場合には、高粘度の絞り加工用潤滑油が使用されています。ステンレス鋼板に用いられる潤滑油は高圧用であり、ほとんど塩素を含まない特別な油です。ブランク上にむらなく塗られ、絞り加工終了後にステンレス鋼の部品から簡単に除去ができます。

工具

適切な工具を使うことは、加工作業中の摩擦状況またそれによる金属変形に決定的な影響を与えるため、きわめて重要です。特別な場合には工具（鋳型や金型）を銅、鉄、またはアルミ青銅で作ることができます。



Ti (C, N) コーティング層のような表面処理を行えば工具の寿命を延ばすこともできます。ブランク・ホルダーと金型工具は注意深く磨かねばなりません。パンチは粗くてもかまいません。

ステンレス鋼に使用される潤滑油は絞り加工終了後に部品から簡単に除去することができます。

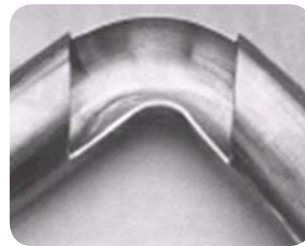
主要鋼種の加工特性

下記の表はフェライト系ステンレス鋼（特定の金属構造を持ち、そのため特徴も特定のものとなる）と普通鋼、およびオーステナイト系ステンレス鋼の加工性を比較したものです。変形特性を決定する際の標準的な基準として使用されています。Bcc（体心立方）とfcc（面心立方）は個々の鋼の原子構造を示しています。



マニフォールドの溶接・曲げ加工チューブ 4416

	普通鋼	フェライト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼
構造	体心立方	体心立方	面心立方
加工硬化	低い	低い	高い
スプリングバック	低い	低い	高い
深絞り	優良	良	良
引張加工	良	良	優良
リジング	なし	発生する場合あり	なし



430Ti 溶接チューブの曲げ



波型フィン付熱交換器溶接チューブ 439



1.4003 液圧加工溶接チューブ



溶接部の変形 (1.4003)



フェライト系の場合

表や分布曲線で示したように、加工性に関しては全体的にはオーステナイト系ステンレス鋼が優れていますがフェライト系ステンレス鋼のコスト面の利点が非常に大きいので、コスト削減等につながる場合にはフェライト系ステンレス鋼の使用が検討されることがあります。特に絞り加工方法を工夫すれば、非常に広範囲の用途でフェライト系ステンレス鋼を使用できます。事実、深絞りやスプリング・バックの影響等についてはフェライト系ステンレス鋼の方がオーステナイト系ステンレス鋼より優れています。

ユーザーはフェライト系ステンレス鋼の使用に関する技術問題を信頼できるメーカーと徹底的に討議すべきです。ステ

ンレス業界はユーザーがフェライト系ステンレス鋼を効率的に使用する方法を見つけ、どんな用途にも最適の鋼種が使われるようにするために、いつでもその専門知識を提供する用意があります。

「・・・絞り加工方法を工夫すれば、非常に広範囲の用途でフェライト系ステンレス鋼を使用できます。」



汚染防止法の厳格化、
また技術的、経済的な
必要性からフェライト
系ステンレス鋼が排ガ
ス装置の基本的な材料
となっています。

BERNHARD BLAESER

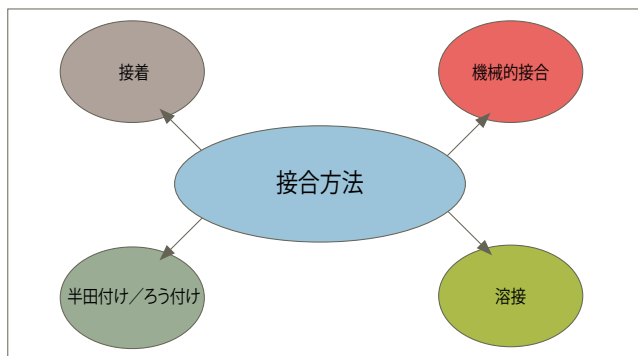
管掌役員, MACADAMS BAKING SYSTEMS (PTY) LTD
SOUTH AFRICA

「当社はオープンや試験機のメーカーです。最近のオーステナイト系ステンレス鋼の大幅な上昇のため、同業者の多くが全面的にステンレス鋼から離れたか、離れる方向に向かっています。この傾向はオープン外板のような熱を受けない用途やその他、食材とは直接触れない調理器具等で特に目立っています。フェライト系ステンレス鋼の価格はそれほど大きく上がっていないのでフェライト系ステンレス鋼に変えるのも一つの代案です。要するに、機器メーカーはステンレス鋼の使用を全面的に止めるのではなく、オーステナイト系ステンレス鋼からフェライト系ステンレス鋼に変えることを検討すべきです。」



フェライト系ステンレス鋼の接合

フェライト系ステンレス鋼はステンレス鋼を接合するすべての方法に適しています。



- **溶接**: 母材と溶加材を溶解し、再凝固することで2つ以上の材料を完全に接合させる。
- **半田付け**: 材料を半田付け可能な温度（母材の固相線以下）まで熱し液相線 450°C 以下の溶加材が存在することで材料の接合を行なう。
- **ろう付け**: 半田付けと同じだが 450°C 以下で凝固が発生する。
- **機械的接合**: 固定、縫合、リベット留めや機械的留め具を含む。
- **接着**: 酸素、水分または化学反応を利用した接着剤を使って清潔で、活性化された表面を圧して接合する。

溶接に関してフェライト系鋼種にはオーステナイト系鋼種より有利な点がいくつかあります。

溶接

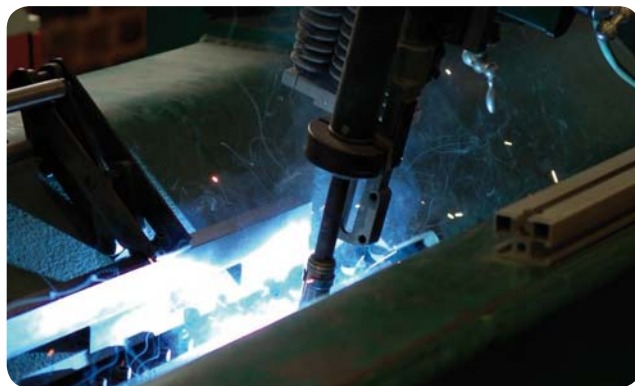
普通鋼用に開発され、ステンレス鋼にも使用できる多くの溶接方法のうち、こうした材料に本当に適し、標準となっているのは：アーク溶接、抵抗溶接、電子溶接、レーザー溶接と摩擦溶接です。

溶接は最も効率的で一番コストのかからない金属を接合する方法です。これにより（材料の最適使用により）建造物の軽量化が図れ、すべての市販の金属を接合し、さらにデザイン面の柔軟性が得られます。

ステンレス鋼の溶接特性は化学成分、金属構造および物理的性質に影響されます。フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系ステンレス鋼より熱膨張や電気抵抗が低く、熱伝導率が高いので、溶接に関してはいくつか有利な点があります。

安定化および非安定化フェライト系ステンレス鋼

平均的に、フェライト系ステンレス鋼ではオーステナイト系ステンレス鋼に比べ溶接による粒界腐食の発生しにくい傾向があります。



これは特にチタンやニオブのような強力な炭化物形成元素を含む「安定化」フェライト系ステンレス鋼で顕著です。これらの元素は鉄のなかの炭素を固定し、溶接の間、炭素がクロムと接合してクロム炭化物を形成するのを防止します。これにより粒界でのクロムの減少が抑制されるので安定化フェライト系ステンレス鋼では粒界腐食はほとんど発生しません。

完全な安定化を図るため、チタン含有量は最低、炭素含有量の5倍、またはニオブとチタンの合計は炭素の3倍でなければなりません。また場合によっては、溶解領域における結晶粒を微細化するために窒素を添加することも有効です。

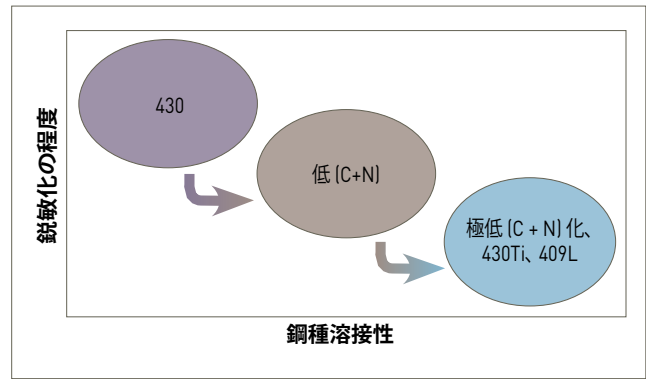
非安定化フェライト系ステンレス鋼はチタンもニオブも含有しておらず、従って、熱に影響された部分ではクロム炭化物の形成により粒界腐食が発生しやすくなっています。この現象は「鋭敏化」と呼ばれます。その程度は主に炭素の量に左右されます。

しかしながら鋭敏化鋼の耐食性は600-800°Cの温度における焼鈍で回復します。



排気装置溶接設備 439 韓国。

「安定化フェライト系ステンレス鋼では粒界腐食はほとんど発生しません。」



金属フィラー

溶接部分に耐食性を持たせるために使用されるフェライト系ステンレス鋼の金属フィラーは母材の成分よりクロム、モリブデン、チタンやニオブ等の合金元素の含有量を若干高くすべきです。これは加熱により溶接部分でクロムの減少が発生する傾向があるためです。代替策としてはクロムやモリブデンの合金元素含有量が母材より高いオーステナイト系ステンレス鋼のフィラーを使用する方法もあります。

