

金材技研

1973

科学技術庁

NO.11

ニエース

金属材料技術研究所

加工性のよいオーステナイト系高アルミニウム耐酸化鋼

自動車工業界では、昭和51年度排気ガス規制のクリアーを目標に各種有害ガスの低減対策を進めている。これらガス浄化システムのうち、サーマルリアクタとアフターバーナ(触媒コンバータ)は長時間高温の排気ガスにさらされ、強烈な酸化を受けるのみならず、加熱、冷却に伴う熱疲れや熱変形を受けるため、材料に要求される性能も極めて高度なものにならざるを得ない。

現在の所、オーステナイト系ステンレス鋼、とくにSUS310がほぼ満足し得る材料であるとみなされているが、価格、市場への供給安定性の面からみて問題を残している。このため、低価格でしかも優れた耐酸化性を有するFe-Cr-Al合金がクローズアップされ、自動車メーカ自身を含めた活潑な研究が進められている。研究の対象となっているのはCr12~18%、Al2~4%のフェライト系耐酸化鋼であるが、一般にAlおよびCr%が高くなるほど耐酸化性が増す一方、熱間および冷間加工性は悪化する。悪化の主たる原因は、フェライト鋼特有の結晶粒粗大化傾向がAlの添加によってさらに促進されるためと考えられる。

製造冶金研究部では、Fe-Al合金のフェライト組織中にオーステナイトを導入し、加工性を抜本的に改善することを試みた。周知のようにAlは強力なフェライト形成元素であるため、完全なオーステナイト組織を得ることは困難である。今まで

炭素を含めた各種合金元素について検討した結果、加工性の改善には組織中に約30%のオーステナイトを形成させれば十分であること、NiよりMnの方が良好な結果が得られること、炭素は耐酸化性に悪影響があることなどが判明した。

一例として写真に、Fe-10Al-30Mn合金の組織を示した。約40%のオーステナイトと約60%のフェライトからなるこのような二相組織は、結晶粒の粗大化を抑制するのに極めて効果的であり、オーステナイトの共存と相まって優れた熱間、冷間加工性を保有している。耐酸化性はFe-Cr-Al合金系より優れており、1200℃、2時間加熱後の酸化増量は0.5mg/cm²前後となっている。また酸化皮膜の密着性もよく、“ふくれ”など異常酸化現象は認められていない。現在、これらの結果をもとにさらに第三元素の添加効果について研究を進め、実用化に対する検討を行なっている。

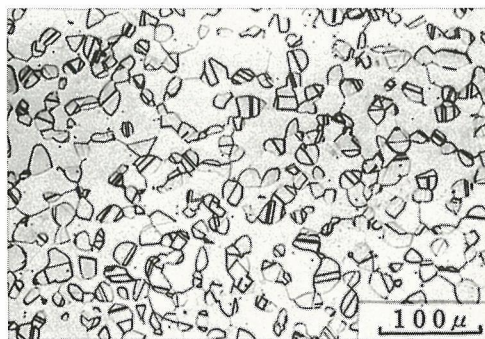


写真 Fe-10Al-30Mn合金の顕微鏡組織

オーステナイト・ステンレス鋼の高温回転曲げ疲れ特性

近年、機械構造物が高温下での過酷な条件のもとで使用される機会が増えている。しかし、その強さ設計の一つの基礎になる高温疲れ強さについての系統的なデータは極めて少なく、その整備が望まれている。このような要望にこたえるため**疲れ試験部**では、一連の高温疲れ試験を実施し、高温疲れ強さのデータの集積を進めている。高サイクル疲れ試験については、クラウド型高温回転曲げ疲れ試験機(容量:10kg-m,最大回転数:10,000回/分,最高使用温度:800℃)20台を整備した。常温では応力サイクルが $10^6 \sim 10^7$ サイクル以上で明瞭な疲れ限度が認められるような材料でも、高温になるとさらに応力が低下するのに伴い破壊繰返し数が漸増することがあると言われている。したがって、高温における疲れ強さはできるだけ大きな繰返し数に対するものを求めることが必要とされている。そこで 10^8 サイクルにおける疲れ強さを求めることを目標として試験研究を行なっている。

