

表 耐久性評価方法ならびに各種被覆系の耐久性

試験内容	試験方法	評価対象	評価特性	耐 久 性
暴露試験	土中埋設	材料の物性変化	絶縁抵抗 引張強度, 伸び	PE 20 年以上 (土中埋設)
			DI 値	—
	海洋暴露	界面の変化	防食効果モニタ リング	—
			接着強度	PE 20 年以上 (土中埋設)
劣化促進 試験	オープン 試験	材料の物性変化	引張強度, 伸び	PE, PP 40 年 (常温) 推定
	浸漬試験		絶縁抵抗	—
		$\tan \delta$	—	
		温度勾配 試験	界面の変化	接着強度
	塗膜ふくれ			—

詳細な検討ならびに緻密な実験データの蓄積が今後の課題として残された。

今回の討論会が、評価技術ならびに推定方法の確立への契機となれば幸いである。

最後に、快く依頼講演を承諾して頂いた鋼管杭協会の浅間専務理事、研究内容をフランクに明示された発表者の方々の努力、本討論会に参加し活発に意見を交換していただいた参集者の方々および討論会の開催にあたり終始御尽力いただいた森岡 (NKK)、新井 (住金)、大槻 (新日鉄)、栗栖 (川鉄) の 4 氏の方々に深く感謝いたします。

## VI. ステンレス鋼における組織制御と材質

座 長 名古屋大学工学部材料機能工学科  
細 井 祐 三

副座長 日本冶金工業(株)商品開発部  
根 本 力 男

最近ステンレス鋼は諸産業の発達、生活の高度化により、化学工業用、車輛用、築建用などの大型部材から、電子機器用などの小型部品に至るまで幅広くますますその需要が伸びている。これに伴い、耐食性のみならず高強度化が要求され、ステンレス鋼の多機能化が進んでいる。

ステンレス鋼 ( $\alpha$  系及び  $\gamma$  系) は、凝固から室温までの間に変態がないために、従来は主として、熱延-溶体化、冷延-再結晶により組織制御が行われてきた。しかし上記のようなステンレス鋼の高強度化のニーズのために、より微細組織が必要となり、加工誘起マルテンサイトの  $\gamma$  への逆変態の利用、マルテンサイトの微細分散の利用などステンレス鋼独特の技術が発展してきた。また一方省工程によるコスト・ダウンの努力、析出物制御による性能改善などが進み、更に微細組織制御による二相ステンレス鋼の超塑性現象が注目されている。

本討論会では、最近の組織制御技術の発展とそれによる材質改善につき、種々の角度から捉え、その特徴と材質改善のメカニズムなどにつき検討を行った。研究発表は 10 件であり、ほぼ 1 日を費やして熱心な討論が行われた。以下に発表の要旨を示す。

(討39) SUS304 薄板の異方性に対する製造条件の影響  
(新日本製鉄(株)第三技術研究所

上田全紀ほか)

SUS304 の冷延薄板製造プロセスにおいて、最初の熱延工程で熱延板 (冷延素材) の焼鈍を省略すると、その後の冷延焼鈍後の製品には (112)[11 $\bar{1}$ ] が強く発達し、イヤリングが大きくなることを示し、これを改善するには、冷延前の  $\gamma$  粒を大きくすることにより、冷延焼鈍後の均一化を図ること及び冷延時にマルテンサイト変態を利用して副方位を増加させることが有効であり、低 C 化や低 Ni 化などオーステナイトの不安定化した成分が、熱延焼鈍省略プロセスの冷延板の異方性抑制には良いことを示した。

(討40)  $\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態による準安定オーステナイト系ステンレス鋼の結晶粒超微細化

(九州大学工学部 富村宏紀ほか)