保護ガス

クロム含有量の高いステンレス鋼は溶鋼状態では非常に酸化しやすいものです。溶接工程で空気から保護されないとクロムが失われ、酸化物が形成され、安定性が損なわれ溶接部分での耐食性が減少します。溶接表面と周辺部分は通常不活性ガスシールドにより保護されます。このシールド(又は防護)ガスは純アルゴン、またはヘリウム、あるいはアルゴンとヘリウムの混合不活性ガスです。



溶接タンク設備 444 欧州。

フェライト系ステンレス鋼の溶接用シールド・ガスは純アルゴンまたはアルゴン-ヘリウムの混合ガスを使用してください。アルゴン-水素の混合ガスは通常オーステナイト系ステンレス鋼に使われますが、フェライト系ステンレス鋼の場合は溶接部に水素脆化を起こすリスクがあります。アルゴンが最も一般的に使用されるバック・ガス(溶接物の裏面を保護する)です。フェライト系ステンレス鋼には窒素は使用しないで下さい。

フェライト系ステンレス鋼の溶接問題に関するトラブル・シューティング

上記のリスクに加え、高温での「変態」や「結晶粒粗大化」による脆化のリスクもあります。解決策は下記の「救済策」表に列記されています。

フェライト系鋼種の溶接：問題点と対策

ステンレス鋼グループ	特徴	現象	原因	回避の方法
非安定化鋼	鋭敏化	溶接部分の耐食性の低下	結晶粒界におけるクロム炭化物の粒界析出	600-800°Cの温度域での焼鈍
安定化鋼	結晶粒粗大化	溶接部分の靱性低下	高温による粗大結晶粒生成	溶接による入熱の最小化
高Cr鋼 Cr ≥ 15%	475°C 脆化	400-540°Cで脆化発生	Feリッチな相とCrリッチな相への二相分離	600°Cにおける再加熱と急速冷却
高CrI-Mo鋼	シグマ相脆化	550-800°Cで脆化発生	δフェライト相の分解によるシグマ相生成	800°Cで再加熱と急速冷却
非安定化鋼	マルテンサイト相による脆化	脆化は低Crが高炭素鋼で発生	急速な冷却によるマルテンサイト相の生成	600-700°Cの長時間焼鈍によるマルテンサイト相の除去

アーク溶接

アーク溶接はフェライト系ステンレス鋼の溶接に最も一般的に利用される方法です。

ガス・タングステン・アーク溶接 (GTAW または TIG/WIG)

このプロセス（タングステンまたはウォルフラム不活性ガス・プロセスとも呼ばれる）では金属を溶かすのに必要なエネルギーはタングステン電極と加工中の製品間のアークによって供給されます。



溶接設備 441 南アフリカ。

ステンレス鋼は常に不活性雰囲気の中で正極性 DC モード（電極が陰極）で溶接されます。金属フィラーが利用される場合には、被覆なしの溶接棒（手動溶接）またはコイル状ワイヤー（自動溶接）のものが使われます。



フェライト系連管機ブラジル。

ガス・メタルアーク溶接 (GMAW または MIG)

GTAW プロセスとは違い、GMAW（金属不活性ガス・プロセスとも呼ばれる）では電極は消耗品です。アークが溶けたフィラー・ワイヤーと加工中の製品の間を通ります。トーチでワイヤーの周りに注入されたシールド・ガスは通常 2-3% の酸素を添加されたアルゴンですが、溶接方法によってはより複雑な混合ガスが使われることがあります。

溶接部は基本的には金属フィラーで構成されているので金属フィラーの成分が母材への溶け込みと完璧な濡れを促進するはずですが。

この生産性の高いプロセスは GTAW より難しい方法ですが、適切に制御された場合には優れた結果が得られます。

抵抗溶接

抵抗溶接では電流が接合される部分を通り、溶接は抵抗熱により行なわれます。



溶接構造フレームム 1,4003。

いくつかの抵抗溶接技術が存在しますが最も一般的なのはスポット溶接とシーム溶接です。いずれの方法でも抵抗溶接には次のような利点があります：

- 熱影響部（HAZ）の微細構造化が限定的。
- 鋼板が適切に冷却されれば表面酸化はほとんどない。
- 溶接後の鋼板の歪みが非常に少ない。
- 溶接中に発生する「鍛造」変形がフェライト系ステンレス鋼の接合に特に有用。

普通鋼の要求特性に比較し、ステンレス鋼のプロセス・パラメーターの主要な相違点は溶接入熱を低く、より正確に調整し（電気伝導および熱伝導が低いため）かつ電極加圧力を高くすることです。

その他のプロセス

フェライト系ステンレス鋼に利用できるその他の溶接方法にはエレクトロンおよびレーザー・ビーム溶接や摩擦溶接があります。

はんだ付けとろう付け

はんだ付けとろう付けは母材よりもはるかに低い融点の可溶性金属フィラーを使って固体の状態ですべての金属部品を接合するプロセスです。はんだ付けは融点が 450°C 未満の柔らかい合金フィラーを使用し、一方ろう付け合金はより硬くまた、より高い温度で溶解します。

こうした接合技術には次のような利点があります。

- 低温の熱源しか必要としない。
- 接合点を恒久的または暫定的なものにできる。
- 異質の材料も接合できる。
- 加熱と冷却の速度が緩やか。
- 種々な厚みのものも接合できる。
- 調整が簡単。
- 溶接ほど熱を必要としない。

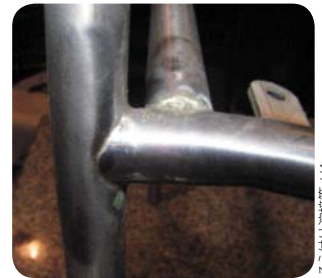
特定の構造物接合をはんだ付け、またはろう付けで行なうのが適切かどうかを決定する際には当該接合部に必要とされる強度や性能を慎重に検討してください。

接合を行なう際には溶解金属フィラーによる 2 つの固体部分を常に完全に濡らすことが非常に重要です。

鋭敏化は非安定化鋼に発生しやすいものです。



融接前



ろう付け溶接後



排水器のはんだ付け露出シートした 430Ti

酸洗、不動態と汚染除去

溶接による若干の変色は機械的デスケリングまたは酸洗と呼ばれる化学処理で除去してください。

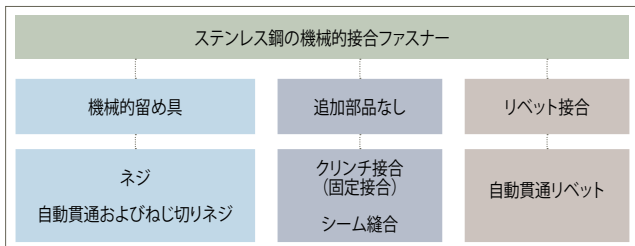
酸洗は硝酸窒素溶液 (10%HN03 + 2%HF) 中、または溶接部位用に特別に作成された酸洗ペーストを使用して行なわれます。

その後、不動態皮膜 (p59 参照) を早急に再生させ、有機金属残存物 (Fe リッチな粒子) を除去するために不動態化と汚染除去処理が行われます。このプロセスは低温の 20-25% 硝酸液に浸漬する処理です。

溶接部の局部不動態化には特別な不動態ペーストを使用することもあります。

機械的接合

普通鋼に利用される機械的接合技術はステンレス鋼にも十分利用できます。



機械的接合にはいくつかの利点があります。

- 異なった材質も簡単に接合できる。
- 熱影響部 (HAZ) がない。
- 異なった厚みのものも接合できる。
- 熱膨張がない。

但し、接合部材は完全には密着していないため、機械的接合の機械的性質には若干の弱点があることを認識しておくべきです。接合は双方の材料から行なうことが必要になる場合があります。

接触する材料の表面が電食を起こさないようにすることが重要です。このリスクを避けるために接合する部分には同じ鋼種、または同等の鋼種を使うのが好ましい方法です。もちろん、スクリュー、ボルト、ファスナーまたはリベットはすべてステンレス鋼製を使用してください。

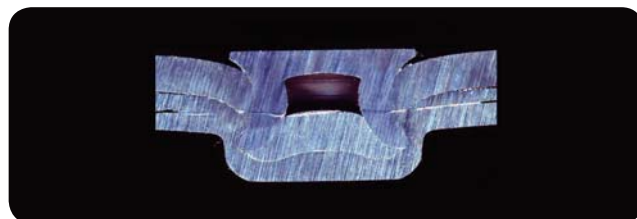
ネジ接合とボルト接合

ステンレス鋼のネジとボルトはほとんどの主要鋼種で製造、販売されています。17% クロムの鋼種が若干厳しい環境での使用には最適ですが、これに 1% から 1.5% のモリブデンを添加すると塩分を含む環境での耐食性を高めることができます。



リベット接合

この技法は常に最大径約 5mm のリベットを使って常温で実施されます。接合部には張力ではなく切断力がかかるような設計にすることをつよくお勧めします。



430を1.5mm材の自動リベット接合。

クリンチ接合

この比較的最近開発された接合技法はステンレス鋼が高い延性を持っているため、ステンレス鋼にも問題なく適用できます。冷間加工なので組織の変化や表面の酸化も発生しません。

