

金材技研 1979

科学技術庁

NO.6

ニュース

金属材料技術研究所

マルエージ鋼の冷間圧延による強靱化

Ni, Co, Mo を多量に含むマルエージ鋼は、強度および靱性において優れた超強力鋼である。マルエージ鋼は従来主として18%Ni系マルエージ鋼を中心に開発が進められ、現在引張強さ 2400 N/mm²までの鋼種が実用化されているが、宇宙開発、海洋開発、原子力開発などの最先端技術分野における需要の拡大にともない、さらに強度と靱性に富むマルエージ鋼の開発が望まれている。13%Ni マルエージ鋼は 2740N/mm²の引張強さが得られるが、この鋼を実用化するには、さらに延性、靱性の向上を図る必要がある。延性、靱性の向上を図るには冷間圧延が極めて有効な手段である。

強力材料研究部では、13Ni-15Co-10Mo マルエージ鋼の開発を行っているが、現在これら開発研究の一環として冷間圧延後に時効を行なう加工熱処理法を適用して、強靱性の向上を図っている。

この鋼に冷間圧延を行なうと、平滑引張強さは圧延率の増加とともに単調に増加していくが、伸

び、絞りは横ばいないしは単調に減少する傾向にあった。一方、切欠引張強さは圧延率が60%を越えると急激に低下した。図は靱性の目安となる平面歪破壊靱性値 K_{Ic} と冷間圧延率の関係を示したものである。 K_{Ic} は圧延方向、圧延直角方向とも圧延率の増加とともに急激に上昇していき、特に圧延方向ではその上昇の程度が著しい。写真は K_{Ic} 試験後の破面である。破面全面にディラミネーションと呼ばれる直線状のき裂が認められるが、このき裂は試験片中に予め発生させておいた疲労予き裂の先端部での3軸応力の存在によって結合力の弱い面が割れたことによって生じたものである。ディラミネーションが生じると靱性は見掛上向上する。この見掛上の靱性の向上と、圧延による材料自身の靱性の向上とが相重なって K_{Ic} は図のように急激に上昇したものであると思われる。以上の結果から、圧延率が60%付近で良好な強度と靱性の組み合わせが得られることがわかった。

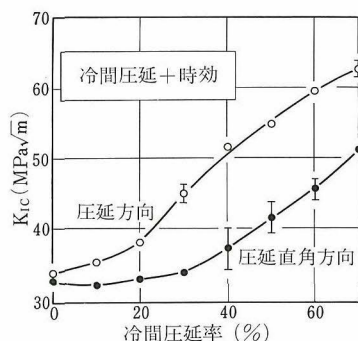


図 平面歪破壊靱性値 K_{Ic} と冷間圧延率の関係

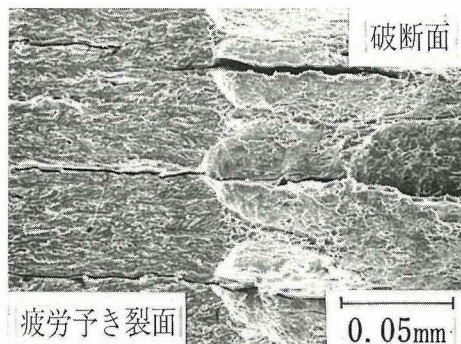


写真 70%冷間圧延した圧延方向試験片の K_{Ic} 試験後の破面

高張力炭素繊維強化ニッケル基複合材料

現在単一材料で得られる構造材料の機械的性質は限界に近づきつゝある。これを克服する方法として二種以上の素材による複合化が注目され、特に軽量でしかも高強度の材料の開発が強く求められている。