図1は溶体化処理されたオーステナイト・ステンレス鋼SUS316の室温から700℃の範囲のS-N曲線である。室温から600℃の範囲では、 10^7 サイクル以前に破壊しない試験片は 10^8 サイクルの応力繰返しにも耐え、 10^8 サイクルまでの試験では明瞭な疲れ限度が認められる。しかし700℃では、 1×10^7 サイクルの応力繰返しに耐えたものが、 $2 \sim 3 \times 10^7$ と応力繰返しが進むにつれ破壊し始め、 10^7 と 10^8 サイクルに対する疲れ強さは異なってくる。

そして、S-N曲線の形は2段になる。これら

の現象は溶体化処理されたオーステナイト・ステンレス鋼SUS304, 321, 347についても同様に認められる。そして各温度において疲れ強さの0.2%耐力に対する割合をみると、4鋼種とも、室温および700℃においては1.0~1.2, 400~600℃においては1.2~1.7となっている。

時効性材料においてはコーキング効果が存在すると言われているので、各温度でコーキング効果の存在を調べた。試験は疲れ強さ近くの応力を 10^8 サイクル与えた後に 1.1×10^7 サイクル(24時間)ごとに応力を増加させる試験と、 9×10^5 サイクル後に 4.5×10^5 サイクル(1時間)ごとに応力を増加させる試験を行なった。SUS316に対する結果を図2に示す。それによると、 10^8 サイクル後では400~600℃で顕著なコーキング効果が認められたが(疲れ強さの20~30%高い応力においても 1.1×10^7 サイクルの間では破壊しない)、室温および700℃ではほとんど認められない。一方、 9×10^5 サイクル後 4.5×10^5 サイクルごとに応力を漸増させる試験では400~600℃でやはりコーキング効果は顕著に現われ(20~30%)、かつ、700℃においても14~15%程度疲れ強さよりも上昇した応力に耐えることができる。

これらの結果は、400~600℃の温度では疲れ過程での析出時効による材料の強化により、また、700℃では疲れ試験の経過とともに過時効による軟化現象が起ることによるものと考えられる。

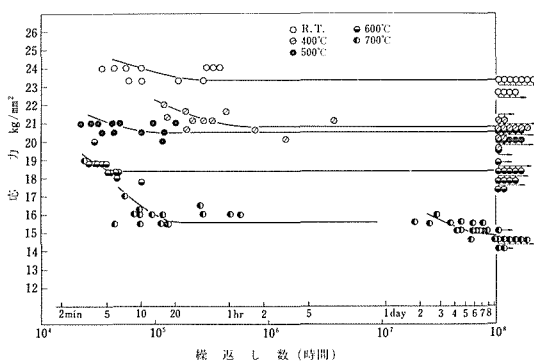


図1 応力-破壊繰返し数曲線 (S-N曲線)

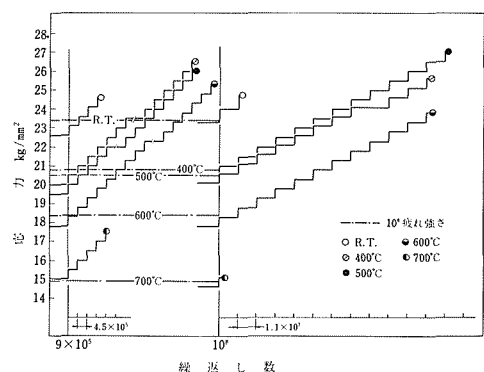


図2 応力漸増試験の結果

鉄 鉱 石 の 加 圧 還 元

現在、高炉による製鉄法においては、生産性の向上とコークス比の低下をはかるための一手段として高圧操業を行なっている。またその他のガス還元による直接製鉄法においても、加圧を行ない生産性を高めようとしている。高炉における高圧操業は炉頂圧 $0.3\sim 2.5\text{kg/cm}^2$ 程度であるが、これにより炉内を流れるガスの体積を減じて流速を減少し、鉱石とガスとの熱交換をよくし、還元反応を促進させることなどで大型高炉の操業を安定化させ、コークス比の低下と増産が可能となる。ここに加圧に伴う装置上の問題もさることながら、冶金反応の面でも解明されなければならない諸問題が存在する。そこで製錬研究部においては、原料の性状、還元条件（ガスの種類、圧力、温度など）ならびに還元生成物の性状との関連性を把握するための実験を行なっている。