接合される鋼板を重ね合わせるため、クリンチ接合では隙間腐食を防止するため通常、接着剤を利用し密閉された接合部を作ります。

シーム接合

この機械的鋼板接合技法では鋼板の一端または両端を 180° 曲げ、密着したシームを作ります。クリンチ接合同様に、例えばオーステナイト系ステンレス鋼とフェライト系ステンレス鋼等異なった材料を接合させることができます。

この技法で完全に漏れが発生しない接合部が作れますので、家庭用品の製造に広く利用されています。



洗濯機内部を分解した様子。

接着剤

接着剤は機械的接合を補強したり、単体で極薄ステンレス鋼板の接合に利用されます。



雨どいの接着、鋳メッキの430Ti。

接着剤には次のような利点があります。

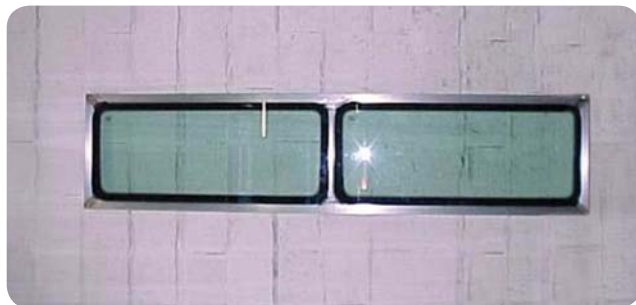
- 接合部分の表面外観、配列またはミクロ（組織）構造が変化しない。
- 異なった材料が簡単に、また美しく接合できる。
- 正しく設計すれば、接合部は優れた疲労強度を持たせることができる。
- この技法により熱、電気または音響を遮断することができる。
- 異なった厚みの部品が接合できる。

ただし、注意すべき点はこの技法による接合部の温度限界が200°Cであり、湿度には弱い面がある点です。接着接合は溶接やろう付けによる接合ほど強固ではありません。こうした理由から、この接合法はほとんどが局部応力を極小化するために荷重が十分な広さの面に分散するラップ接合に用いられます。

また表面が滑らかなステンレス鋼（特に BA）の接着性が良くないこともあります。

表面を粗くした後は十分に、清浄し、乾燥させ、きちんと準備する必要があります。良好な接着の必須条件は接着剤により鋼板表面を十分に濡れさせることです。

接着の例としてバスや車両メーカーは最近では、しばしば1.4003や410というフェライト系ステンレス形鋼を使用して車体のフレームを製造しています。車体の外装（鋼板やガラス）は車体フレームに接着されます。この方法により車両の寿命が延び、軽量化が図れます。



1.4003の管フレームに接着された窓。







NICK MCDONALD

販売部長, LINCAT LIMITED,
LINCOLN, UK

1971年に設立された Lincat は 36 年に亘り業務用厨房機器の先駆的メーカーでした。設立当初から使用しているフェライト系ステンレス鋼 430 は当社の製造品目の絶対的基盤です。

この鋼種は上記用途のスペックに完全に合致し、かつ食品の準備や提供を行なう際に非常に重要なステンレス鋼の利点を生かす経済的な方法です。さらに 430 の比較的低い熱膨張は高温での用途で大きな技術的メリットとなります。



当社は、まだ 304 を使用している湿式二重鍋の内側容器等一部の部品を除き、ほとんど全製品をフェライト系ステンレス鋼 430 で製造しています。製造面では当社の製品は洗浄しやすいように設計されており、430 はこの点で使い易い材料です。

当社は顧客のニーズに密着し、非常に信頼のおける製品を丈夫で長持ちするように作ることで好評を博しています。フェライト系ステンレス鋼 430 はこのためには不可欠なものです。当社も当社の顧客もそれに非常に満足しています。

製品と用途

フェライト系ステンレス鋼はしばしば装飾トリム、流し台や自動車の排ガス装置に使用されます。その実用性、また可能性のある用途はこうした狭い範囲をはるかに超えるものです。

フェライト系ステンレス鋼はニッケルを含まず、クロムを含有する鋼です。腐食や酸化に強いこれらの鋼種は、また応力腐食割れにも強く、有効に利用できる磁性がある他、さらに多くの技術的、美的そして実用的な利点も備えています。これらの鋼種はしばしば長期的には普通鋼よりも経済的で、またニッケルを含有するオーステナイト系ステンレス鋼よりはるかにコストが安くなっています。

現在の利用方法はまだ十分ではありません。以下のページはフェライト系が利用できる、あるいはその可能性がある。分野を示しています。この章は市場の多くの分野や世界の様々な地域での用途を網羅しています。

この冊子は成功例を示すことで同鋼種を实际使用している、または使用を検討しているユーザーにアイデアを提供することを目的としています。さらに材料と用途の最良の取り合わせが現在、非常に重要になっている点を考慮し、責任ある、また十分な知識に基づく材料選定を推進することも目的としています。

自動車関連

排ガス部品



1.4509/441
ディーゼル粒子フィルター、
プジョー 607、フォーレシア

排ガス部品



1.4509/441
マニフォールド、フォーレシア

排ガス部品



1.4512/409
マフラー、フォーレシア韓国

排ガス部品



304 & 441
ディーゼル粒子フィルター、
Eクラス・メルセデス、
フォーレシア

排ガス部品



SUS430J1
触媒・コンバーター・シェル、
20%Cr-5%Al ハニカム

排ガス部品



1.4509/441
触媒・コンバーター、
フォーレシア

装飾部品



鋼種 430 韓国

装飾部品



鋼種 SUS430J1L 日本

装飾部品



SUS430 韓国

装飾部品



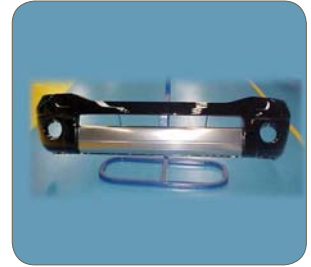
1.4016/430
黒塗装モール、米国

装飾部品



1.4113/434 米国

S.U.V. フロント部品



1.4513 プラスティック・
複合部品、フランス

ドアステップ



1.4510/430Ti,
プジョー 307、フランス

ヘッドライト



1.4513,
ヘッドライトトリム、イタリア

トラック



1.4113,
トラック装飾部品、米国

クランプ



1.4509/441 と 1.4016/430

フィルター



1.4512/409L, 台湾

ブレーキ・ディスク



1.4028/420

サーモスタット



1.4512/409, フランス

羽根車



1.4512/409,
板厚 1.5 mm, フランス

建材、建築

付属品

金物類—窓蝶番と留め具



1.4016/430, 欧州

雨どい



1.4510/439,
錫メッキ、欧州 1.4510/430Ti,

雨どい



1.4510/439, 欧州

煙ダクト



煙突ダクト
鋼種 1.4521/444 フランス

建築

外断熱部品



SUH409L (1.4512/409),
ステンレス協会、日本

シェルター



1.4016/430,
塗装, VERNEST® および
Centro Inox、イタリア

通信システム施設



SUS436L (1.4526/436),
ステンレス協会、日本

工場建物



1.4003, コロンバスの新しい建屋、
南アフリカ

屋根材



屋根支柱: フェライト系ステンレ
ス鋼の有望な用途.

建物



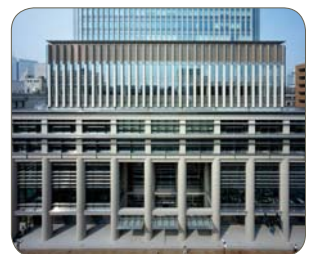
SUS445J1 と SUS445J2,
中野坂上ビル, 1996, 日本

建物



SUS445J2,
フェニックス・リゾート,
1994, 日本

建物



外部 SUS445J1, 内部 SUS304,
日本橋三井ビル, 2005, 日本

土木

陸橋の防音板



SUS436 (1.4526/436),
ステンレス協会、日本

橋の鉄骨構造



1.4003/410 塗装加工,
SASSDA, 南アフリカ (橋
は設置後 8 年経過)

トンネル内壁



SUS430J1L (1.4016/430),
ステンレス協会、日本

トンネル内壁



1.4016/430, 塗装加工,
モンテ・マリオ・トンネル、
Centro Inox、イタリー

防風フェンス



SUS445J2、
ステンレス協会、日本

プラットフォーム・
スクリーン・ドア



1.4510/439,
ヘアライン仕上げ、KOSA、韓国

電柱



1.4003 (1982 年、海岸線での初
めての主要な用途一歩際から
10m - 腐食はなし) 南アフリカ

発電



1.4003/410、
x-グリッド冷却塔パッキング、
南アフリカ

壁材

ビル前面の壁



鋼種 SUS445M2,
低反射マット仕上げ、
ASSDA、オーストラリア

ビル前面の壁



1.4521/444, no. 4 研磨仕上げ
(水平パネル) Vivo Building、
Rio de Janeiro, Nucleo Inox、
ブラジル (海岸地帯)

ビル前面の壁



SUS445J2,
未来科学博物館、
ステンレス協会、日本

ビル前面の壁



1.4526/436, Ugine & Alz Steel
Service Centre, Arcelor Mittal
Stainless, Katowice, ポーランド

