NO.7

金材技研 ニュース 1975

科学技術庁　金属材料技術研究所

The use of NIMS library items is restricted to research and education purposes. Reproduction is not permitted.

Zr-2.5%Nb合金の高温流水中における耐食性

核燃料経済の上から新型転換炉の開発が図られているが，その安全性を確保するためには圧力管の耐食性，ならびに配管材などの腐食生成物が中性子照射されることにより生じる二次汚染の問題を解決しなければならない。

腐食防食研究部では動力炉核燃料開発事業団とともに炉外高温ループを用いて，圧力管用材料に予定されているZr-2.5%Nb合金の耐食性および放射化した腐食生成物の圧力管への付着挙動（もらい錆）に及ぼす水中の溶存酸素量，蒸気重量率（蒸気と水の割合）の影響を調べた。まず被覆管からの熱流束が最大となる部分の蒸気重量率と同じ組成をもった流体中では，**図1**のように溶存酸素が多いほど重量増加が多く，<0.1ppmになると重量減少を示した。これらの表面は，溶存酸素が少ないと**写真1**のように，ZrO_2被膜と，その上に発達した針状結晶とその微細結晶の混在した付着物（クラッド）からなっているが，20ppmになると**写真2**のようにクラッドは微細な針状結晶のみとなった。このクラッドは配管からの溶出物が圧力管上に析出したもので，NiとCrの酸化物が主でFeはほとんどみられなかった。クラッドを除去すると腐食により重量増加した試料も重量減少を示し，重量増加の多かった試料ほど重量減少が大きかった。この傾向は溶存酸素が多いほど著しい。つぎに圧力管入口の液相と出口の気相を考慮して，蒸気重量率と耐食性の関係を調べた結果，液相環境が最も重量増加が大きく，気液2相，気相になるとそれが小さかった。またクラッドの付着は蒸気重量率が約12%で極大値を示し，蒸気重量率が大になると少なくなる傾向を示した。クラッドの組成は液相，あるいは2相流中ではNi, Crが共存していたが，気相になるとFeのみとなっていた。

以上の結果から，20年間の耐用年数を考慮して溶存酸素を<0.4ppmにすれば耐食性の上では問題はないし，またクラッドの付着も少ないので，Co^{60}による汚染も少なくおさえることができると考えられる。

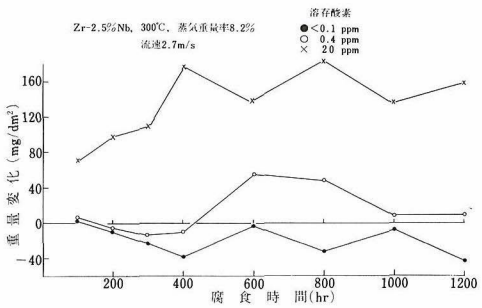


図1　Zr-2.5%Nb圧力管材の腐食におよぼす溶存酸素の影響（脱クラッド前）

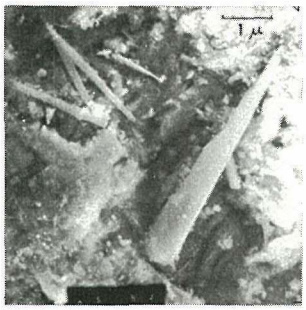


写真1　溶存酸素<0.1ppmの環境で1000時間腐食した試料表面

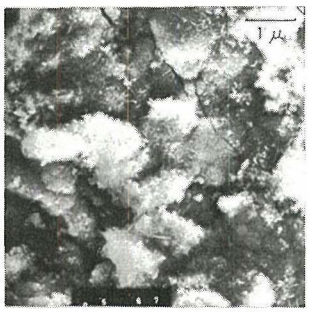


写真2　溶存酸素20ppmの環境で1000時間腐食した試料表面

ドハース・ファンアルフェン効果測定装置の試作と鉛に対する成果

合金化，熱処理等の技術は金属材料を改良する手段として広く用いられている。これらの技術はいわゆる相の安定性という問題にその基礎を置いているが，この解明は現代金属学にとってもきわめて困難な問題の一つである。相の間の安定性を論ずるためには各相の凝集エネルギーを3桁から4桁の精度で求めなければならず，そのためには金属中伝導電子のエネルギーを同程度の精度で求めることが前提条件となるからである。

