

側圧付加押し加工技術が実用化へ

——難加工性材料の加工——

磁性材料として有名なセンダスト (Fe-6Al-10Si) やアルニコ (Fe-Al-Ni-Co-Cu) など、従来の技術では塑性加工が極めて困難であった材料の押し加工技術が実用化されることになった。

当研究所では、かねて金属の機械的性質におよぼす温度、圧力の影響について研究を行っていたが、その中で、センダストなどの高温における粒界破壊は静水圧によって効果的に抑止されることを見いだした (金材技研ニュース1980, No. 10参照)。この現象を簡単な方法で押し加工に適用したものが側圧付加押し加工技術である。

この方法では、押しされる被加工材とコンテナの間に円筒状の中間材 (鉬石の一種であるパイロフィライトなどの固体の圧力媒体) を介在させる。そして中間材を圧縮することにより被加工材に外周から圧縮力 (側圧) を加え、その状態を保ちながら被加工材を押し出すもので、この際、中間材も適当な温度に加熱しておくことによって、押し出し中の被加工材の温度低下が防がれる (金材技研ニュース1984, No. 6参照)。

この技術は、当研究所の小型装置による基礎的研究によって可能性が確かめられた後、新技術開発事業団を通じ、日立金属(株)の手によって実用規模の開発が行われた。写真は開発された押し出し加工装置で、中間材圧縮力500トン、被加工材の押し出し力400トン、押し出し速度1~24mm/sの能力を

もつ複動・横型である。

センダストの場合、被加工材は直径65mm、長さ100mmで、これを1180~1250°Cに加熱し、約800°Cに加熱した中間材の中に取り、ガラスの潤滑剤と共にコンテナ内に入れ、中間材を約300トンの力で圧縮しつつ、5~10mm/sの速度で押し出す。押し出し材の磁気特性は従来の鍛造材に比べて、とくにばらつきが少なく、結晶粒の大きさは均一であり、ピンホールなどの欠陥は消滅している。

本技術が一般的に応用できる段階に達した場合、加工不能材料の加工への道が開けるばかりでなく、製品歩留の飛躍的向上にもつながる。

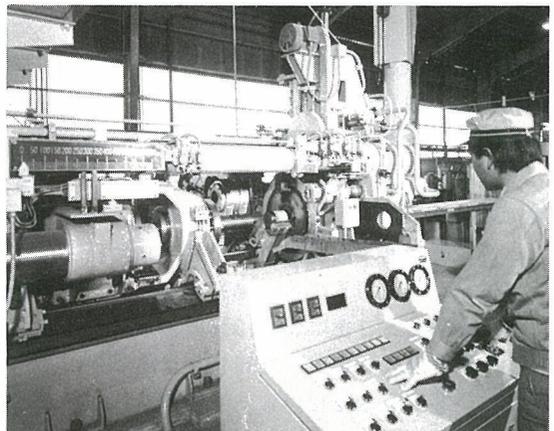


写真 実用規模で開発された側圧付加押し加工装置

水素侵食の初期過程の解明を目指して

——水素拡散と密度変化からのアプローチ——

鋼を高温高压の水素雰囲気中で使用すると水素が鋼中の炭素と反応し、写真に示すようなメタンの気泡を生じる。気泡の圧力はかなり高くこの現象がある程度進行すると鋼は脆くなり、やがて破損する。これは水素侵食といわれ、水素が関連する化学プラントでは大きな問題となっている。

水素侵食は、水素の圧力、温度、材料にかかる応力などの外的因子と、化学組成、金属組織などの材料因子に大きく影響される。しかし、これらの因子と水素侵食との関係は十分に把握されていない。そこで現状では、高温高压水素雰囲気中で使用する鋼の選択には、約40年にわたる実機での経験に基づいて、各鋼種の使用限界を示したネルソン線図を用いている。ただし、 $\frac{1}{2}\text{Mo}$ 鋼の場合はその安全側で水素損傷が起る場合がある。さらに、 $2\frac{1}{4}\text{Cr}-1\text{Mo}$ 鋼についてこの線図は示されていない。また、材料の使用限界期間についても一部の鋼種を除いて不明確である。

水素侵食は、通常の操業条件下では極めてゆるやかに進行し、機械的性質にはほとんど影響がなく安全に使用できる状態、すなわち、潜伏期が長く続くのが普通である。しかし、潜伏期を過ぎると材料劣化は急速に進み破損に至る。したがって潜伏期を適確に把握することは、ネルソン線図の信頼性を高めるばかりでなく、材料の寿命予測を可能にするなど、新材料の開発という面からも極めて重要なことである。