エレベーター

エスカレーターステップ



SUS430LX (1.4016/430), 日本

エレベーター・パネル



1.4510/439

屋根材

メディアドーム屋根



SUS445J2,
北九州メディアドーム
(福岡県) 1998、日本

学校の屋根



430Ti
(スタンディング・シーム技法)、
Ugine & Alz, オーストリア

体育館の屋根



445, KOSA, 韓国

張り出し屋根



446, KOSA, ソウル、韓国

シャレー屋根



1.4510/430Ti
(スタンディング・シーム技法)、
Ugine & Alz, ドイツ

空港の屋根



SUS447J1,
関西空港・ターミナル・ビル
(建築家 Renzo Piano),
ステンレス協会大阪、日本

都会のファニチャー

ランプ柱



1.4510/439,
電解研磨溶接パイプ,
KOSA, ソウル、韓国

郵便箱



1.4003/410, 塗装加工,
SASSDA, 南アフリカ。
「汎用」フェライト系ステンレス
鋼は美的外観が重要な場合
にはしばしば塗装されます。

鉄道プラットフォームの券売機



1.4003/410, 塗装加工
(使用開始後 15 年),
SASSDA, 英国

電気盤



1.4003/410, 塗装加工
(使用開始後 15 年),
SASSDA, 南アフリカ

業務用厨房設備

製パンオープン



430, Macadams Baking Systems (PTY) Ltd, 南アフリカ

ガス調理機器



430, Lincat, 英国

コーヒー・メーカー



SUS430J1,
ステンレス協会、日本

加熱マーチャンダイザー



430, Lincat, 英国

コンベヤー・トースター



430, Lincat, 英国

電子レンジ



430 (内部と外部),
ステンレス協会、日本

バーナー・レンジ



430 (ガス・ホブ), POSCO, 韓国

冷蔵庫



樹脂加工された SUS430J1L
パネル、ステンレス協会、日本

コーヒー・マシン



430, Lincat, 英国

レストラン配膳トrolley



430

ディスプレイ・
マーチャンダイザー



UK 430, Lincat, 英国

食器棚



UK 430, Lincat, 英国

一般家庭とオフィス

下記の用途ではフェライト系ステンレス鋼（400 シリーズ）鋼種はその美的特長、洗剤や殺菌剤への抵抗力、低い熱膨張、および磁性（IH クッキング用）により理想的な材料として認められています。また他の金属に比べ相当大きな経済的利点があります。

家庭用調理機器

ガス調理機器



KOSA, 韓国

その他



TKN, ドイツ

電子レンジ



SUS430J1、
ステンレス協会、日本

ガス調理機器カウンター



TSSDA タイ

バーベキュー



1.4016/430,
フロント・ガラスとコンロ、
オンパグリルとチェントロ・
イノックス、イタリア

バーベキュー



1.4016/430、米国A

調理器具と鍋類

中華鍋



IH 調理器具



グルーペ SEB (Tefal)

圧力鍋



430, グルーペ SEB

フライパン



430, POSCO, 韓国

食器洗い機

食器洗い機



430 内装パネル

食器洗い機



SUS430J1L 外装パネル、
ステンレス協会、日本

電気器具

食器洗い機



430
(外装および内装パネル)、
ハイアール 中国

ミキサー



1.4513, TKN, イタリア

ミキサー



430

電気炊飯器



SUS430、クリアコート、
ステンレス協会、日本

オフィス用品

ジャーポット



樹脂加工 SUS430、
ステンレス協会、日本

棚



1.4016/430, 水平棚,
Graepel and Centro Inox,
イタリア

ごみ箱



1.4016/430, Graepel and
Centro Inox, イタリア

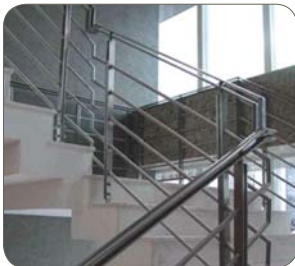
仕切り



430, POSCO, 韓国

フード

手すり



430 溶接チューブ

LCD フレーム



410, POSCO, 韓国

台所フード



430, Blanco, TKN, ドイツ

台所フード



430, Falmeç,
Nucleo Inox, ブラジル

台所用品

液体ディスペンサー



430

電気やかん



430, Groupe SEB

パスタなべ



単層 SUS430J1L (IH)、
ステンレス協会、日本

冷蔵庫

冷凍冷蔵庫



430 パネル

流し台

冷凍冷蔵庫



430 ドア・パネル、TKN、ドイツ

家庭用流し台



430, Tramontina, ブラジル

洗濯機

ドラム



430 (ドラムと外装パネル) TKN,
ドイツ

ドラム



430 ドラム, LG Electronics, 韓国

ドライヤー

ドラム



SUS430、ステンレス協会、日本

ドラム



409, Whirlpool, 欧州

食器

アジア・スプーン



430

ナイフ類



400 シリーズ、IKEA

産業用

フェライト系ステンレス鋼は普通鋼のメンテナンスがほとんど不可能な所に広く使用されています。

ダム出口管



塗装加工 1.4003/410,
Columbus, 南アフリカ

治水門



塗装加工 1.4003/410,
Columbus, 南アフリカ

タンク



SUS430J1L,
着色樹脂加工 (外側ジャケット)、
ステンレス協会、日本

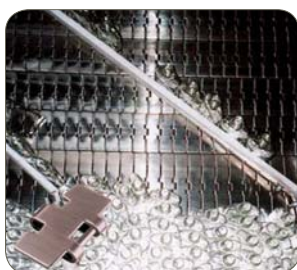
精留塔



410S 欧州

バーナー

コンベヤーベルト



410S 欧州

バーナー



1.4509/441 (耐酸化性)

バーナー



SUS430, ボイラーガスバーナー、
ステンレス協会、日本

ボイラー

ボイラー内部チューブ



1.4521/444, KOSA, 韓国

「ハイドロボイル」
瞬間湯沸し器



1.4521/444, ZIP Industries と
ASSDA, オーストラリア

ボイラー



444、欧州

温水タンク



1.4521/444, 欧州

温水タンク



SUS444、ステンレス協会、日本

食品加工業

壁と天井



445M2, Melbourne,
オーストラリア

熱交換器

湿分離・加熱器溶接パイプ



1.4510/439, VALTIMET, 欧州

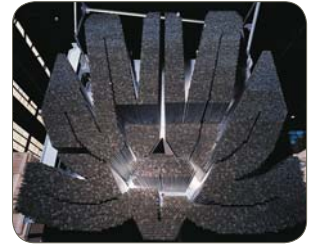
キューロニッケル（水蒸気と銅の移行による侵食）、炭素鋼（侵食）および 304（炭素鋼のフレームよりも高い熱膨張）からの代替

ボイラー用溶接パイプ



1.4510/439, VALTIMET, 欧州

コンデンサー溶接管



1.4510/439, VALTIMET, 欧州

太陽熱温水器

太陽熱温水器



SUS444, Suncue Company Ltd.
と YUSCO, 台湾

太陽熱温水器



1.4509/441 (シリンダー), Sun
Tank and SASSDA, 南アフリカ

太陽熱温水器



鋼種 444 ソーラパネル
SASSDA 南アフリカ

砂糖産業

コンベヤーシステム



1.4003/410, Columbus,
南アフリカ。この用途でフェライ
ト系ステンレス鋼は
18年以上持続しています。

スレート運搬機器



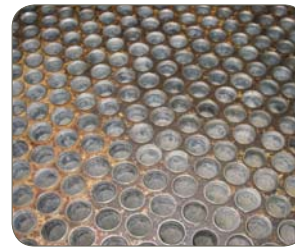
1.4003/410, Columbus,
南アフリカ。この機器は 22 年
も運行されています。

ジュース・ヒーター・カバー



鋼種 1.4003/410, Columbus,
南アフリカ。普通鋼
(上部) とフェライト系
(下部) 使用後 6 年の比較

熱交換器チューブ



1.4521/444, Nucleo Inox,
ブラジル

結晶器と撒布器



1.4003/410, Columbus,
南アフリカ。

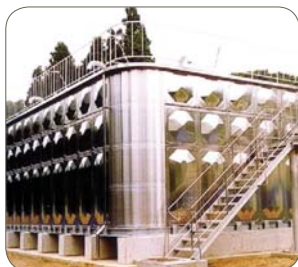
水槽

水槽とパイプ



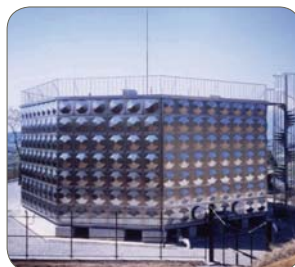
444 ブラジル

水槽



444, KOSA, 韓国

水槽



一部 SUS444, no. 4, 仕上げ、
ステンレス協会、日本

水槽



一部 SUS444, no. 4, 仕上げ、
ステンレス協会、日本

オートバイ

発酵と貯蔵タンク



444, Nucleo Inox, ブラジル。
Sander Inox はこうした水槽を
7年間製造し、成功しています。

発酵と貯蔵タンク



444, Nucleo Inox, ブラジル

オートバイの排気装置



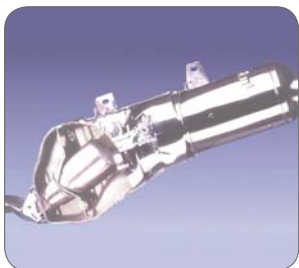
1.4512/409L, YUSCO, 台湾

オートバイの排気装置



1.4509/441, Centro Inox,
イタリア。新しい Vespa ET2 はフ
ェライト系ステンレス鋼の触媒・
サイレンサーを装備しています。

オートバイの排気装置



409L

オートバイの排気装置



409L, Acesita, Brazil

ディスク・ブレーキ・
ローター



SUS410S、
ステンレス協会、日本

その他



420 ブレーキ・ディスク、
1.4113 装飾モール、イタリア

輸送関連

バス車体フレーム



1.4003/410, Columbus,
南アフリカ

バス車体フレーム



1.4003/410, (下部は一部塗装)
Columbus, 南アフリカ

バス車体フレーム



1.4003
溶接パイプとパネル, Solaris
Bus & Coach Co., ポーランド

コンテナ



1.4003/410 (フレームとパネル),
POSCO, 韓国

コンテナ



1.4003/410 塗装加工
(フレームとドア・パネル)

