

金材技研 1978

科学技術庁

NO.7

ニュース

金属材料技術研究所

基準的疲れ強さのデータシート

疲れ試験部では国産実用金属材料について基準的な疲れ特性を求め、データシートを作成する業務を行っている。これは各種の機械や構造物の設計や製作並びに材料選択において、また材料の開発や製造などの広い技術分野でも参考にされ得るものと考えられ、関連産学各界の意見をとり入れつつ進められている。内容は大きく三つに分れるが、その一つにJIS規格の構造用合金鋼について、基準的な疲れ特性を規格範囲でのばらつきも含めて求め、データシートとするものがある。

ここでは始めに機械構造用炭素鋼S25C、S35C、S45C、S55Cを取り上げ、国内の主要各メーカーで製造している材料の中から合計45チャージをサンプリングした。材料は直径20mm前後の熱間圧延丸棒で、含有炭素量に関し規格範囲で偏らないように集められたものである。これらは工業化研究部において所定の焼ならし、焼入れを行った後、

550、600、650℃の各温度で焼もどし処理を施した。疲れ試験は直径8mmの平滑試験片によるJIS回転曲げ試験を中心とし、両振り振り並びに片振り、両振りの軸荷重疲れも行うと共に、引張り、衝撃、硬さ、顕微鏡組織等の必要な試験を実施した。

図1は回転曲げ疲れ試験結果の一例である。ここには強さが少しずつ異なる11チャージの材料が含まれている。このような疲れ試験結果を整理して、それぞれの引張強さに対してプロットすると図2のようになり、これまで各所で行われた古い試験報告などから推定されていた調質材の範囲(点線)とは異り、両者の間に良い比例関係が認められる。

この試験結果に関するデータシートは本年末刊行を目途に準備を進めており、併行してSCM3、SCM4、SCr4材の試験を実施中である。

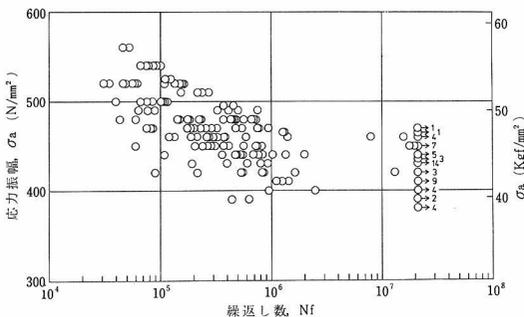


図1 S45C、600℃調質材の回転曲げ疲れ特性

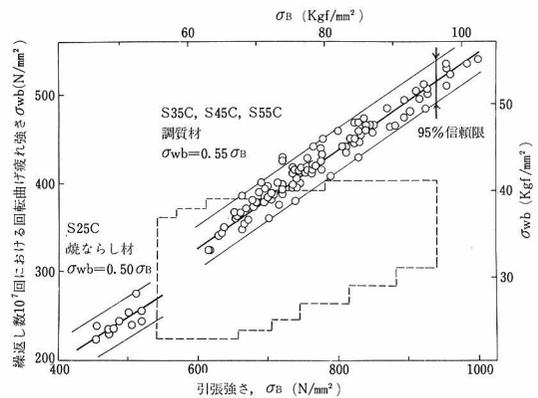


図2 回転曲げ疲れ強さと引張強さの関係

超微細粒フェライト鋼の延性

建物や橋梁などの構造材料として使われる金属は、一般に大きさが数 $10\mu\text{m}$ から数 $100\mu\text{m}$ の結晶粒が多数寄り集ってできている。鋼の強度と靱性を向上させるためには、熱処理方法や合金成分を工夫して結晶粒をできる限り細かくするのが最も有効な方法であるが、それにともなって他の性質、たとえば延性がどのような影響を受けるかは、まだよく調べられていない。

強力材料研究部では、このような超微細粒からなる鉄鋼材料の機械的性質を基礎的に研究している。鉄を室温で強圧延し、 $500\sim 600^\circ\text{C}$ 以上の温度で焼き鈍すと、新しい結晶粒が生成する再結晶という現象が起こるが、この際、再結晶粒が発生する前の段階、あるいは再結晶粒の発生の初期の段階では、写真に示すような大きさが $1\sim 10\mu\text{m}$ の超微細粒組織が得られる。

