

# NO. 6

# 金材技研 1983

# ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

## 金属加工における熱の挙動を手軽に解析

—— パソコンで熱の流れを追う ——

昔から、金属と熱は切っても切れない間柄にある。二千年の歳月を生き、鉄の歴史の中で最大の傑作と言われる日本刀が、それを雄弁に物語ってくれる。優れた日本刀は、鋼の硬さとねばさという相反する性質を一本の細い刀身に合せ持ち、その表面には沸と匂などの美しい模様が浮き出し、世界に誇る芸術品となっている。これらの性質は鍛錬と焼き入れの際の加熱温度や冷却速度に依存する金属組織の変化をたくみに利用したものであり、他に類のない卓越した金属組織の調整技術によるものである。

しかし、かの正宗や村正のような名匠といえども、刀の性質と金属組織の関係を知らなかったわけではない。それどころか、焼入れのときの決め手となる加熱と冷却の温度調節は、親方から伝わる秘伝と経験と勘だけが頼りであった。そのため、鍛冶場の「火かげん・湯かげん」は秘中の秘であり、焼入れ温度は、赤熱した鋼の色を見て、「夏の夜の山の端から出づる月の色」などという文学的表現で言い表わされていた。

金属顕微鏡や温度計などの観察・測定機器が金属の研究に利用されるようになり、他方で化学や物理学などの近代科学が成立すると、金属と熱との関係は経験と勘から金属の科学へと発展し、今では熱の加え方、冷却のし方がわかれば、金属の性質がどのように変化するかを正確に知ることが

できる。

ところが、物の形が複雑になると熱の伝わり方は単純ではなくなり、熱を加えたときにどの部分がいつ、どのような温度になるかを理論的に予想するのは容易ではない。溶接や熱処理などでは形が単純である場合の方がむしろまれであり、熱の伝わり方を熱伝導の理論から求めるには膨大な計算をしなければならない。普通は大型コンピュータを使って計算するが、これにも泣き所がある。

大型コンピュータは演算速度が速く記憶容量も大きいですが、誰でも手軽に使えるというわけではなく、計算させるためのデータの前処理と後処理に多大の時間を要し、そのうえ、多くの場合コンピュータを使う順番待ちなどという計算そのものには何の関係もない時間も考慮に入れておかなければならない。

当研究所では、広く普及しているパーソナルコンピュータを使い、大型コンピュータの泣き所を補い、かつ大型コンピュータに匹敵する高精度・高速演算が可能な熱伝導計算システムの開発を進めている。このシステムにより、溶接や熱処理などに際しての複雑な熱伝導を手軽に計算することができ、熱による金属のさまざまな性質変化を容易に予測することができる。

# 熱伝導理論をより使いやすく

## — 複雑な形状の熱伝導自動計算システムを開発 —

このシステムは、パーソナル・コンピュータを用いて二次元及び三次元の非定常状態での温度分布を対話形式で簡便に計算するものである。

本システムの特長は、温度分布を計算したい任意の形状の物体の輪郭と任意の形状の熱源をブラウン管画面上に図示するだけで自動的に初期条件及び境界条件の処理が行える機能を有し、誰でも容易に取扱えることである。更に、熱伝導計算の演算法手法に関しても合理性を追求し、大型コンピュータに匹敵する高精度でかつ高速の演算が可能となっている。

図1は、物体の一部を一定時間加熱した時の加熱・冷却曲線の算出についての基本的な処理手順例である。まず①では、温度を計算したい物体の立面図・平面図を、あるいは、箱・筒などの中空構造物ではその展開図をブラウン管画面上に示される座標上にキーボード操作により描く。図2は1面が開放されている中空の箱を対象にした時で、その展開図を画面上に描いた例である。②では、考察したい位置を座標で、また考察したい時間範囲

をそれぞれ入力する。次に③で物体のどの部分をどのような形状で加熱するかをキーボード操作により描く。加熱部分は図2のように画面上に市松模様で表示される。最後に加熱する時間を入力すると④の高速熱伝導計算ルーチンへ移行する。⑤で加熱による入熱量を入力すると加熱・冷却曲線が⑥で出力される。この結果が満足でなければ⑤へ戻り加熱の入熱量を制御するか、あるいは③へ戻り加熱すべき範囲、加熱する時間を制御する。以後この操作を繰返し希望する条件を効率よく見出す。図2の例で、①の図面を画面上に描く操作から⑥で計算された加熱・冷却曲線を得るまでの総時間は7～8分である。

この開発は、現在進められている熱伝導シミュレータの開発の一環としてなされているもので、その心臓部とも言える熱伝導計算処理をどんな形状の構造物にも対応して自動的に高速度で行うことにより、溶接における熱の流れの挙動を簡便に把握し、熱による金属学的及び力学的な検討の際に役立てるためのものである。

このシステムは、溶接のみならず、熱を使用するすべての金属加工における温度場の解析に適用できるもので、現在この実用化を検討している。更に、数値的には熱伝導と同様に扱える拡散現象に対しても適用できるであろう。