石炭運搬車



1.4003/410 (パネル), Columbus,
南アフリカ。20年以上使用

石炭運搬車



1.4003/410 (パネル), Columbus,
南アフリカ。15年以上使用

石炭運搬車



1.4003 (上記の内部), SASSDA,
南アフリカ

石炭運搬車



1.4003/410, 塗装加工、欧州

石炭運搬車



409/410, 塗装加工、
TISCO, 中国

石炭運搬車



1.4003,
SASSDA, 南アフリカ

電車



1.4003/410 (車体フレーム
と塗装パネル) 欧州



SIEMENS

SIEMENS

SIEMENS

付属資料

フェライト系ステンレス鋼の化学成分

フェライト系ステンレス鋼の特性は普通鋼と類似していますが耐食性ははるかに優れています。その開発は1世紀以上前にはじまりました。

初期のフェライト系ステンレス鋼

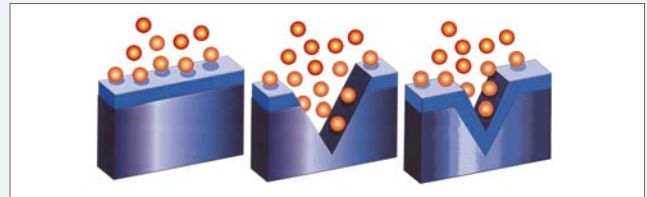
ステンレス鋼は1900-1915年頃「発見」されました。他の多くの発見と同様に、それは実際には数人の科学者の蓄積された努力の結果でした。今日、410, 420, 430, 442, 446 および 440C として知られるようになった化学成分の持った合金に関する研究が英国、フランスおよびドイツで発表されました。

ステンレス鋼の炭素含有量は非常に低くなければなりません。炭素含有量を必要な低水準にすることは長年に亘り難しいとされてきました。そのため、優れたフェライト系ステンレス鋼が1980年代になるまでなかなか開発されなかったのです。

ステンレス鋼と化学成分

ステンレス鋼の製造で最も重要な合金元素がクロムです。クロムはステンレス鋼に耐食性を持たせる「不動態」皮膜を鋼表面に形成し、またスケール抵抗、磨耗抵抗および引張強さを向上させます。

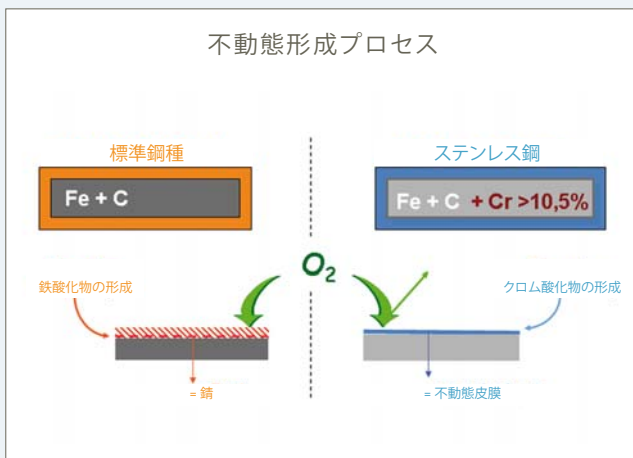
酸化クロムの自己回復型保護被膜が確実に形成されるには最低10.5%（重量%）のクロムが必要です。クロム含有量が高ければ高いほど不動態皮膜は強くなります。



ステンレス鋼の表面が加工されるか、または誤って損傷された場合には不動態皮膜は空気か水があれば瞬間的に自己再生します。

化学成分と国際規格

下記の表はフェライト系ステンレス鋼の5グループの化学的分析を示します。



フェライト系ステンレス鋼の5グループ				
グループ 1	グループ 2	グループ 3	グループ 4	グループ 5
10%-14%	14%-18%	14%-18% 元素添加	Mo 添加	その他
409, 410, 420 Cr 含有量 10%-14%	430 Cr 含有量 14%-18%	430Ti, 439, 441 等 Cr 含有量 14%-18%. Ti, Nb 等の安定化元 素を含む	434, 436, 444, 等 Mo 含有量 0.5% 以上	Cr 含有量が 18%-30%, または他のグ ループに属さ ない鋼種

規格: - ASTM A 280 - 06C, 年 11 月
 - EN 10088-2, SEPTEMBER 2005 年 9 月
 - JIS G 4305, 1991 年

グループ 1

	AISI, ASTM	化学成分 (最大重量%)													規格	参考	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni			
10%-14%Cr	403(M)	0.15 0.12-0.17	0.5 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.015	11.5-13.0 12.0-14.0								JIS EN	SUS403 1.4024	
	405	0.08 0.08 0.08 0.08	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.03	11.5-14.5 12.0-14.0 12.0-14.0 11.5-14.5					0.1-0.3 0.1-0.3 0.1-0.3		0.6	UNS EN EN JIS	S40500 1.4000 1.4002 SUS405	
	409L	0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.08 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 0.7 1.0	1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04 0.04	0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.015 0.015 0.03	10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-11.7 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-12.5 10.5-11.75		6x[C+N]-0.5 8x[C+N]-0.5 [0.08+8x[C+N]]-0.75 0.05-0.2 6x[C+N]-0.75 6x[C+N]-0.65 0.05-0.35 6xC-0.75	0.17 0.1 0.18-0.4			0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03 0.03	0.5 0.5 0.5 0.5-1.0 0.5-1.0 0.5 0.5-1.5 0.6	UNS UNS UNS UNS UNS UNS EN EN JIS	S40910 S40920 S40930 S40945 S40975 S40977 1.4512 1.4516 SUH409L	
	410(M)	0.08-0.15 0.08-0.15 0.15	1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5 11.5-13.5								UNS EN JIS	S41000 1.4006 SUS410	
	410L	0.03 0.03 0.04 0.03	1.0 1.0 1.0 1.0	1.5 1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.045 0.04	0.03 0.03 0.03 0.03	10.5-12.5 12.0-13.0 10.5-12.5 11.0-13.5			9[C+N]-0.6				0.03 0.03 0.1	1.5 0.5 0.6-1.10	UNS UNS UNS JIS	S41003 S41045 S41050 SUS410L
		0.03	1.0	1.5	0.04	0.015	10.5-12.5								0.3-1.0	EN	1.4003
	410S(M)	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	11.5-13.5 11.5-13.5								0.6 0.6	UNS JIS	S41008 SUS410S
	420J1(M)	0.16-0.25 0.16-0.25	1.0 1.0	1.0 1.5	0.04 0.04	0.03 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0									JIS EN	SUS420J1 1.4021
	420J2(M)	0.26-0.40 0.26-0.35 0.36-0.42 0.43-0.50	1.0 1.0 1.0 1.0	1.0 1.5 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.015 0.015	12.0-14.0 12.0-14.0 12.5-14.5 12.5-14.5									JIS EN EN EN	SUS420J2 1.4028 1.4031 1.4034

グループ 2

	AISI, ASTM	化学成分 (最大重量%)													規格	参考	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni			
14%-18%Cr	420	0.08 0.08	1.0 1.0	1.0 1.0	0.045 0.04	0.03 0.015	13.5-15.5 13.5-15.5	0.2-1.2 0.2-1.2	0.3-0.5 0.3-0.5						1.0-2.5 1.0-2.5	UNS EN	S42035 1.4589
	429	0.12 0.12	1.0 1.0	1.0 1.0	0.04 0.04	0.03 0.03	14.0-16.0 14.0-16.0									UNS JIS	S42900 SUS429
	429J1(M)	0.25-0.40	1.0	1.0	0.04	0.03	15.0-17.0									JIS	SUS429J1
	430	0.12 0.08 0.12	1.0 1.0 0.75	1.0 1.0 1.0	0.04 0.04 0.04	0.03 0.015 0.03	16.0-18.0 16.0-18.0 16.0-18.0								0.75	UNS EN JIS	S43000 1.4016 SUS430
	1.4017	0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0								1.2-1.6	EN	1.4017
	440(M)	0.6-0.75	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0									JIS	SUS440A