水素侵食による材料劣化は、これまで主として機械的性質の変化、あるいは破面観察における破壊形態などによって検討されてきたが、潜伏期における変化をこれらの方法で評価することは不可能である。

当研究所では、潜伏期間中に発生した高压のメタン気泡がその周りに歪の場を作り侵入した水素をトラップすることにより、材料の水素透過性を著しく低下させることを発見した。そこで、一定期間水素雰囲気中で使用した試料について水素の拡散係数を測定することにより、潜伏期を把握することを試み、成果をあげることができた。

そして今回、当研究所で開発した高精度密度測定装置を用いた、メタン気泡発生による密度変化の測定と、水素拡散係数の測定から、発生するメタン気泡の大きさ、試料単位体積中のメタン気泡の数を求めた。

すなわち、水素拡散係数の測定から、

$$K = 4\pi r^2 \cdot \Delta r \cdot \rho_v \dots\dots\dots(1)$$

が求められる。

K：メタン気泡が水素をトラップする能力

r：メタンの気泡の半径

Δr ：メタン気泡の外側に存在する水素をトラップできる層の厚さで 10\AA と仮定

ρ_v ：試料単位体積中のメタン気泡の数

一方試料の密度変化は $\Delta\rho/\rho$ で示すことができ、

$$\Delta\rho/\rho = -\frac{4}{3} \cdot \pi r^3 \rho_v \dots\dots\dots(2)$$

の関係がある。

(1)式および(2)式から

$$r = 3 \cdot \Delta r (-\Delta\rho/\rho) / K \dots\dots\dots(3)$$

$$\rho_v = 1 / 36\pi\Delta r^3 \cdot K^3 / (-\Delta\rho/\rho)^2 \dots\dots\dots(4)$$

が導かれ、水素の拡散係数と密度測定から、潜伏期間を評価するための指針となるメタン気泡の大きさ r、および単位体積中のメタン気泡数 ρ_v を求めることが可能となる。

この成果の発展は、高温、高压水素雰囲気中で使用する機器の信頼性をさらに高めるとともに、新材料の開発に役立つものと考えられる。

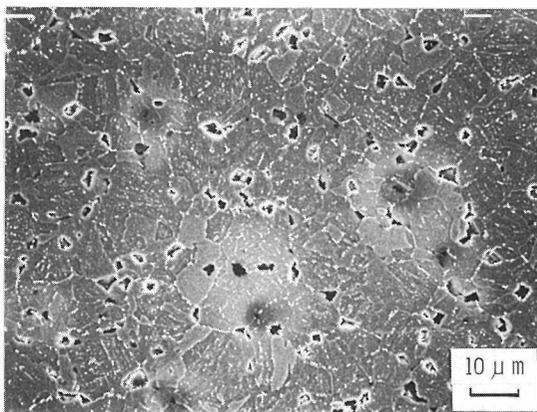


写真 水素侵食をうけた鋼の組織
黒い部分が気泡、白い部分は炭化物

地熱水から高純度シリカ (SiO₂) の製造に成功

核融合炉の燃料として必要なリチウムを国内で確保するために、地熱水中に含まれているリチウムを回収する技術の確立が望まれている。当研究所においてもこの研究を進めた結果、地熱水中のシリカを除去しておけば、比較的容易にリチウムを回収できることを明らかにした。

しかしながら、この技術を工業的に成功させるためには、リチウム以外の有用成分の回収も含めた地熱水有効利用方式を確立して、コストダウンを図る必要がある。そのための一つの工

程として、除去したシリカから湿式処理のみの比較的安価な操作で、ファインセラミックス用の高純度シリカを作ることに成功した。

すなわち、地熱水中のシリカを水酸化アルミニウムと共沈させ、これを酸で処理してアルミニウムと不純物の大部分を溶解して除き、残物をアルカリ水溶液に溶解してから再度酸で処理してシリカを沈澱させる。この沈澱を高温で焼成して定量分析した結果によれば、金属シリコン用けい石に必要な純度99.8%および光学用石英ガラス用水晶に必要な純度99.95%を超える、99.98%の純度をもつことが確認された。

鑄ぐるみ法によるタングステン合金繊維強化耐熱合金(複合材料)の開発

ジェットエンジンのタービンブレードなどに現在使用されている耐熱合金の耐熱性を向上させることはタービンの熱効率の上昇、ひいては省エネルギーにもつながる非常に重要な問題である。

当研究所では、金属中で最高の高温強度をもつタングステン(W)合金繊維を強化材とし、耐酸化性の優れた耐熱合金で鑄ぐるむことにより耐熱材料を複合強化する方法を検討している。成形はロストワックス精密鑄造鑄型を用い高周波真空溶解炉中で行うもので、写真にクリーブ