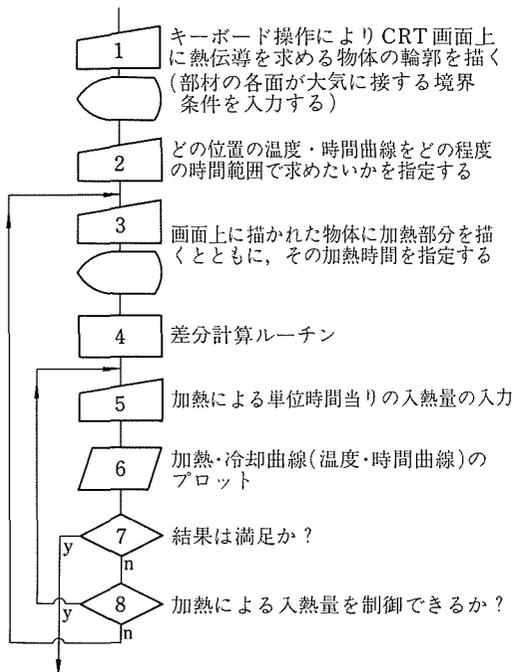


図1 自動計算システムの操作手順

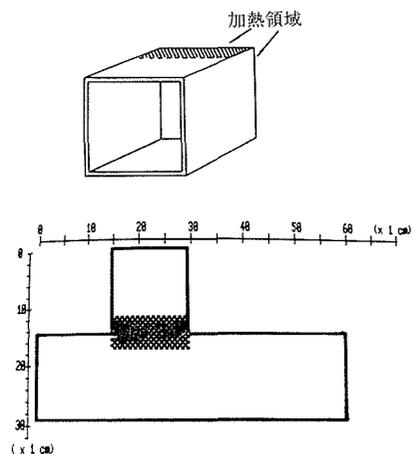


図2 1面が開放されている中空の箱の展開図のCRT画面の表示例

## 巨大単結晶でモリブデンの耐熱性向上

モリブデンは融点が2625℃であり、高温での機械的性質がタングステンに次いで優れた金属である。

しかし、一般の多結晶モリブデンは、高温での再結晶にともない結晶粒界が脆弱化するため耐熱材料としての特質を十分に発揮することができない。任意の形状のものを粒界を全く含まない単結晶でつくることができれば、構造用耐熱材料あるいは機能材料としての利用分野を著しく拡大できる。

当研究所では、モリブデンにIIa族元素を微量添加した多結晶体を熱間又は温間加工により強加工を加えた後、高温で焼鈍することにより再結晶粒を異常成長させ、巨大な単結晶を得る方法を開発した。

この方法では、焼鈍前に任意の形状に成形加工したり、各種の機械加工を施したものでも全体を容易に単結晶化することができるので、従来得ることが困難であった複雑な形状の大きなものを、融点直下の温度まで脆化しない単結晶で作ることができる。

(機能材料研究部)

## 薄膜状非晶質水素同位体貯蔵合金の開発

一般に、水素貯蔵合金は水素吸収放出の繰り返しにより粉化する。このため、配管部にフィルターを設置して放出時の合金粉末の流出を防いでいる。しかし、低圧の水素同位体を回収するゲッターとしての利用を考えた場合、フィルターの存在はガス通過の抵抗となるので好ましくない。

当研究所では対応策として、水素同位体の貯蔵合金を薄膜、非晶質化することを行っている。しかし、薄膜化したFeTi、NiTi合金の場合は、大気にさらすことにより全く水素を吸収しなくなる。このため、合金薄膜上に更にパラジウムを数〜数10nmの厚さに被覆することによって酸化を防ぎ、活

性化処理なしに容易に水素を吸収放出させることに成功した。

また、この非晶質合金は水素の吸収放出にさいして粉化しないばかりか、結晶質合金にない様々な特性をもっていることが判ったので、更に詳細な検討を加えている。

(機能材料研究部)

## 金属窒化物超微粒子の新しい製造法を開発

セラミックス超微粒子(酸化物、窒化物、炭化物など)は新機能材料として注目されつつあるが、これら超微粒子の製造法も開発途上のものであり、種々方法が試みられている。

当研究所ではアークプラズマガスの活性化状態を利用して、セラミックス系超微粒子の新しい製造法の開発を試みており、今回はTi、Zr、Al、など、窒素との親和力の強い金属を対象に、これら金属の窒化物超微粒子化に成功した。この方法では、窒素雰囲気中で金属をボタンアーク溶解することにより、アークで解離した原子状窒素が金属と激しく反応し、極めて容易に超微粒子化される。

例えば、Tiの場合、溶融Tiのアークスポット付近よりTiが燃焼するかのように、黒煙を生じて、黒色のTiN超微粒子(平均粒径45nm)が得られた。Tiよりも窒素との親和力の弱いAlの場合には、AlとAlN超微粒子の混合した灰色の超微粒子で、従来法では得られない新素材を提供するものである。

(機能材料研究部)

## 疲れストライエーション間隔の自動測定

繰返し荷重の下で材料が疲れ破壊するとき、一般にその破断面には荷重の繰返しごとに割れが徐々に進んで行った痕として、ストライエーションと呼ばれる細かな縞もようが残される。縞の間隔は、原理的に作用荷重の大きさに対応するため、航空機をはじめとする機械・構造物の破壊事故の原因調