グループ 3

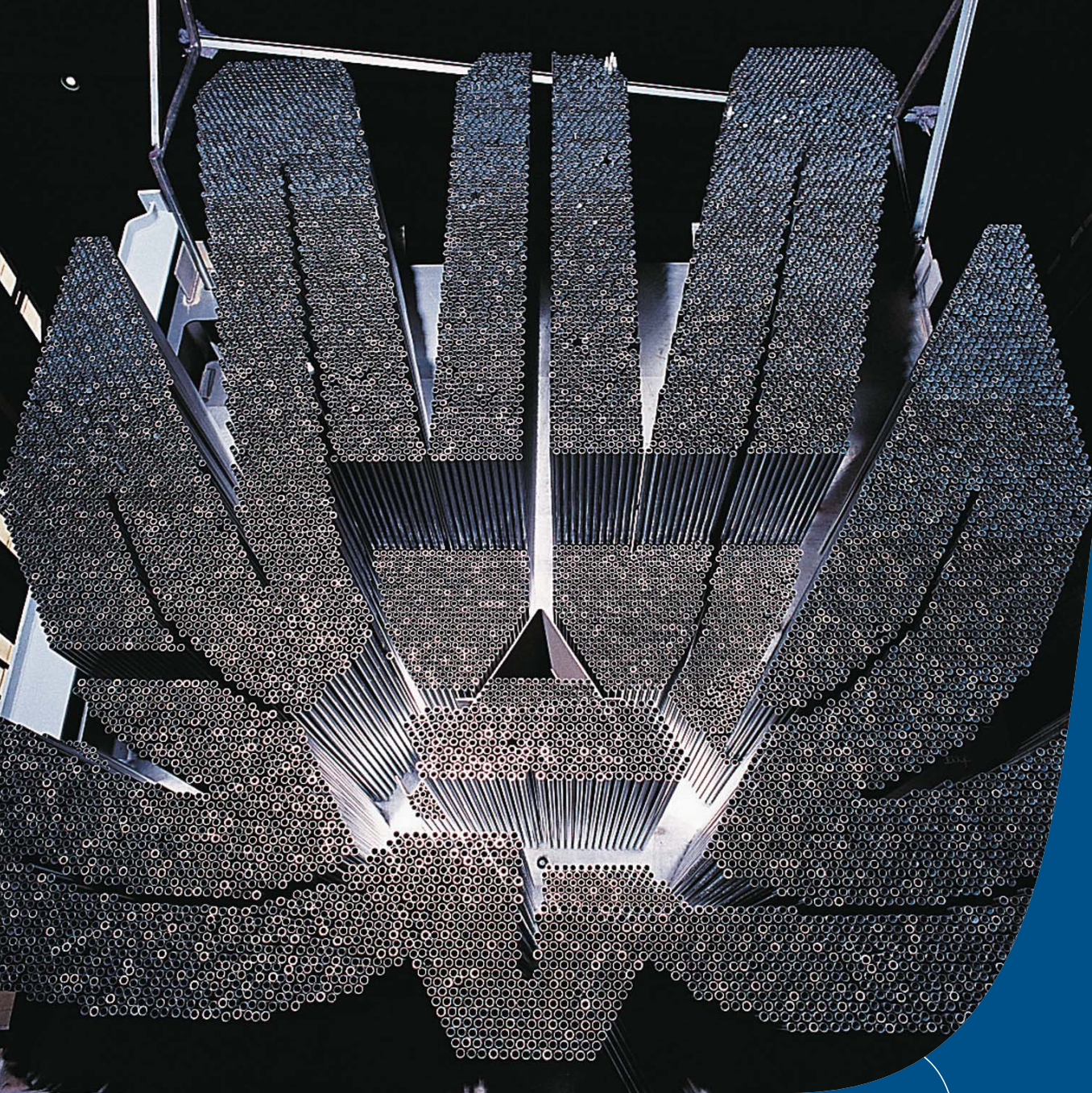
	AISI, ASTM	化学成分 (最大重量%)														規格	参考	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni				
14%-18%Cr 元素添加	430J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-20.0				8x[C+N]-0.8	0.3-0.8		0.025			JIS	SUS430J1L
	430LX	0.03	0.75	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0			0.1-1.0					0.6		JIS	SUS430LX
	439	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x[C+N]]-1.10			0.15	0.03	0.5		UNS	S43035
		0.05	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0			[0.15+4x[C+N]]-0.8							EN	1.4510
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-19.0			[0.2+4x[C+N]]-0.75			0.15	0.03	0.5		UNS	S43932
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5			0.1-0.6	[0.3+{3xC}]						UNS	S43940
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-17.5				0.35-0.55						EN	1.4590
		0.025	0.5	0.5	0.04	0.015	16.0-18.0			0.3-0.6							EN	1.4520
		0.02	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0				0.2-0.6						EN	1.4595
	430Ti	0.05	1.0	1.0	0.4	0.015	16.0-18.0		0.6								EN	1.4511
441	0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	17.5-18.5		0.1-0.6	9xC+0.3-1					1.0		UNS	S44100	
	0.03	1.0	1.0	0.04	0.015	17.5-18.5		0.1-0.6	3xC+0.3-1							EN	1.4509	

グループ 4

	AISI, ASTM	化学成分 (最大重量%)															規格	参考	
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni	Other				
Mo 添加	415	0.05	0.6	0.5-1.0	0.03	0.03	11.5-14.0	0.5-1.0						3.5-5.5			UNS	S41500	
	434	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25										UNS	S43400
		0.08	0.75	0.8	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4										EN	1.4113
		0.08	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.8-1.4					0.04					EN	1.4526
		0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			[7x[C+N]+0.1]-1.0						JIS	SUS434	
	436	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-18.0	0.75-1.25			8x[C+N]-0.8			0.025				UNS	S43600
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.015	16.0-18.0	0.9-1.4			0.3-0.6							EN	1.4513
		0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	16.0-19.0	0.75-1.25			8x[C+N]-0.8			0.025			JIS	SUS436L	
	1.4419(M)	0.36-0.42	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-14.5	0.6-1.0									EN	1.4419	
	1.4110(M)	0.48-0.60	1.0	1.0	0.04	0.015	13.0-15.0	0.5-0.8							V _{0.15}		EN	1.4110	
	1.4116(M)	0.45-0.55	1.0	1.0	0.04	0.015	14.0-15.0	0.5-0.8								0.1 _{0.2} ≤V _{0.2}	EN	1.4116	
	1.4122(M)	0.33-0.45	1.0	1.5	0.04	0.015	15.5-17.5	0.8-1.3										EN	1.4122
	1.4313(M)	≤0.05	0.7	1.5	0.04	0.015	12.0-14.0	0.3-0.7						≥0.02	3.5-4.5		EN	1.4313	
	1.4418(M)	≤0.06	0.7	1.5	0.04	0.015	15.0-17.0	0.8-1.5						≥0.02	4.0-6.0		EN	1.4418	
	436J1L	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	0.4-0.8			8x[C+N]-0.8			0.025			JIS	SUS436J1L	
444	0.025	1.0	0.7-1.5	0.04	0.03	17.5-19.5	1.75-2.5			0.2+4[C+N]-0.8				1.0		UNS	S44400		
	0.025	1.0	1.0	0.04	0.015	17.0-20.0	1.8-2.5			4x[C+N]+0.15-0.8			0.03			EN	1.4521		
	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	17.0-20.0	1.75-2.5			8x[C+N]-0.8			0.025			JIS	SUS444		

グループ 5

	AISI, ASTM	化学成分 (最大重量%)														規格	参考		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Nb	Cu	Al	N	Ni					
その他	445	0.02	1.0	1.0	0.04	0.012	19.0-21.0				10x[C+N]-0.8	0.3-0.6		0.03	0.6		UNS	S44500	
	445J1	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0				0.7-1.5			0.025			JIS	SUS445J1	
	445J2	0.025	1.0	1.0	0.04	0.03	21.0-24.0	1.5-2.5						0.025			JIS	SUS445J2	
	446	0.06	0.75	0.75	0.04	0.02	25.0-27.0	0.75-1.5		0.2-1.0		0.2		0.04				UNS	S44626
		0.01	0.4	0.4	0.02	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5			0.05-0.2	0.2		0.015	0.5			UNS	S44627
		0.025	0.75	1.0	0.04	0.03	24.5-26.0	3.5-4.5						0.035	3.5-4.5			UNS	S44635
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	25.0-28.0	3.0-4.0			[0.2+4[C+N]]-0.80			0.04	1.0-3.5			UNS	S44660
		0.01	0.4	0.4	0.03	0.02	25.0-27.5	0.75-1.5			6x[C+N]-1.0			0.015	0.5			JIS	SUSXM27
	447	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15	0.02	0.15	[C+N] 0.025		UNS	S44700
		0.03	1.0	1.0	0.04	0.03	28.0-30.0	3.6-4.2			6x[C+N]-1.0			0.045	1.0			UNS	S44735
		0.025	1.0	1.0	0.03	0.01	28.0-30.0	3.5-4.5						0.045				EN	1.4592
		0.01	0.4	0.4	0.03	0.02	28.5-32.0	1.5-2.5			[4x[C+N]+0.15]-0.8			0.015				JIS	SUS447J1
448	0.01	0.2	0.3	0.025	0.02	28.0-30.0	3.5-4.2					0.15	0.02	2-2.5	[C+N] 0.025		UNS	S44800	