上述の実験に用いる加圧式熱天秤は、市販品が

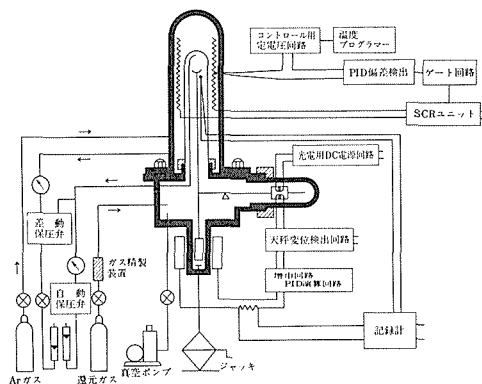


図1 加圧式熱天秤の構成図

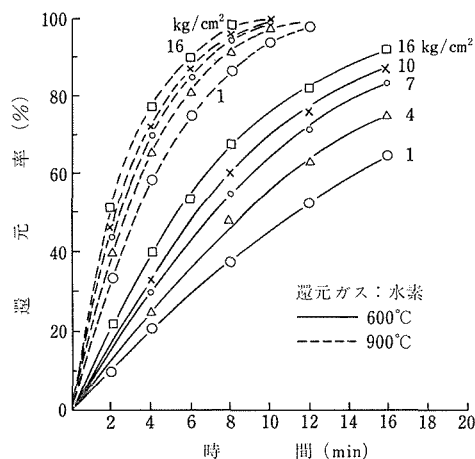


図2 気孔率26%タブレットの還元曲線

なく試作を行なった。図1は本装置の構成図で、各種ガスの常圧から 20kg/cm^2 までの加圧下における重量変化を検出できるもので、重量測定部、記録部およびその他の附属部より構成される。その主な仕様を示すと、測定しうる最大変化量 2.5g 、天秤感量 0.1mg 、反応温度（最高） $1,300^\circ\text{C}$ 、温度プログラム制御、加圧圧力（最大） 20kg/cm^2 、自動記録式である。

試薬特級 Fe_2O_3 の微粉末を圧縮成形したのち、所定の温度で焼成した気孔率 $2\sim 38\%$ のタブレットを対象に、試作した加圧式熱天秤を用いて水素還元を行なった。還元温度 $600\sim 900^\circ\text{C}$ 、水素ガス圧は常圧 $\sim 16\text{kg/cm}^2$ であった。図2および3は得られた結果の一例である。

いずれの還元においても誘導期を示すものはみられず、反応初期から立ちあがる曲線であった。加圧の効果は主反応期での還元速度の増大に認められる。また、一定還元率における還元速度と圧力との関係から多孔質タブレットでは加圧の効果が認められる。これに対し、緻密質のものになると高温側で還元初期にのみその効果が認められるが以後は緩慢となる。さらに、この場合 $700\sim 800^\circ\text{C}$ において、加圧されるにしたがい還元後期に還元速度の遅滞する現象が認められたが、これらは還元生成物の性状、焼結速度あるいは還元時の雰囲気などの相互作用によるものと思われる。現在はCO系について実験を進めているが、 $\text{CO}-\text{H}_2$ 混合系についても実施する予定である。

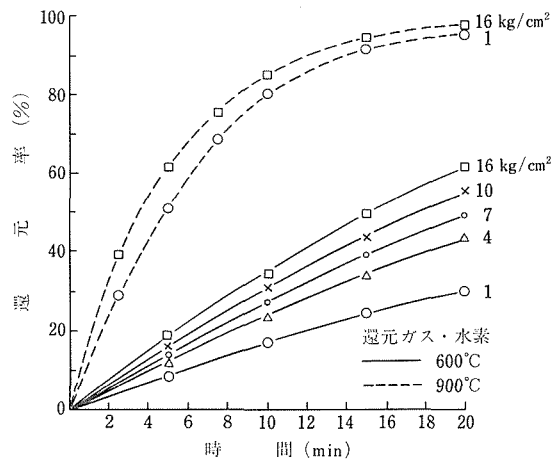


図3 気孔率2%タブレットの還元曲線

出願公開発明の利用の御案内

わが国のめざましい経済成長は、産業の技術革新のすすんだことが最大の鍵を握っているとされているが、その反面環境公害、災害の増加、資源・エネルギーの枯渇などの国民生活に好ましくない問題が生れている。

一方、従来わが国の産業技術革新のなかで、自らつくりあげた革新的技術は数少なく、外国からの技術の移転が大きく寄与していることが指摘されている。現在、世界のトップレベルの経済力を達成したわが国は、外国技術への依存から離れ自主技術の開発の必要性が要請されている。貿易の協調拡大、発展途上国に対する経済技術協力などの課題をひかえ、わが国がめぐまれない天然資源環境公害などの悪条件を克服し、豊かで水準の高い生活を営むためには、新しい見地からの科学技術の振興が要請されよう。