$\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態により超微細粒を得るためには、(1) 室温での強加工で加工誘起  $\alpha'$  量が 90 vol% 以上になること、(2) 逆変態処理後、残留する  $\alpha'$  量が 10% 以下となること、(3) 逆変態後の  $\gamma$  の  $M_s$  点が室温以下にあり、焼鈍温度からの冷却過程で  $\alpha'$  相が形成されないという三条件が必要であることを指摘し、成分的には 15.5 Cr-10 Ni 鋼を中心にした領域であることを示した。また  $\alpha' \rightarrow \gamma$  逆変態には剪断型と拡散型の二機構があり、変態の Gibbs 自由エネルギーの差  $\Delta G^{\alpha' \rightarrow \gamma}$  が約 -500 J/mol より大きければ前者の機構が働き、小さければ後者の機構が働くことを示唆した。

(討41) 延性に優れ溶接軟化のない高強度ステンレス鋼の開発

(日新製鋼(株)鉄鋼研究所 井川 孝ほか)

室温付近に  $M_f$  点を有するよう成分調整された Fe-Cr-Ni マルテンサイト系ステンレス鋼に As-Af 点間で逆変態処理をすることにより、0.5~1  $\mu\text{m}$  の超微細な  $\gamma$  粒とマルテンサイトの混合組織が得られることを示し、これにより耐力 90~100 kgf/mm<sup>2</sup> で 20% の伸びを有する鋼を製造することができるを見出している。逆変態前の冷間圧延及び Si 添加による高強度化の効果を明らかにすると共に、逆変態時間の長短が  $\gamma$  粒の安定性に影響を与えること、 $\gamma$  粒内に Ni が濃化することを述べ、微細  $\gamma$  粒の延性への役割を論じた。またこの材料は溶接後も軟化しない特徴を有することを示した。

(討42) SUS430 ステンレス鋼板におけるマルテンサイト分散を利用した結晶粒微細化と材質特性

(住友金属(株)鉄鋼研究所 前原泰裕ほか)

SUS430 の耐リジング性向上を図るために、インライン  $\gamma$  処理とマルテンサイト生成・消滅と再結晶に及ぼす C 量の影響を検討している。 $\alpha/\gamma$  二相域に加熱後、35°C/s で冷却し、 $\gamma$  をマルテンサイト変態させ、その

後室温で 75% 冷延し、再結晶させた場合には、C の増加に伴って結晶粒は微細化し、耐リジグ性が向上することを示している。これはマルテンサイトの分散によるその周辺での歪み集中に伴う再結晶核の増加と、マルテンサイトの分解過程で生じる  $M_{23}C_6$  析出粒子の再結晶遅延効果によることを明らかにしている。

(討43) フェライト+マルテンサイト複合組織鋼板の金属組織と材質特性

(日新製鋼(株)鉄鋼研究所 宮楠克久ほか)

12~17Cr 鋼を  $\alpha + \gamma$  領域において加熱後急冷して  $\alpha + M$  (マルテンサイト) 組織とし、高強度化高加工性を図ることを目的とし、金属組織及び機械的性質に及ぼす化学成分と熱処理の影響を詳細に検討している。硬さは  $\alpha/M$  相比の変化による仕上温度依存性を示し、950~1000°C で最高硬さを示すことを明らかにし、最高硬さに及ぼす合金元素の効果を一次回帰式で定量的に求めている。また  $\alpha + M$  組織鋼は従来の調質圧延材に比べ、良好な強度・延性のバランスを有すること及び強度の面内異方性が小さいこと、また C 量と M 量を制御することにより、仕上熱処理時の鋭敏化を回避できることを明らかにしている。

(討44) 高 Mn-N 系ステンレス鋼の成分及び組織制御による高強度化

(新日本製鉄(株)光技術研究部 中塚 淳ほか)