発電所コンデンサーにおける
フェライト系溶接チューブ
の独創的な使用方法。

付属資料

表面仕上げ

ステンレス鋼の仕上げにはいろいろなものがあります。主要な仕上げを以下に記載します。フェライト系の仕上げはオーステナイト系や他の鋼種と同じです。

区分	ASTM JIS	EN 10088-2	注
熱間圧延	1	1E/1D	所定の板厚まで熱延し、焼鈍、デスケール処理により作り出される比較的ダルな表面
冷間圧延	2D	2D	所定の厚みまで冷延され、その後焼鈍されたダル仕上げの冷延製品。最終段階で軽度圧延またはダルロール使用によっても製造可。JIS では、冷間圧延後、熱処理、酸洗又はこれに準じる処理を行って仕上げたもの。また、つや消しロールによって、最後に軽く冷間圧延したのものも含める。
冷延	2B	2B	通常、焼鈍およびデスケール後の最終冷延を研磨ロールで行なう以外、2D 仕上げと同様の方法で生産される光沢のある冷延製品。汎用の冷延製品で No.1. や No.2D よりも研磨しやすい。JIS では、冷間圧延後、熱処理、酸洗又はこれに準じる処理を行った後、適度な光沢を得る程度に冷間圧延して仕上げたもの。
光機焼鈍	BA	2R	冷延後不活性雰囲気での光沢焼鈍により生産される光機焼鈍仕上げ。表面が 2B より滑らかで、光沢がある。
研磨、 またはダル研磨	No. 4 No.3 (JIS のみ)	1J/2J	粗目の研磨材で研磨した後に 120-150 メッシュの研磨材で最終研磨を行なって作られる一般用の光沢がある研磨仕上げ。JIS では、JIS R 6001 による F150～F180 で研磨して仕上げたもの。
サテン研磨 (マット)	No. 6 (JIS にはない)	1K/2K	研磨 (またはダル研磨) 仕上げより反射性が低い柔らかなサテン仕上げ。タンピコ研磨により作られる。
光沢研磨 (鏡面)	No. 8 (JIS にはない)	1P/2P	一般的な仕上げの中で最も反射性が高いもの。細かい研磨材で連続的に研磨した後、非常に細かいバフ材でバフ研磨を行なったもの。表面には最初の研磨によって作られた砂粒の跡はほとんど残らない。
電解研磨表面	-	- (JIS にはない)	この表面は電解処理により作られる。この電気化学プロセスは表面の凸部を除去することで表面仕上げを向上させる。

上記の表は公式なものではないので参考としてご使用ください。



2D



2B



BA



no. 4



no. 6

付属資料

参考文献

- Bucher, L., P.-O. Santacreu, *et al.* 「フェライト系ステンレス 鋼 AISI 441-EN 1.4509 の室温から 850°C に至る弾粘塑性」 *Journal of ASTM International (JAI) Vol. 3, Issue 7 (2006)*. Also: *Fatigue and Fracture Mechanics* (symposium), Vol. 35.
- Cunat, Pierre-Jean. 「ステンレス鋼の加工」 Paris: SIRPE, 1998.
- Fedosseev, A, and D. Raabe. 「FeCr の熱延における非均一変形シミュレーションのための調波電流の重ね合わせ方法の適用」 *Scripta Metall. Mater* Vol. 30 (1994): 1-6.
- Gümpel, P., N. Arlt, *et al.* “Simulation des Korrosionsverhaltens von nichtrostenden Stählen in PKW-Abgasanlagen.” *Automobil-technische Zeitschrift (ATZ)* No. 4 (2004): 350-356.
- Huh, M.-Y., J.-H. Lee, *et al.* 17%Cr フェライト系ステンレス鋼板のリッジングに関する板厚方向のマクロおよびミクロのきめの勾配の影響」 *Steel Research* Vol. 76, No. 11 (2005): 797-806.
- Kim, D. S., J. H. Park, *et al.* 「16%Cr を含有するフェライト系ステンレス鋼の AOD プロセスにおける清浄度の向上」 *La Revue de Metallurgie* No. 4, Paris (2004): 291-299.
- Kim, K. Y. Kim, *et al.* 「POSCO のフェライト系ステンレス鋼の開発」 *The Second Baosteel Biennial Academic Conference* Vol. 3, Shanghai, China (2006).
- Lee, S.-B., M.-C. Jung, *et al.* 「高クロム鋼の窒素溶解度に対するニオブの影響」 *ISIJ International* Vol. 42 (2002): 603-608.
- Lee, S.-B., J.-H. Choi, *et al.* 「液状 Fe-16 Pct Cr 合金におけるアルミの脱酸平衡」 *Metallurgical and Materials Transactions B*, Vol. 36B (2005): 414-416.
- Miyazaki, A., J. Hirasawa, *et al.* 「自動車排気マニフォールド用の耐熱・高加工性フェライト系ステンレス鋼 RMH-1 の開発」 *Kawasaki Steel Technical Report* No. 48 (2003): 328.
- Miyazaki, A., Takao, *et al.* 「高温におけるフェライト系ステンレス鋼の耐力へのニオブの影響」 *ISIJ International* Vol. 42, No. 8 (2002): 916-920.
- Murayama, M, N. Makiishi, *et al.* 「ステンレス鋼の不動態表面のナノ・スケール化学分析」 *Corrosion Science* Vol. 48 (2006): 1307-1308.
- Park, J. H., D. S. Kim, *et al.* 「Fe-16%Cr のステンレス溶鋼のアルミ脱酸とカルシウム処理による介在物の制御」 *AIST Transactions in Iron & Steel Technology Magazine* Vol. 4, No. 1 (2007): 137-144.
- Park, S. H., K.Y. Kim, *et al.* 「フェライト系ステンレス鋼のリッジングに関連するマイクロストラクチャーと組織の変化」 *ICOTOM 13*, Seoul, Korea (2002): 1335.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* 「フェライト系ステンレス鋼のマイクロストラクチャーと組織変化の調査」 *ISIJ International* Vol.42, No.1 (2002): 100.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* 「430 ステンレス鋼のマイクロストラクチャーと組織の変化に対する焼鈍プロセスの影響」 *Journal of the Korean Institute of Metals & Materials* Vol.39, No. 8 (2001): 883.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* 「Fe-16%Cr フェライト系ステンレス鋼のマイクロストラクチャーと組織の変化に対する焼鈍プロセスの影響」 *Rex & GG Aachen, Germany* (2001): 1203.
- Park, S. H., K. Y. Kim, *et al.* 「熱延フェライト系ステンレス鋼の変形帯の形成と再結晶への初期配向性とオーステナイト相の影響」 *THERMEC 2000*, Las Vegas, USA (2000): 163.
- Raabe, D. 「Fe-11wt.% Cr. クロムの結晶圧延組織の実験的調査とシミュレーション」 *Materials Science and Technology* No. 11 (1995): 985-993.
- Raabe, D. 「フェライト系ステンレス鋼の圧延組織の変化に対するクロム含有量の影響について」 *Journal of Materials Science* No. 31 (1996): 3839-3845.
- Raabe, D. 「不完全再結晶の金属学的理由と機械的結果」 *Stahl und Eisen* No. 120 (2000): 73-78.
- Raabe, D, and K. Lücke. 「フェライト系ステンレス鋼の再結晶組織に対する微粒子の影響」 *Steel Research* No. 63 (1992): 457-464.

Raabe, D, and K. Lücke. 「フェライト系ステンレス鋼の組織」*Materials Science and Technology* No. 9 (1993): 302-312.

Santacreu, P.-O., L. Bucher, *et al.* 「自動車排ガス装置用ステンレス鋼の熱機械的疲労」*La Revue de Métallurgie* No. 1, Paris (Jan. 2006): 37-42.

Santacreu, P.-O., O. Cleizergues, *et al.* 「ステンレス鋼製自動車排気マニフォールドの設計」*La Revue de Métallurgie* Nos. 7-8, Paris (July-Aug. 2004): 615-620. Also: JSAE Paper No. 20037127 (2003).

Schmitt, J.-H., F. Chassagne, *et al.* 「ニオブ・フェライト系ステンレス鋼の最近の傾向」*Proceedings of the symposium Recent Advances of Niobium Containing Materials in Europe*, Düsseldorf (20 May 2005): 137.

Sinclair, C. W., and J.-D. Mithieux, 「フェライト系ステンレス鋼板の機械的性質と再結晶・組織の結合」*Proceedings of 2nd International Conference on Recrystallization & Grain Growth*, Annecy, France (30 Aug.-3 Sept. 2004): 317.

Sinclair, C.W., J.-D. Mithieux, *et al.* 「安定化フェライト系ステンレス鋼板の再結晶」*Metallurgical and Materials Transactions A*, Vol. 36A (Nov. 2005): 3205.

Van Hecke, B. 「ステンレス鋼の加工可能性」*Materials and Applications Series* Vol. 8, Euro Inox (2006).

Toscan, F., Galerie, *et al.* 「ステンレス鋼の酸化動態とクロム拡散の関係」*Materials Science Forum* Vols. 461-464 (2004): 45-52. Online at www.scientific.net.

Yazawa, Y., Y. Kato, *et al.* 「自動車燃料タンク用高深絞り性フェライト系ステンレス鋼の開発」*Review of Automotive Engineering* Vol. 26 (2005): 59.

Yazawa, Y., M. Muraki, *et al.* 「フェライト系ステンレス鋼における r -値と {111} 再結晶組織の関係に対するクロム含有量の影響」*ISIJ International* Vol. 43, No. 10 (2003): 1647-1651.

Yazawa, Y., Y. Ozaki, *et al.* 「{111} 再結晶組織制御による高深絞り性フェライト系ステンレス鋼板の開発」*JSAE Review* No. 24 (2003): 483.