非鉄金属材料研究部ではこの目的に対し、密度が約 1.8g/cm^3 と小さいにもかゝらず 2450N/mm^2 の高強度を持ち、しかも 2000°C 以上の高温まで室温の強度が維持される炭素繊維を強化材とし、Ni をマトリックスとした複合材料の研究を行って来た。この複合材料は直径約 $8\mu\text{m}$ の細い炭素繊維表面に初期電流密度 0.3A/dm^2 として一定電流で Ni を電析したものを多数集積し、 600°C で15分間高温加圧することによって製造した。複合材料中の繊維含有量は Ni の電析量により制御した。得られた複合材料の断面の一例を写真に示す。

これらの複合材料の繊維含有量に対する引張り強さの関係を図に太線で示す。通常 Ni は上記加圧成形のような熱的条件においては焼鈍され、引張り強さは 335N/mm^2 程度になる。強化繊維の強さとマトリックスの強さのそれぞれに各組成比を乗じた値を合計したものは複合則値と呼ばれるが、これによってこの複合材料の持ち得る強さを計算した結果を同図中に細線で示す。これら2つの強さを比較すると実際に得られた複合材料は例えば $10\text{vol}\%$ 炭素繊維含有量の場合 980N/mm^2 であり、理論値の2倍近くもの強さを示している。

この原因は電析させた Ni と通常の Ni とでは機械的特性が異なることにあると考えられる。そこでこの検討を行うため電流密度を変えて平板上に電析した Ni お

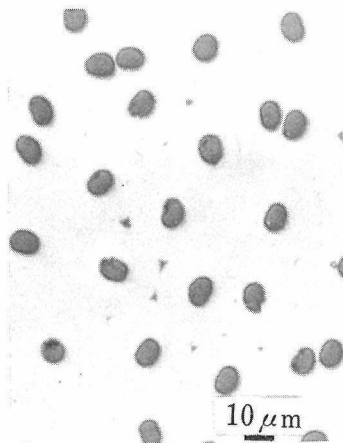


写真 10vol% 炭素繊維を含む、Ni 基複合材料の断面

よびその後の熱処理による Ni の引張り強さと結晶構造の関係を調べた。その結果まず電析 Ni は電析電流密度が高い程結晶粒の配向性が高くなる傾向を示した。しかし結晶粒径は電析電流密度によらずほぼ一定で $1000\text{\AA}$ 以下であり、また全ての試料は 686N/mm^2 以上の強さを示した。つぎに電析 Ni を複合材料の成形時と同条件の 600°C で15分間保持し、その強さおよび結晶構造を調べた。その結果低電流密度で電析した配向性の小さい Ni は結晶粒の成長が起り難く 588N/mm^2 以上の強さを維持していた。これに対し高電流密度で得た配向性の高い Ni は加熱により結晶粒の配向性がさらに高くなるとともに結晶粒の成長が容易に起り、引張り強さは 294N/mm^2 以下にも低下した。

すなわち円形断面の炭素繊維上に一定電流で Ni を電析した場合 Ni 電析に伴い繊維が太くなり表面積が増加するため電流密度は漸次小さくなる。このようなものを素材として高温加圧法によって製造した複合材料では、低繊維含有量の場合焼鈍され難い Ni がマトリックスの主体となるため高温加圧後も高強度を維持している。これに対し高繊維含有量の複合材料では焼鈍され易い Ni がマトリックスの主体となるため加圧時の高温により Ni の強さが低下することが明らかになった。

これらの結果より上記の方法で製造した複合材料では従来の理論のように単一のマトリックス強さをを用いた複合則を適用出来ないことを示し、また複合材料の製造条件として低電流密度を採用することによって高強度の複合材を得ることが可能であることを明らかにした。