合金元素を鉄に添加すると、このような再結晶挙動が変化するが、種々の機械的性質に与える影響も大きい。そこで、鉄にNi、Si、Ti、Al…など種々の合金元素を添加したのについて、圧延お

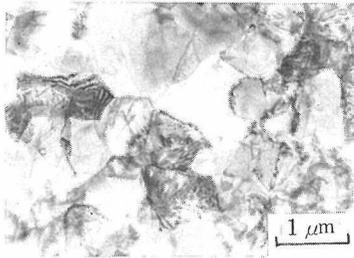


写真 Fe(C含有量は約0.01%)を90%冷間圧延した後、 480°C で1時間焼鈍して得られる内部の構造。多数の微細な亜結晶粒から成っている。

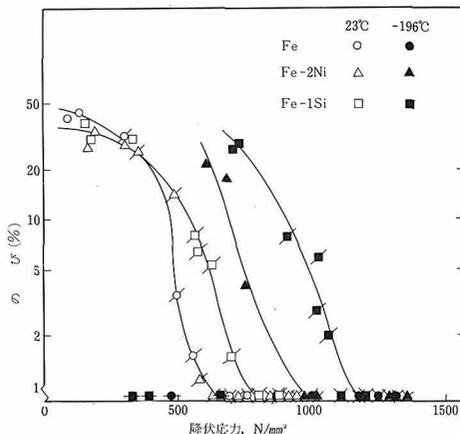


図1 種々の合金元素を含むフェライト鋼の強度と延性の関係

よび熱処理を行って写真に示されるような微細な結晶粒を形成させ、常温、および低温での機械的性質を調べた。

図1と図2に引張試験を行った多くのこれらフェライト鋼の強度と伸びの関係のうちの一部を示す。図中、×印をつけたものは焼鈍温度が低いため、再結晶が起こらず(室温 $\sim 400^\circ\text{C}$)、ほとんど圧延状態のままのもの、/印をつけたものは部分再結晶状態にあるもの($500\sim 600^\circ\text{C}$)を示す。それ以外は完全に再結晶したものである。各フェライト鋼とも、常温引張りの場合は再結晶の進行とともに、強度は減少し、伸びが急速に増大しているが、低温では添加する合金元素の種類によって伸びに著しい差が現われている。

結晶粒の大きい通常の金属材料は、ある箇所では変形がおこるとその部分は硬くなってそれ以上変形しなくなるのであるが、結晶粒を細かくすると、これとは逆に、はじめに変形を起こした部分が、変形がとまらずますます歪んでついに破断するという変形挙動を示すようになる。これを一般に不安定塑性挙動と呼んでいる。低温ではFeをはじめほとんどのフェライト鋼がこのような不安定塑性を起すため、ほとんどのびずに破断するが、SiやTiを添加すると不安定塑性が発生しにくくなり、のびが増大することがわかった。

これまで、強度や靱性の向上を目指して、結晶粒を微細化すると、延性が極端に低下することが言われてきた。しかしながら、Siなどの固溶元素を添加すると、このような微細粒に特有の欠点を克服して、強度、靱性、延性ともにすぐれた鉄鋼材料をうみ出す可能性がある。

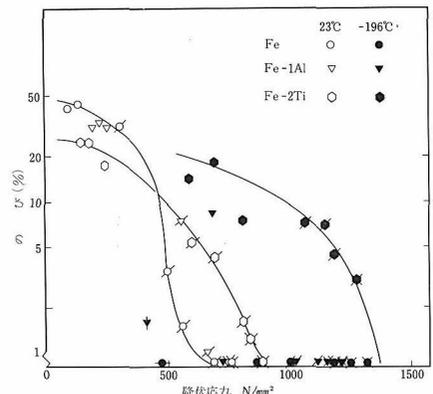


図2 種々の合金元素を含むフェライト鋼の強度と延性の関係

薄膜のけい光X線分析

最近、コンピューターなどのエレクトロニクス工業において合金薄膜が種々の機能素子として注目されるようになり、新しい素子の開発や製造工程の管理のために薄膜の組成とその厚さが同時に測定出来る迅速な非破壊分析法の確立が強く要求されている。金属化学研究部では「金属材料の状態分析法」の研究を行っており、その一環としてけい光X線分析法による合金薄膜の組成と厚さの同時測定を試みている。その方法と結果の概要を紹介する。