金属中伝導電子の運動状態を上述の精度で調べられるようになったのはここ数年のことで，ドハース・ファンアルフェン効果を中心とした金属電子論の研究が進んだためである。

金属物理研究部では合金元素の固溶度，侵入型原子および格子欠陥の電子状態，析出過程等，相の安定性を中心とした金属学上重要な諸現象を電子論的に理解することをめざして，ドハース・ファンアルフェン効果測定装置を試作した。

本装置は極低温に冷却された金属単結晶試料に均一度の高い磁場を加え，磁場の変化と共に試料の磁化率の振動する現象を測定する装置である。磁化率が振動するのは，磁場の増加にともなってサイクロトロン運動とよばれる電子の回転運動の速度が増大し，軌道半径の大きな軌道上を運動している電子から順番に電子がフェルミ面の外側にはみだすためである。

このようにして得られたドハース・ファンアルフェン信号はTEACデータ収録装置によって処理された後，電子計算機を通じてフーリエ解析が行われる。この結果からフェルミ面の形状が決定される。

本装置によって得られた鉛のドハース・ファンアルフェン信号を**図1**に示す。磁場は鉛の〈110〉方向に平行である。振動の数が42.5毎に振幅にうなりを生じているのは，同一のエネルギー値をもった電子の軌道として，軌道半径のわずかに異なる2つの軌道が存在するためである。

うなりの節の位置Hnを図1よりもっと広い磁場にわたって読みとり，その逆数Hn^{-1}を節の番号nに対してプロットすると直線上に乗ることが理論的に知られている。鉛に対する実験結果を**図2**に示す。さらに理論の助けをかりると，$H^{-1}\rightarrow 0$ におけるうなりの位相の外挿値からフェルミ面の形状について知見をうることができる。すなわち，図2から鉛の〈110〉方向に沿うフェルミ面の形状が単純な筒状でなく，くびれとふくらみの部分のあることが初めて明らかにされた。

このようにして本試作装置は性能と信頼性の高いことが確かめられた。現在さらに所期の目的である相の安定性を中心とした実験が進行中である。

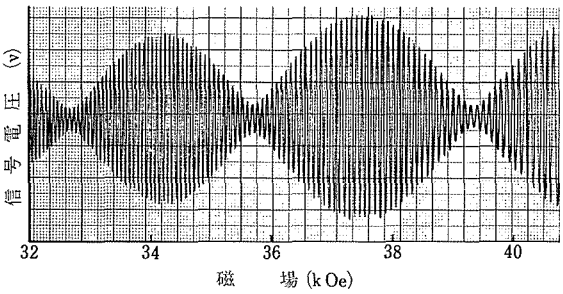


図1　鉛のドハース・ファンアルフェン信号。縦軸はドハース・ファンアルフェン信号電圧，横軸は磁場である。

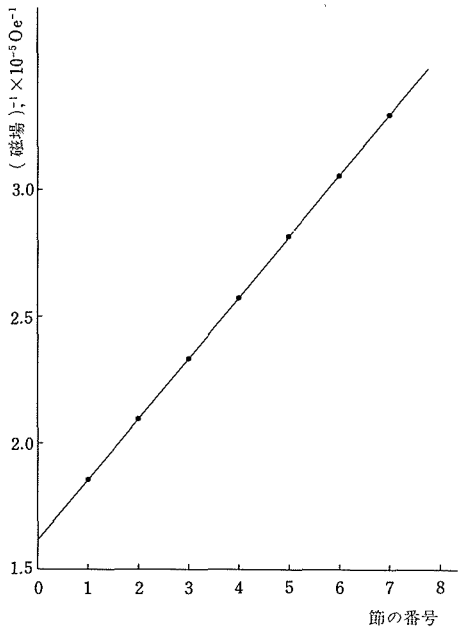
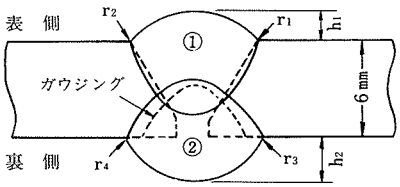