本研究所はわが国の産業発展の基盤をなすともみられる金属材料技術の向上のため、また国民生活の維持向上に好ましくない新しい社会問題の解決に波及効果の大きい研究にとり組んでいるが、とりわけ自主技術の研究開発につとめている。

本研究所研究報告、学協会誌および研究集会な

どを通して本研究所の研究成果が発表されるが、特許制度によって保護される研究成果はこれの特許出願し、新しい技術の保護につとめるとともに、その普及利用を図っている。さらに、技術のライフサイクルの短縮が通常化しているので、改良技術の保護に対しても相応の配慮がなされている。また先進諸国の技術水準と較べて優れておりかつ実用化の見通しの明るいものについては、外国特許を取得して先進諸国における自主技術の保護を図っている。これらの中には資源の再生利用を目的とした鉄鋼スクラップの連続処理技術の開発や、有害金属による環境汚染を防ぐためこれを使用しない新材料の開発などがある。

本研究所研究成果の普及利用の一環として、このたび出願公開になった発明の要旨を本ニュース3月、6月、9月、11月の各号に紹介することになったので、本号では昭和47年8月から翌年8月までに出版公開になった発明を掲載し、広く利用の便宜に供することになった。掲載された出願公開発明の利用、また技術内容の詳細な確認を御希望される各位におかれては、本研究所企画課調査係へお申し出願したい。

出 願 公 開 発 明

* 雰 囲 気 流 動 ダイ カ ス ト 法

特公開昭47-15372

昭和47年8月21日

ダイカスト製品の鑄巣発生防止のため、溶湯注入直前に金型中の雰囲気を注入口からベントホールに向かって流動させる雰囲気流動ダイカスト法。とくにアルミニウムダイカスト品の鑄巣防止に著しい効果があり、亜鉛ダイカスト品にも同様の効果がある。

* 硫化鉍の乾式処理操業法

特公開昭47-15306

昭和47年8月21日

操業をクローズドシステムとし熱効率を向上させるため炉から出る排ガスに酸素を混合して、これを炉内に循環送風する硫化鉍の乾式処理操業法。排ガスの一部が再循環して使用されるため、系外へ排出されるガスが約5分の1に減少する。

* 炭素繊維の新しい表面処理法

特公開昭47-17869

昭和47年9月11日

炭素繊維と合成樹脂または金属との複合材の機械的性質の向上のため、両者の密着性をよくするように炭素繊維の表面にパイログラファイトを析出させる処理法。

*超電導マグネット用合金

特公開昭47-24290

昭和47年10月16日

従来の合金系超電導材料に較べて数段高い臨界磁界をもつV-Hf-Mの合金で、MはCr、Ta、Mo、Wの中の少なくとも1種以上の金属である。V₃Ga超電導線の臨界磁界にほぼ匹敵する200KOe以上の値が得られる。

*強化素地を持つ繊維強化複合材料およびその製造法

特公開昭47-23302

昭和47年10月12日

複合材料の機械的性質を改良するために共晶合金を繊維で強化し、合金素地に一方向性析出相を析出させた繊維強化複合材料ならびにその製造法。

*鉄系強化焼結体

特公開昭47-42406

昭和47年12月16日

機械的性質の向上のため、鉄粉に少量の炭素、マンガ、バナジウムを混合し焼結体の空孔周囲の素地にバナジウム炭化物を析出させた鉄系焼結体。加工過程の再加圧が省け、熱処理工程が短縮される効果がある。

*タール質発熱自硬性鋳型の製造法

特公開昭47-42418

昭和47年12月16日

溶湯の鋳込み時に十分強固で、しかも鋳込み後にくずし易い自硬性鋳型を得るため、鋳砂にタール質物質、ソーダ塩、金属粉末を加えて造型する発熱自硬性鋳型の製造法。

*炭素繊維の強化法

特公開昭47-43593

昭和47年12月19日

強度を向上させるため、析出層が出現しない程度の時間、炭素繊維を有機化合物の気体に接触させて、炭素繊維を強化する方法。

*V₃Ga超電導体および製造法

特公開昭48-3291

昭和48年1月17日

加工性を向上させるため銅-ガリウム合金中にバナジウム粉末を分散させ、これを加工、熱処理したV₃Ga超電導体およびその製造法。交流損失がなくなり、交流用途にも適する。