けい光X線分析法は迅速かつ高精度の非破壊分析法と呼ばれているが、他の機器分析法と同様に比較分析法であるから、分析試料と標準試料の組成、結晶性、粒度などがそれぞれ一致している場合には極めて優れた結果が得られる。しかし、そのようなことは期待出来ないので多数の標準試料を用意し、内挿によって分析を行なっているのが現状である。

けい光X線分析法の薄膜に対する感度は極めて高く、例えば厚さが $0.1\mu\text{m}$ ほどの鉄薄膜中の300 ppmのマンガンは検出可能である。したがってこの分析法を合金薄膜に適用する場合に感度の点では問題はない。しかし標準試料薄膜を作成する場合には問題が生じる。すなわち、薄膜の厚さおよび面積は小さいので金属元素の量は極めて少なく(数 μg 程度)、そのため標準試料薄膜の組成や他の諸性

質を湿式化学分析などによって決定することは一般には不可能である。それゆえ標準試料を用いずに定量分析できる方法を考えなければならない。

一定の測定条件下では、けい光X線の強度が薄膜の組成および厚さなどの関数として表わせることは古くから知られており、これを定量分析に応用するためには次のようなパラメーターが必要である。(1)一次X線源のスペクトル分布、(2)けい光収率、(3)質量吸収係数、(4)X線光学系の幾何学的定数。

標準試料を用いる代りに上述のパラメーターを用いる定量分析によって薄膜の組成や厚さをけい光X線の強度と質量吸収係数のみから算出することは原理的に可能である。しかし実際に行なってみると多くの場合正確な結果が得られない。その原因を調べた結果、使用した市販の一次X線源ではスペクトルが図1のようになっており、上記(1)の信頼性が乏しいためであることが明らかとなった。そこで当研究所で開発した一次X線源によって図2に示されるような単色X線を発生させ、分析を行なったところ、よい結果が得られた。

表に鉄合金薄膜の分析結果の一例を示す。図2に示した $\text{CuK}\alpha$ 線のほかにも $\text{FeK}\alpha$ 、 $\text{CrK}\alpha$ 、 $\text{AlK}\alpha$ などの単色X線を得ることに成功しており、バナジウム合金の表面に生成したバナジウム酸化膜の酸化状態なども標準試料を用いずに決定することが可能になった。

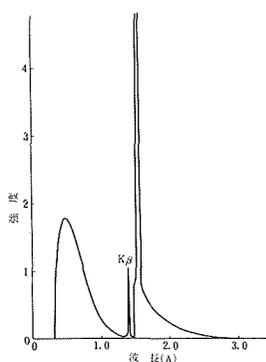


図1 市販のX線管を線源とした場合のスペクトル分布
(Cu-ターゲット、Ni-フィルター)

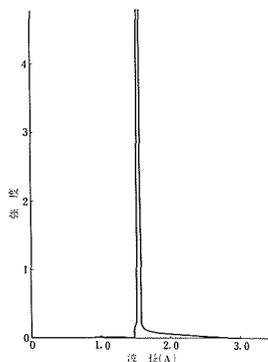


図2 単色X線源のスペクトル分布
(Cu-ターゲット、Ni-フィルター)

表 合金薄膜の組成および厚さの同時測定の一例

組成(%)				厚さ(μm)	
XRF		AA		XRF	AA
Fe	Ni	Fe	Ni	0.6205	0.5700
89.88	10.12	91.0	9.0	0.4013	0.3500
63.50	36.51	62.0	38.0	0.6457	0.6670
64.77	35.22	64.0	36.0	0.3703	0.3500
18.55	81.55	19.0	81.0	0.6170	0.6120
49.5	50.2	49.8	49.9	3.93	4.00