0.2C-17Cr 鋼をベースに Mn, N, Mo 量を変化させ、 $\alpha'$  の有無と調質圧延後の高強度化の限界について検討した研究である。N による固溶硬化は 0.4% で上限に達し、加工誘起  $\alpha'$  による硬化を利用する場合には  $Md_{30}$  を  $-50^\circ\text{C}$  以上の成分系とする必要があることを指摘している。また Mo 添加により  $Mo_2C$  が析出し時効硬化性を高めることを述べ、高強度の高 Mn 鋼として、 $\alpha'$  利用材は 0.2C-8Mn-17Cr-1.5Mo-0.2N 鋼、 $\alpha'$  の発生しない非磁性鋼としては 0.2C-18Mn-17Cr-1.5Mo-0.4N 鋼を選択している。

(討45) 条鋼用機能性ステンレス鋼の開発と実用化

(住友金属(株)小倉製鉄所 中里福和ほか)

(1) N を含む高 Mn-Cr 系非磁性鋼: C, Mn, Ni, Cr 及び N の調整と冷間加工の組合せにより高強度、高耐食性、経済性を具備した高性能非磁性鋼が得られる。0.2C-15Mn-17Cr-1.5Ni-0.35N は安定した非磁性と高強度を示す。

(2) 301 系ステンレス鋼: 強加工によって得られた加工誘起マルテンサイトを、レーザー照射により局部的に逆変態させ非磁性化させる。この応用としてピストン自体に磁気目盛り機能を付与させた例が紹介された。

(3) 冷間鍛造用軟磁性フェライトステンレス鋼: 高純度化 (C, N の低減) と結晶粒細粒化 (制御圧延, 相変態, マイクロアロイングなどの利用) により、高靱性のフェライトステンレス鋼が得られることを示した。特に加熱温度 850~950°C で巻きとり温度 780~800°C で圧延されたフェライトステンレス鋼の遷移温度は  $-30^\circ\text{C}$  以下になる。逆に (C+N) 量を増加させ、Ni 量を増やし、 $\alpha + \gamma$  の二相域で圧延することによっても細粒化が図ら

れる。このような方法で製造された軟磁性フェライトステンレス鋼は優れた冷間加工性を有することを示している。

(討46) Nb 安定化フェライト系ステンレス冷延鋼板の機械的性質に及ぼす Ti 添加の影響

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 今津 薫ほか)

高 Cr フェライトステンレス鋼 (0.02C-0.02N-22Cr-0.8Mo-0.4Nb) は微量の Ti の添加によりいっそう軟質化する。Ti, Nb, Cr の炭窒化物析出挙動と機械的性質を追求し、0.05%Ti 添加で析出物 Nb (C, N) が粗大化し、析出密度が減少することで軟質化する。析出物の分布が粗であると、析出物間の距離が長く、析出物の半径が大きいほど転位の移動に必要な応力が小さくなり、変形抵抗が小さくなる。Ti が 0.1% と多くなると微細な析出物が多くなり、逆に強度が高くなる。この Ti の効果は固溶化温度に左右される。固溶化温度が高いと Ti 炭化物は全部固溶し、熱間圧延時に Ti 炭窒化物が微細に析出する。1150°C の低温だと未固溶 Ti 炭化物そのものが成長し、これが核となり、Nb の炭化物が析出粗大化し、粗な分布となり、軟質化に寄与する。

(討47) 快削ステンレス鋼線材の硫化物形態制御と被削性

(新日本製鉄(株)第二技術研究所 菊地正夫ほか)

近年、電子通信や OA 機器関連分野でマイクロシャフト等の材料として快削ステンレス鋼の需要が増加している。S 系快削ステンレス鋼の切屑処理性の向上は、硫化物 (MnS) の形態制御によって達成される。凝固時の冷却速度を小さくすることにより、または凝固後高温域を徐冷することにより、すなわち、硫化物の晶出時間を十分与えることが最も効果的であり、硫化物のサイズを大きくし、量も多くすることができる。また、圧延工程で細長延伸した硫化物は、高温 (1200°C 以上) で熱処理すると分断、球状化が起こり、切屑処理性は良好になる。

(討48) 微細組織二相ステンレス鋼の超塑性

(日本冶金(株)技術研究所 長田邦明)