図2　うなりの節の位置Hnの逆数と節の番号nの関係

突合せ溶接継手の疲れ強さに及ぼす余盛形状の影響

橋梁、建築物、造船等多方面で溶接加工が行われているが，これらの構造物では万一破壊が起これば大事故につながる虞が大きい。近年、これらの安全性が重視されるにしたがい，溶接継手部の疲れに対する信頼性を向上させるため，各方面で溶接法や溶接金属の改善が研究されている。一般に溶接継手部の疲れ強さは余盛止端部の形状に起因する応力集中のために著しい影響を受ける。また最近，構造物において高張力鋼を採用しても，その溶接継手部の疲れ強さが高サイクル領域で期待されるほど高くならないという問題がある。余盛を機械的に削除すれば疲れ強さの低下を避けられることがわかっているが，実構造物ではこの種の作業が困難な場合が多く，また作業に伴う加工コストも高くなるため現実には特に重要な部分以外は行われていない。ここでは**疲れ試験部**で行われた溶接継手部の疲れ強さに及ぼす余盛形状の影響についての試験結果を紹介する。

図1は市販のMn-Si系の溶接構造用圧延鋼材SM50Aを母材とする突合せ溶接継手試験片の余盛形状を表すパラメータとして，余盛高さhと止端部半径rをとりあげ，それらの相関を調べた散布図である。溶接法は，被覆アーク溶接である。この図からhとrには強い相関があることがわかる。すなわちこの場合は余盛高さhを小さくすることにより，止端部半径rを大きくすることができ，その結果として応力集中を小さくすることができる。



突合せ溶接継手余盛形状

図2はバイブロフォア型疲れ試験機を用いて行った完全両振りの軸荷重疲れ試験結果である。母材に比べて溶接継手の方が疲れ強さが低く，ばらつきが大きくなっていることがわかる。いま，個々の試験データについて，疲れき裂発生部における余盛止端部の形状パラメータh, rからHeywoodの光弾性による関係式$\alpha = f(h, r)$を用いて形状係数αを計算する。次に他の実験で求めたこの材料の切欠き感受性を考慮した$\alpha \sim \beta$関係を用いて切欠き係数βが求められる。このβを試験応力に乗じて溶接継手のデータを修正すると，図に示すように疲れ強さは母材とほぼ同程度になり，またばらつきの程度も小さくなることがわかる。

このような結果から，SM50A材の溶接継手部の疲れ強さの低下とばらつきの増加は，溶接部余盛による応力集中と余盛形状のばらつきがその主因であることがわかった。また，少なくとも同種の材料で同様な溶接法の範囲内では，余盛高さhを小さくすることにより，溶接継手の疲れ強さは改善される可能性があることが試験結果により知られた。

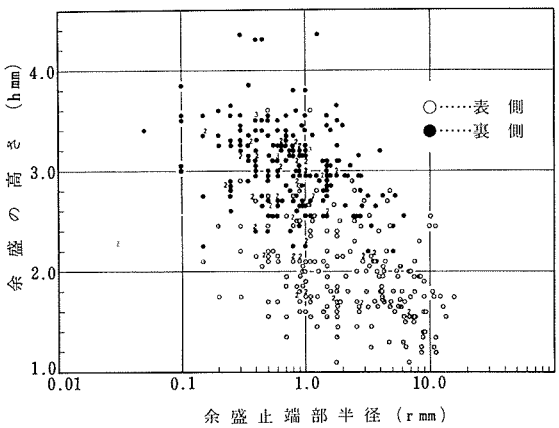


図1 余盛高さ(h) と止端部半径(r) の相関

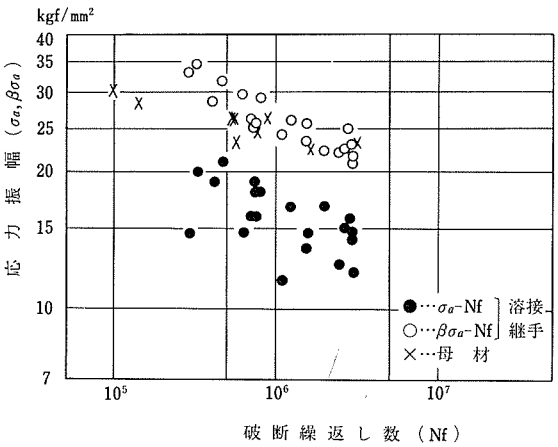


図2 疲れ試験結果

クリープ受託試験の現況

当所は，金属材料技術研究所クリープ試験受託規程（昭和42年科学技術庁訓令第69号）及び金属材料技術研究所クリープ試験受託約款に基づいて，企業等からの委託に応じ，クリープ試験及びクリープ破断試験を行っている。