破断試験片に作製した複合材の平行部の横断面を示す。この試料は直径0.5mmのW繊維を容積率で53%含有している。W繊維の鑄ぐるみにより、複合材のクリーブ強度を基地耐熱合金の10倍以上に高めることも可能である。また、基地合金とW繊維の量比を決め複合則を利用することにより、目的とするクリーブ強度の複合材料を得ることができる。

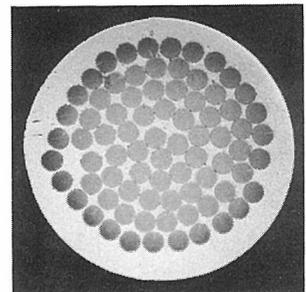


写真 クリーブ破断試験片平行部の横断面

長期間使用ボイラ管の寿命予測の 定量化に一步前進

現在、我が国エネルギー供給の主流である火力発電プラントは、長期間安全に作動できることが経済的見地からも最も大切なことである。安全性・信頼性を確保するためには、そこに使用されている部材、例えば、ボイラ用鋼管などが所要の強度特性を長期間維持できるか否かの確認が必要である。ボイラ用鋼管の劣化は、長期間の使用によるクリーブ損傷、材料変化、高温腐食などが原因となる。

当研究所では、今回、14万2千時間(約16年)

使用した火力発電用ボイラ過熱器管(SUS347鋼)の余寿命に関し検討を行う機会を得た。まず、当研がこれまでに得ている研究成果をふまえσ相、キャビティの測定などから余寿命を推定した結果まだ十分に使用できるものと判断した。つぎに、実管の内圧クリーブ破断強度は、作動中にかかるような低応力下では、単軸クリーブ破断強度(実管から切り出した試験片)より低い値を示した。これは管の外表面の浸炭によるものと判断され、ボイラ管の余寿命予測には内圧クリーブ破断試験も行う必要があることがわかった。

クリープ受託試験の現況

当研究所は、昭和42年に制定された「金属材料技術研究所クリープ試験受託規程」（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、企業等からの委託を受け、クリープ試験を実施している。

昭和42年度に開始してから昭和60年度まで19年間を経過したが、ここでは60年度の試験実施状況

について報告する。

受託試験受理状況は下表に示すとおりであり、昭和60年度については、件数が59件（前年度よりの継続27件、新規32件）、試験片数408本、延試験時間が1,149,494時間で、試験片1本当りの平均試験時間は、クリープ試験が3,689時間、クリープ破断試験が2,283時間である。

受託試験受理状況

区 分		42～59年度	60年度	計	
クリープ 試 験	受 理 件 数(件)	126	13	139	
	温 度 別 試 験 片 数 (本)	300 ～ 600℃	842	94	936
		601 ～ 800℃	110	14	124
		801 ～ 1000℃	105	0	105
	小 計	1,057	108	1,165	
クリープ 破断試験	受 理 件 数(件)	363	19	382	
	温 度 別 試 験 片 数 (本)	300 ～ 600℃	3,048	129	3,177
		601 ～ 800℃	1,080	57	1,137
		801 ～ 1000℃	608	35	643
	小 計	4,736	221	4,957	
合 計	受 理 件 数(件)	489	32	521	
	試 験 片 数(本)	5,793	329	6,122	

【特許紹介】

Ni基耐熱合金

発明者 山崎道夫・原田広史・小泉 裕
呂 芳一・小野寺秀博

公 告 昭和60年4月16日 昭60-14825

特 許 昭和60年11月29日 第1290646号

ジェットエンジンや発電設備などに用いられるガスタービンの出力、熱効率を向上させるためには燃焼ガス温度を上昇させることが最も有効な手段とされている。しかし、そのためには最も苛酷な状態で使用されることとなる動翼材用新材料の

開発が不可欠である。すなわちこの新材料は従来材に比較しより高温での使用に耐えかつガスタービンの起動・停止に伴う熱疲労特性が優れていなければならない。

本発明はCo5～18%、Cr14～16%、W9～11%、Al2～3%、Ti4～5%、C0.05～0.2%、B0.01～0.05%、Zr0.001～0.2%を含有し残部Niより構成される合金であり、900℃の実験では従来の耐熱合金の約3倍の高温疲れ特性を有している。しかもTa、Nb、Mo等の高価な元素を含むことがないので安価に製造することができる。本合金はTM-104と命名され上述したガスタービン用として広く普及することが期待される。

◆ 短 信 ◆

● 海外出張

下田 正彦 材料物性研究部第1研究室研究員
第18回半導体物理に関する国際集會に出席のため8月9日から8月18日までスウェーデンへ出張した。

通巻 第333号

編集兼発行人 加藤 公輝
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)359-3841 (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 1 5 3