査などに重要な手掛りとなり得る。

通常、対象となるストライエーションの間隔は1万分の1mm程度なので、測定には電子顕微鏡が用いられるが、金属組織などの影響によるばらつきも大きいので、間隔の測定は必ずしも容易でない。

そこで疲れ破壊させた試験片破面の電顕写真上の濃淡を一連の数値信号に置き換え、電子計算機を用いて高速フーリエ変換により解析した。その結果、実験結果の割れ進展速度と良く一致するストライエーション間隔が求められた。これは電子顕微鏡による破面解析の一法として、広い応用範囲をもつと考えられる。(疲れ試験部)

## 600〜1000℃における800H合金の高温強度特性 NRIM/CDS/No.26A, 27A

5年前に発行された金材技研クリープデータシートNRIM/CDS/No.26(NCF800H TB)熱交換器用継目無ニッケルクロム鉄合金管とNo.27(NCF800H-P)耐食耐熱超合金板が最新のデータを加えて増補改訂され、No.26A、No.27Aとして昭和58年3月31日付で刊行された。No.26A及びNo.27Aでは、最長約5万時間までの破断データ(破断時間の総和は両方合わせて約137年に相当)を含むだけでなく、試験前の顕微鏡組織や10万時間破断強さの推定値も表示されている。

NCF800H合金は、通常の300系オーステナイトステンレス鋼と比べて1000℃付近までの耐酸化性、耐硫化性及び耐浸炭性などで約3倍以上の抵抗性を持っているので、発電用ボイラの高圧・高温・高圧化や高速炉の大型実証炉用材料として、特にその将来が期待されている。本データシートでは、初版の800、900、1000℃に加えて600及び700℃の2温度における破断データを補充することにより、新しいニーズに答えている。

(クリープ試験部)

## 【特許出願速報】

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
57.4.30	71461	繊維分散型Nb <sub>3</sub> Sn超電導線材の製造法	57.12.8	213948	ハンダによるろう接可能なアルミニウム基合金
57.6.11	99251	酸素を含む水素貯蔵用合金の粉粒状または薄片状化法	57.12.24	230405	赤外線温度測定装置 (株)ジャパン・センサー・コーポレーションとの共同出願)
57.9.25	166025	熱発電材料	58.1.28	11322	超高純度水素同位体の供給回収装置
57.9.25	166026	形状記憶チタン合金	58.1.31	12928	モリブデン巨大粒または単結晶及びその製造法
57.9.25	166027	金属窒化物超微粒子の製造法	58.2.15	22200	バルジ加工法
57.9.29	168467	Ni基耐熱合金	58.2.15	22201	金属の成形と同時に内面被覆する方法
57.11.16	199765	電気炉	58.3.4	34640	高温熱安定性に優れた炭化チタン被覆材料
57.11.26	205982	V-Ti-Ta系超電導マグネット用線材及びその製造法			
57.11.29	207642	極細多芯Nb-Ti系超電導線の製造法 (東京芝浦電気(株)との共同出願)			

## 【注目発明の選定】

科学技術庁は研究開発の優れた成果を一般に周知し、その実施化の促進を図るため、優れた発明を「注目発明」として選定し公表している。

昭和57年度は当研究所の右記の発明が「注目発明」に選定された。

発明の名称	発明者
◎金属微粒子の製造方法	宇田雅広 大野 悟 星 勉
◎電子ビーム溶接法	橋本達哉 稲垣道夫 入江宏定 塚本 進

## ◆短 信◆

### ●受 賞

#### 科学技術庁長官表彰（業績表彰）

下記の者は以下の業績に対し、昭和58年5月19日（科学技術庁創立記念日）に表彰を受けた。

#### 新居和嘉 腐食防食研究部長

鉄鋼材料の自己修復性被覆法の研究に従事し、特に窒化ホウ素の被覆条件を確立し、超高真空装置材料の開発に貢献した。

#### 古林英一 強力材料研究部長

鉄鋼材料の再結晶組織とその制御法の研究に従事し、再結晶の機構の解明とその応用技術の発展に貢献した。

#### 岡田雅年 原子炉材料研究部第2研究室長

核融合炉表面被覆材料の研究に従事し、耐熱性・耐照射性に優れた材料の開発に貢献した。

#### 永井秀雄 クリープ試験部

高温用材料のクリープ試験研究に従事し、試験用熱電対の測温点溶接を自動化し、その作業能率の向

上に貢献した。

### ●海外出張

太刀川恭治 極低温機器材料研究グループ総合研究官  
日米核融合研究協力・交流計画に基づく「高磁界超電導材料」に関する研究調査のため昭和58年5月22日から昭和58年6月3日まで、アメリカ合衆国へ出張した。

### “好評だった「中学生のための金属教室」”



科学技術週間行事の一環として4月23日(土)、地域の中学生など、約120名の参加を得て「中学生のための金属教室」が、盛況のうちに開催された。

通巻 第294号

編集兼発行人 越 川 隆 光  
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)

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