二相ステンレス鋼は 750~950°C で  $\sigma$  相が容易に生じる。この  $\sigma$  相析出が大いに関係して、900~950°C の高温で超塑性現象が出現する。直接鍛造薄板材及びそれに 50% 以上の冷間加工を施した場合に顕著に現れる。また熱間圧延のまま、あるいは、さらに 50% 以上の冷間加工を加えると、優れた超塑性が出現する。 $\sigma$  相は冷延により長く伸びたオーステナイト相に沿って析出し、変形中に微細に分散し、それに伴いオーステナイト相も細粒化する。すなわち、変形中に連続的に核発生場所を供給しつつ、微細化していくことにより超塑性が起こることを指摘している。このメカニズムは従来の微細結晶粒間での粒界すべりあるいは変形中の動的再結晶の効果などとは別の考えを提供したものである。

以上の発表に対し、適切で効果のある討論が行われた。質疑・コメントを準備していただいた下記の方々及び会場で討議に参加していただいた方々に感謝する。NKK 中研 稲垣裕輔, 京大工 津崎兼彰, 新日鉄第二研 小

川忠雄, 川鉄鉄鋼研 橋本 修, 群馬大工 乙黒靖男,  
日金工研究部 関口 力, 日本ステンレス 吉田 毅,

新日鉄第二研 菊地正夫, 神鋼条鋼開発室 松島義武,  
住金鉄鋼研 前原泰裕の諸氏.

## お知らせ

### 「鉄と鋼」埋草記事投稿のお勧め

本会会員はどなたでも会誌「鉄と鋼」にコラム, 統計等の埋草記事を投稿することができますので, 振るってご投稿下さるようお勧めいたします.

埋草記事は会誌の解説, 論文等の余白ページに掲載いたします.

(埋草記事) コラム, 統計等

特に記事内容の定義はいたしません, 何らかの形で本会会員に関心をもたれる内容であるものとします.

(記事の量) 所定の原稿用紙2枚(1000字)程度(会誌刷り上がり1/2ページ程度)

(記事の掲載) 記事の掲載に当たっては, 和文会誌分科会で査読をいたします. 従って, 掲載にふさわしくないと判断された場合は返却することもありますのであらかじめご了承下さい.

なお, 採用された記事については薄謝をさしあげます.

掲載された記事の中から, 和文会誌分科会で優秀作品2~3件を半年ごとに選考し, 埋草賞をお贈りします.

## 編集後記

今年は例年になく暑い夏になるとの予想が的中し, 編集後記を書いている7月末は連日30°Cを超える猛暑である. この猛暑の中, 甲子園をめざし各地で高校野球の予選が展開されている. 夏の大会は, 春の選抜大会に比べると, 予選の一戦一戦がマスコミで細かく報道されるためか身近に感じられ応援にも力が入るような気がする. 高校野球の人気は, ひたすら母校の榮譽のために, 全力を傾け無心で白球を追う球児の姿にある. 多くの人はこの姿に大いに感激・感動し, 声援を送っている. また, バテ気味の暑い夏を過ごすための絶好の栄養剤にしたり, 清涼剤としている.

感動する心は物事に対する素直な心やさしさに通

じ, 大切にしたいものの一つである. この感動する心を一人一人が絶えず社会生活で発揮するか, 発揮しようと努力すれば, すべての人が生活を楽しく, 余裕を持った心豊かな人生が少しでも送れるような社会体制になるだろうし, 心豊かな人になれると思われる. このように早くなりたいものである.

技術開発・研究活動においても, 感動する心は新しい発見や発明につながる. また, 生活に余裕が持てれば日常とは異なる観点からのひらめきや思いつきが生まれ, 多くの優れた成果が得られるであろう. 実りの秋に向けて心身ともに磨いて, いっそう充実した投稿を編集委員一同大いに期待し, 待っております.

(S. W.)