試験の委託は，昭和42年7月から開始され，本年で早くも9年目を迎えたが，その間，鉄鋼，非鉄金属材料メーカー，並びに機械，重電機，及び化学機器等，産業界の各分野から多数委託があり，企業数は41社に達している。委託の内容を見ると，試験の種類としては，クリープ破断試験が84%と圧倒的に多く，クリープ試験は16%となっている。また，材料の種類としては，低合金鋼，ステンレス鋼，及び耐熱合金で全体の80%以上を占め，その他は炭素鋼，鋳造品及び非鉄金属などとなっている。

昭和49年度の試験実施状況は，件数が59件，試験片数が392本，延試験時間が1,144,064時間で，試験片1本当たりの平均延試験時間は，クリープ試験が3,353時間，クリープ破断試験が2,705時間となっている。また，試験受託手数料の歳入総額は14,775千円である。

次に年度別の受理状況を示すと，下表のとおりである。

表　受託試験受理状況

区分			42年度	43年度	44年度	45年度	46年度	47年度	48年度	49年度	計
クリープ試験	受理件数		5件	7件	6件	4件	5件	6件	10件	11件	54件
	温度別試験片数	300～600℃	14本	54本	31本	0本	66本	55本	66本	69本	355本
		601～800	0	6	0	10	2	0	7	5	30
		801～1,000	9	0	16	13	2	6	3	6	55
クリープ破断試験	受理件数		12件	26件	22件	21件	26件	29件	18件	18件	172件
	温度別試験片数	300～600℃	137本	186本	297本	325本	180本	264本	135本	90本	1,614本
		601～800	47	80	34	51	121	57	40	58	488
		801～1,000	12	35	47	12	77	49	24	35	291
合計	受理件数		17件	33件	28件	25件	31件	35件	28件	29件	226件
	試験片数		219本	361本	425本	411本	448本	431本	275本	263本	2,833本

特許出願速報

昭和49年10月1日～50年3月31日

出願日	出願番号	発明・考案の名称	出願日	出願番号	発明・考案の名称
49.10.3	113297	電気接点材料	49.2.2	13306	押出し加工法
49.12.25	148209	イオンプレーティング法		米国 545875 英国 4855/75 仏国 75 3251	
50.1.14	5959	水溶性鋳型（I）			
〃	5960	水溶性鋳型（II）			
〃	5961	イオン化めっきを利用した金属固相接合法	49.3.30	35172 米国 561545 英国 12735/75 ザンビア 40/75 加国 223219	銅電解法
50.2.25	22403	高温および等温の高圧雰囲気中の反応速度測定装置			
50.3.7	27084	VまたはMoを含むオステナイト耐熱鋼	〃	35173 米国 559152 加国 222260	銅粒子の製造法
50.3.19	32142	テルルの酸化物を含む銀基合金接点材料			
49.7.12	新案 81687	拡散性水素測定装置	〃	35175 米国 561974 英国 13009/75	被溶接物の表面と裏面の温度位相差による溶融状態の検出方法
49.12.27	新案 157358	てこ荷重式引張クリープ試験機			
50.1.22	新案 9402	ガス安全器用熱電対			
50.3.7	新案 30175	高速応答型伸び計			