付属資料

ISSF 会員

メーカー会員

Acciaierie Valbruna
Acerinox S.A.
Acesita S.A.
愛知製鋼 (株)
Arcelor Mittal
Baoshan Iron and Steel Co. (Stainless Steel Branch)
Cogne Acciai Speciali S.p.A.
Columbus Stainless (Pty) Ltd
大同特殊鋼 (株)
Deutsche Edelstahlwerke GmbH
Hyundai Steel Company
Industeel
JFE スチール (株)
Jindal Stainless Ltd.
JSC Dneprospetsstal
Ningbo Baoxin Stainless Steel Co., Ltd.
日本金属 (株)
日本金属工業 (株)
新日鐵住金ステンレス (株)
日本冶金工業 (株)
日新製鋼 (株)
North American Stainless
Outokumpu Oyj
Panchmahal Steel Limited (PSL)
POSCO
POSCO Specialty Steel Co., Ltd.
Shanghai Krupp Stainless (SKS)
SIJ - Slovenska industrija jekla d.d./Slovenian Steel Group
Steel Authority of India Ltd. (SAIL)
住友金属工業 (株)
Taiyuan Iron and Steel (Group) Co. Ltd. (TISCO)
高砂鐵工 (株)
Tang Eng Iron Works Co. Ltd.
Thainox Stainless Public Company Limited
ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A.
ThyssenKrupp Mexinox S.A. de C.V.
ThyssenKrupp Nirosta GmbH

Ugine & ALZ
Ugitech S.A.
Viraj Group
Walsin Lihwa Corporation
Yieh United Steel Corporation (YUSCO)
Zhangjiagang Pohang Stainless Steel Co. Ltd. (ZPSS)

協会メンバー

Australian Stainless Steel Development Association (ASSDA)
British Stainless Steel Association (BSSA)
Cedinox
CENDI
Centro Inox
Edelstahl-Vereinigung e.V.
Euro Inox
EUROFER
Institut de Développement de l'Inox (ID Inox)
Informationsstelle Edelstahl Rostfrei (ISER)
Indian Stainless Steel Development Association (ISSDA)
ステンレス協会 (JSSA)
Jernkontoret
Korea Iron and Steel Association (KOSA)
New Zealand Stainless Steels Development Association (NZSSDA)
Nucleo Inox
Southern Africa Stainless Steel Development Association (SASSDA)
Special Steel and Alloys Consumers and Suppliers Association (USSA)
Specialty Steel Industry of North America (SSINA)
Stainless Steel Council of China Specialist Steel Enterprises Association (CSSC)
Swiss Inox
Taiwan Steel and Iron Industries Association (TSIIA)
Thai Stainless Steel Development Association (TSSDA)
Union de Empresas Siderúrgicas (UNESID)

付属資料

謝意

ISSF は Friedriche Teroerde 氏 (ICDA) が本冊子の前文を寄稿してくれたことに対し、また Philippe Richard 氏 (Arcelor Mittal Stainless, France) が、Jacques Charles 氏 (Ugine & Alz, France), Peirteh Huang 氏 (Yusco, Taiwan, China), Kwangyuk Kim 氏 (Posco, South Korea), Jochen Krautschick 氏 (ThyssenKrupp Nirosta, Germany), Juan Antonio Simon 氏 (Acerinox, Spain) および Hideaki Yamashita (JFE, Japan) で構成されたワーキング・グループを主導してくれたことに対しお礼を申し述べます。さらに Benoît Van Hecke 氏 (Euro Inox, Belgium) が文章をチェックしてくれたこと、およびフリーランサーで英語の文章家、Paul Snelgrove 氏 (Paris, France) が本冊子を作成するに際し、貴重な支援をしてくれたことに対し謝意を申し述べます。

またデザインと制作を行なってくれた de blauwe peer 氏 (Ghent, Belgium)、カバーのデザインを担当してくれた MBCOM (Paris, France) および印刷を担当してくれる Stevens Creative Printing (Merelbeke, Belgium) に対しても謝意を申し述べます。

ISSF は本冊子の日本語版作成に関する JSSA (www.jssa.gr.jp) の協力に対し謝意を申し上げます。

写真提供：

ISSF は本パンフレットに写真を提供して頂いた会社や個人に対して感謝申し上げます。使用された写真の元の出所が判明しないケースに関しては著作権所有者に対し ISSF よりお詫び申し上げます。

表紙カバー：MBCOM, Paris, フランス; **p. 2-3**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 4**: Columbus Stainless [Pty] Ltd, 南アフリカ; **p. 5**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 7**: Lincat Limited, Lincoln, 英国; **p. 8**: ISSF China, 中国; **p. 9 (tl)**: BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, ドイツ; **p. 9 (bl)**: Whirlpool Corporation, Cassinetta di Biandronno, イタリア; **p. 9 (r)**: Groupe SEB, Rumilly, フランス; **p. 10**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 11 (tl)**: IKEA, Aelmhult, スウェーデン; **p. 11 (bl)**: Yiu Heng International Company Limited, マカオ; **p. 11 (r)**: タカスタンダード(株), 日本; **p. 12 (tl)**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 12 (bl)**: Tramontina, São Paulo, ブラジル; **p. 13 (l)**: Lincat Limited, Lincoln, 英国; **p. 13 (r)**: Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, 韓国; **p. 14**: POSCO, Pohang, S. Korea; 韓国; **p. 15 (l & c)**: Ugine & Alz

(ArcelorMittal Group), フランス; **p. 15 (tr)**: Suncue Company Ltd. and Yieh United Steel Corp. (YUSCO), 台湾 **p. 15 (br)**: Japan Stainless Steel Association (JSSA), Tokyo, 日本; **p. 16 (l)**: South Africa Stainless Steel Development Association (SASSDA), Rivonia, 南アフリカ; **p. 16 (r)**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 17**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 18 (l)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 18 (tr)**: Mac Brothers Catering Equipment, Cape Town, 南アフリカ; **p. 18 (br)**: Centro Inox and ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni S.p.A., イタリア; **p. 19**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 20 (tl)**: BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munich, ドイツ; **p. 20 (b)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 21 (l)**: Valmet, Boulogne-Billancourt, フランス; **p. 21 (c)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 21 (r)**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 22 (l)**: Sander Inox and Nucleo Inox, ブラジル; **p. 22 (r)**: Ompagrill and Centro Inox, イタリア; **p. 23**: BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munich, ドイツ; **p. 24 (tl & tr)**: ステンレス協会 東京, 日本; **p. 24 (br)**: Columbus Stainless [Pty] Ltd, 南アフリカ; **p. 25 (l)**: Korea Iron & Steel Association (KOSA), 韓国; **p. 25 (tc)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 25 (tr)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 26 (t)**: Groupe SEB, Rumilly, フランス; **p. 26 (b)**: LG Electronics, 韓国; **p. 27 (l)**: Columbus Stainless [Pty] Ltd, 南アフリカ; **p. 27 (r)**: ステンレス協会 東京, 日本; **p. 28 (l)**: BSH Bosch und Siemens Hausgerate GmbH, Munich, ドイツ; **p. 28 (r)**: Korea Iron & Steel Association (KOSA), Seoul, 韓国; **p. 29**: Taiyuan Iron & Steel (Group) Company Ltd. (TISCO), Taiyuan, 中国; **p. 30 (tl)**: ISSF China, 中国; **p. 30 (b)**: Qingdao Haier International Trading Co. Ltd., 中国; **p. 31 (l)**: SunTank, Pretoria, 南アフリカ; **p. 31 (r)**: ステンレス協会 東京, 日本; **p. 32 (box)**: POSCO, Pohang, 韓国; **p. 33 (all)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 34 (l)**: Centro Inox, イタリア; **p. 34 (tr)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 34 (b)**: all 4 photos Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 35**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 36 (tl)**: ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, ドイツ; **p. 36 (b)**: Macadams Baking Systems (Pty) Ltd, Cape Town, 南アフリカ; **p. 37 (l)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 37 (r)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 38 (l)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 38 (r)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 39 (l)**: SunTank, Pretoria, 南アフリカ; **p. 39 (tr)**: Acesita (Arcelor Mittal Group), ブラジル; **p. 39 (br)**: Solaris Bus & Coach Co., ボーランド; **p. 40 (l)**: Brandt Edeltahldach GmbH, Cologne, ドイツ; **p. 40 (r)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 41 (tr)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 41 (br)**: ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, ドイツ; **p. 42 (tl)**: Willem de Roover, Ghent, ベルギー; **p. 42 (bl)**: Faurecia, Nanterre, フランス; **p. 42 (tr)**: Centro Inox, Milan, イタリア; **p. 42 (br)**: Ugine & Alz (Arcelor Mittal Group), フランス; **p. 43**: Hanjin, 韓国; **p. 44 (t)**: Groupe SEB, Rumilly, フランス; **p. 44 (b)**: Lincat Limited, Lincoln, 英国; **p. 58**: ThyssenKrupp Nirosta GmbH, Krefeld, ドイツ; **p. 62**: Valmet, Boulogne-Billancourt, フランス; **p. 63**: POSCO, Pohang, 韓国。

免責条項

本パンフレットに記載の情報の技術的正確さを保障するため、あらゆる努力がなされました。しかし、読者におかれてはここに記載されている資料は一般的情報であることにご留意ください。ISSF、会員各社、スタッフ、コンサルタントは（印刷された、電子その他のフォーマットで）本パンフレットに含まれている情報の使用に起因した損失、損害あるいは被害に関する一切の賠償責任あるいは責任を負いかねます。



conception.couverture : MFCOM 01 42 63 11 00



お問い合わせ先：
ステンレス協会
〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-10-5 TMM ビル
電話 03-5687-7831 • FAX 03-5687-8551
URL <http://www.jssa.gr.jp>