XRF : けい光X線分析値

AA : 原子吸光分析値

受託研究・共同研究の実績

当所は、科学技術庁受託研究規程（昭和36年訓令第36号）及び科学技術庁附属研究所等共同研究規程（昭和51年訓令第143号）に基づき民間企業等と研究協力を行なっている。

受託研究は、36年度から開始し、52年度までに146件を数えるに至った。最近2年間におけるテ

マは表1のとおりであり、研究を内容別にみると、材料開発部門5件、冶金技術部門1件、加工技術部門5件、材料強さ部門9件、の計20件となっている。

共同研究は52年度から開始し、テーマは表2のとおりである。

表1 最近2年間における受託研究

年度	研究 題 目	担当研究部	年度予算額 (千円)
51	1. 長期使用SUS347鋼管の内圧クリープ試験	クリープ試験部	4,367
	2. 高温用熱電材料に関する研究	電気磁気材料研究部	
	3. マルエージ鋼の遅れ破壊試験～大気環境の影響試験～	強力材料研究部	
	4. 特殊燃料被覆管ふくれ試験	腐食防食研究部	
	5. 新型転換炉原型炉構造材料の腐食に関する研究	腐食防食研究部	
	6. 高速炉燃料被覆管のクリープ試験	クリープ試験部	
	7. OGL-1用SUS316鋼の高温低サイクル疲れ強さに関する研究	疲れ試験部	
	8. ダクタイル鑄鉄管の曲げ疲れ特性に関する研究	疲れ試験部	
	9. 湿式処理液中の不純物の分離回収に関する研究	製錬研究部	
	10. 長期使用SUS347鋼管の内圧クリープ試験(Ⅱ)	クリープ試験部	
	11. チタン材料に関する研究	非鉄金属材料研究部	
52	1. 長期使用SUS347鋼管の内圧クリープ試験(Ⅱ)	クリープ試験部	4,605
	2. 原子炉の起動・停止シミュレーションによるステンレス鋼の応力腐食割れに関する研究	腐食防食研究部	
	3. けい化合物半導体の製法に関する研究	金属物理研究部	
	4. 高速炉燃料被覆管のクリープ試験	クリープ試験部	
	5. 新型転換炉構造材料の腐食に関する研究	腐食防食研究部	
	6. 高強度マルエージ鋼の靱性試験研究～水素雰囲気の影響～	強力材料研究部	
	7. 球状黒鉛鑄鉄の疲れ特性に関する研究	疲れ試験部	
	8. 補強板溶接趾端部の曲げ疲れ特性に関する研究	疲れ試験部	
	9. 噴霧法による自溶性合金粉の製造に関する研究	金属加工研究部	

表2 共同研究

No.	研究 題 目	共同研究者
1	超高純度鉄のドハースファンアルフェン効果に関する研究	東北大学金研
2	モリブデンの溶接及び溶接継手の強度に関する試験研究	日本原子力研究所
3	核融合炉用金属材料の中性子照射脆化に関するシミュレーション試験研究	理科学研究所
4	銀-酸化物系電気接点材料の実用化に関する研究	(株)徳力本店
5	連続溶解還元炉用耐火物の適正化に関する研究	品川白煉瓦(株)
6	複合溶射皮膜の形成に関する研究	東京メタリコン(株)
7	ばり除去法の実用化に関する研究	(株)電元社製作所

◆短 信◆

●海外出張●

稲垣道夫 溶接研究部長

国際溶接学会1978年年次大会出席ならびに欧米

における圧力容器構造規格体系とその運用に関する調査のため昭和53年6月29日から53年7月25日までアイルランド国、スイス国、ドイツ国、フランス国、および米国へ出張した。

通巻 第235号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

編集兼発行人 保 坂 彬 夫
 印刷 株式会社 三 興 印 刷
 東京都新宿区信濃町12
 電話 東京(03)359-3811(代表)

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