通巻　第199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）

機　構

昭和50年7月1日

所長　荒木　透

材料開発（I）部門

- **科学研究官**　伊藤　伍郎
- **管理部**　榊原　賢二
  - 庶務課　田井　直照
  - 会計課　後藤　祥男
  - 企画課　林　弘
  - 技術課　九島　元治
  - 材料試験業務課　越川　隆光
- **金属物理研究部**　増本　剛
  - 第1研究室　能勢　宏
  - 第2研究室　吉川　明静
  - 第3研究室　辻本　得蔵
  - 第4研究室　磯村　滋宏
  - 物理分析室　田村　良雄
  - 電子計算機室　山本　厳
- **鉄鋼材料研究部**　依田　連平
  - 第1研究室　渡辺　敏
  - 第2研究室　金尾　正雄
  - 第3研究室　山崎　道夫
  - 第4研究室　渡辺　亨
- **非鉄金属材料研究部**　木村　啓造
  - 第1研究室　武内　朋之
  - 第2研究室　大庭　幸夫
  - 第3研究室　佐々木靖男
  - 第4研究室（併）木村　啓造
  - 第5研究室　松尾　茂
  - 第6研究室　渡辺　治

材料開発（II）部門

- **電気磁気材料研究部**　太刀川恭治
  - 第1研究室（併）太刀川恭治
  - 第2研究室　田中　吉秋
  - 第3研究室　前田　弘
- **原子炉材料研究部**　渡辺　亮治
  - 第1研究室（併）渡辺　亮治
  - 第2研究室　岡田　雅年
  - 第3研究室　吉田平太郎
- **強力材料研究部**　津谷　和男
  - 第1研究室　内山　郁
  - 第2研究室　河部　義邦
  - 第3研究室　古林　英一

冶金技術部門

- **金属化学研究部**　森本　一郎
  - 第1研究室　宇田　雅広
  - 第2研究室　千葉　実
  - アイソトープ利用研究室　前橋　陽一
  - 化学分析室　須藤恵美子
- **製練研究部**　田中　稔
  - 鉄製錬第1研究室　大場　章
  - 鉄製錬第2研究室　尾沢　正也
  - 鉄製錬第3研究室　郡司　好喜
  - 非鉄製錬第1研究室　亀谷　博
  - 非鉄製錬第2研究室（併）亀谷　博

加工技術部門

- **工業化研究部**　中川　龍一
  - 第1研究室　吉松　史朗
  - 第2研究室　上田　卓弥
  - 溶解圧延室（併）中川　龍一
- **金属加工研究部**　牧口　利貞
  - 鋳造研究室　菊地　政郎
  - 塑性加工第1研究室（併）牧口　利貞
  - 塑性加工第2研究室　小口　醇
  - 粉末冶金研究室　武田　徹
- **溶接研究部**　稲垣　道夫
  - 第1研究室　岡根　功
  - 第2研究室（併）稲垣　道夫
  - 第3研究室　橋本　達哉
  - 第4研究室　福島　貞夫
- **腐食防食研究部**　鈴木　正敏
  - 第1研究室　新居　和嘉
  - 第2研究室　清水　義彦
  - 第3研究室　福島　敏郎
  - 第4研究室　小林　豊治

材料強さ部門

- **材料強さ研究部**　吉田　秀彦
  - 第1研究室　高橋仙之助
  - 第2研究室　辻　栄一
  - 非破壊検査研究室　木村　勝美
  - 材料強さ試験室（併）吉田　秀彦
- **疲れ試験部**　吉田　進
  - 第1試験室　西島　敏
  - 第2試験室　佐々木悦男
  - 第3試験室　村松　晃
- **クリープ試験部**　吉村　浩
  - 第1試験室　横井　信
  - 第2試験室　田中　千秋

運営委員（五十音順）

足立　正雄	京都大学教授
池島　俊雄	住友金属工業㈱専務取締役
石倉　秀次	海洋科学技術センター理事長
大竹　正	新日本製鉄㈱常務取締役
木原　博	(社)日本溶接協会会長
久保　俊彦	㈱日立製作所副社長
田畑新太郎	(社)日本鉄鋼協会専務理事
中村　正久	東京工業大学教授
永野　健	三菱金属㈱常務取締役
根岸　忠雄	日本鉱業㈱常務取締役
不破　祐	東北大学教授
松下　幸雄	東京大学教授
松本　敬信	工業技術院長
宗像　英二	日本原子力研究所理事長
山内　正男	航空宇宙技術研究所長