*改良されたV₃Ga超電導体

特公開昭48-30395

昭和48年4月21日

臨界電流値を改良するためにベリリウム等9種類の金属元素中の1種を所定範囲で含有させたV₃Ga超電導体。V₃Gaをつくる熱拡散処理温度が下り臨界電流が大になる。

*水中溶接法

特公開昭48-29647

昭和48年4月19日

水中における溶接アークあるいはプラズマを安定化し、母材の急冷を防止して良好な溶接継手を得るため、溶接アークあるいはプラズマおよび母材を水ガラスで水から遮断する水中溶接法。プロホール、アンダーカットなどのない良好な溶接継手が得られる。

*鉄鉱石に還元剤を内装させた原料を用いる製鉄法

特公開昭48-30615

昭和48年4月23日

製鉄能率を向上させるため還元剤を内装した原料を用い、還元炉および強粘結炭を不用にした製鉄法。

*溶銑の流量調節装置

特公開昭48-30633

昭和48年4月23日

高炉から連続製鋼炉へ移送する溶銑流量を調節し、連続製鋼の制御を容易にするため、溶銑の保持槽、重量検出装置、液面レベル検出槽および液面検出装置から構成された流量調節装置。

* 金属電解製錬装置

特公開昭48-30606

昭和48年4月23日

電解槽内の電解液中に懸濁させた金属粒子を利用して、その表面に純金属を電解析出させる金属電解製錬において、電解液を直接攪拌するための上下振動する多孔板を設けた金属電解製錬装置。電解液の攪拌により粒子の懸濁と運動がよく行なわれ、金属粒子表面の電解が効果的に進行する。

* 改良された Nb₃Sn 超電導体

特公開昭48-42697

昭和48年6月21日

臨界電流を向上させるため Nb₃Sn にナトリウム等11種類の金属元素の中の1以上を所定の範囲で含有させた超電導体。Nb₃Sn をつくる熱拡散処理温度が下り臨界電流値が大になる。

* オーステナイト鋼の強化法

特公開昭48-40624

昭和48年6月14日

耐食性を損なうことなく強度および耐力を改良するため800°C~Md点で塑性加工し、これを水冷または空冷するオーステナイト鋼の強化法。

* 被溶接物の表側と裏側との雰囲気圧力差をつくる装置

特公開昭48-48343

昭和48年7月9日

片面アーク溶接において裏あてを使用しないで均一な裏波ビードをつくるため、溶接個所の表側と裏側に圧力差をつくり、これを利用してアークで溶かした金属が溶接個所に均一に溶け込み裏面に均一なビードをつくるもので、水柱ヘッドを

利用して圧力差を微調節するようにした被溶接物の表側と裏側とに雰囲気圧力差をつくる装置。パイプや薄板の片面溶接に顕著な効果を発揮する。

* 片面溶接裏あて

特公開昭48-48344

昭和48年7月9日

安定した裏波ビードを形成させるため裏波ビードの形成状態の検出素子と素子による検出値を電氣的測定器へ送る端子を備えた片面溶接裏あて。

* 網目状拡散層による鉄系焼結体の強化法

特公開昭48-48307

昭和48年7月9日

機械的性質を改良するために Fe-Ni 合金または Ni に Mn 等を添加した母合金粉と Fe 粉とを混合して焼結し Fe 粒子間に網目状拡散層を形成させる鉄系焼結体の強化法。

* 高温用 p-型熱電素子

特公開昭48-60018

昭和48年8月23日

高温における熱起電力素子の劣下防止、耐食性、耐熱性の改良のため鉄けい化合物にⅧ族以外の遷移金属を含有させた p-型熱電素子。

* 噴流ガスで溶接部溶融金属を保持する片面裏波溶接法

特公開昭48-60038

昭和48年8月23日

裏あてを用いない片面アーク溶接において安定した裏波ビードを形成させるために溶接中の溶融金属を噴流ガスを利用して保持する片面裏波溶接法。

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

池田省三 金属物理研究部主任研究官

炭素および銅を含む鉄合金の疲れに関する研究のため昭

和48年11月6日から同49年11月8日までアメリカ合衆国ノースウェスタン大学へ出張した。

通巻 第179号

編集兼発行人 林 弘

印刷 株式会社 ユニオンプリント
東京都大田区中央 8-30-2
電話 東京(03)753-6969(代表)

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒 2 丁目 3 番 12 号
電話 東京 (03) 719-2271 (代表)
郵便番号 (153)