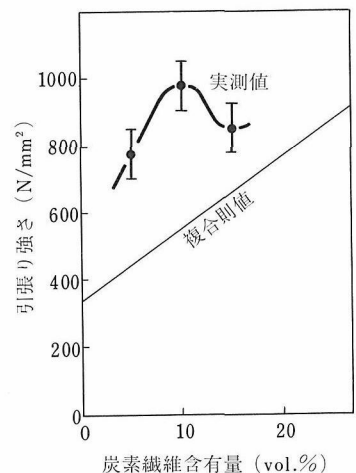


図 複合材料の引張り強さ

鋼の疲れストライエーションとき裂伝ば速度の対応範囲

鋼の疲れ破面には写真1に示すように互いに平行な細かい縞模様がみられる場合がある。この縞模様は応力の繰返し1回毎にき裂が伝ばした跡で、ストライエーションと呼ばれ、鉄鋼材料の場合その間隔は $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の範囲で巨視的き裂伝ば速度と一致するとされている。そこであらかじめき裂伝ば速度と作用応力との関係データを求めておけば破面観察から作用応力が推定可能なため、疲れが原因となる事故破壊調査に利用されている。しかし従来のデータは小型試験片で測定したものが多く実際の構造物など大型の場合の破壊調査などには、データの適用限界に疑問があった。疲れ試験部ではふつうの約10倍の大きさをもつコンパクト型疲れ試験片（幅：400mm、板厚：10mm）を用いて、高伝ば速度領域まで、疲れき裂伝ば特性を精度よく求め、その破面を観察しストライエーション間隔と巨視的疲れき裂伝ば速度との対応について検討している。

図に SM58Q 鋼の場合についてストライエーション間隔(s)と巨視的疲れき裂伝ば速度(da/dn)との関係を示す。図中のプロットが今回得られた結果で、実線は $s = da/dn$ を表わす。また破線で

囲んだ部分は従来から得られているデータの範囲である。今回のデータでは da/dn が約 $70 \mu\text{m}/\text{回}$ までの広範囲にわたって s と da/dn とがよく一致している。 $da/dn = 70 \mu\text{m}/\text{回}$ のときに観察される大きな間隔の疲れストライエーションの例を写真2に示す。矢印ではさんだ間隔が s を表わし、ほぼ da/dn に一致している。

SM58Q鋼の幅400mmの試験片の場合、正味断面部分に作用する応力が材料の降伏応力を越える位置における応力拡大係数範囲 ΔK *註は約 $200 \text{MN}/\text{m}^{3/2}$ に達し、小型試験片で得られる値より3～5倍大きい。SM58Q鋼のように高 da/dn 領域までストライエーションが中心となる破壊様式の場合には試験片幅を大きくすることにより ΔK が精度よく測定できると考えられる。

以上のことから SM58Q 鋼の場合には da/dn が $0.1 \sim 70 \mu\text{m}/\text{回}$ と非常に広範囲にわたってストライエーション間隔と一致しており、ストライエーション間隔が事故調査などに利用可能であることがわかった。

*註 き裂先端における応力集中の程度をあらわすパラメータ。

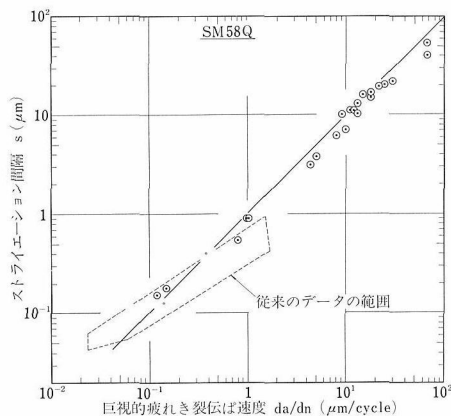


図 SM58Q 鋼の巨視的疲れき裂伝ば速度とストライエーション間隔との関係（応力比 $R = 0$ ）

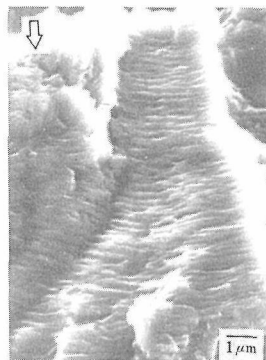


写真1 SM58Q 鋼の疲れストライエーション（ $\Delta K \approx 32 \text{MN}/\text{m}^{3/2}$, $da/dn = 0.12 \mu\text{m}/\text{回}$ ）

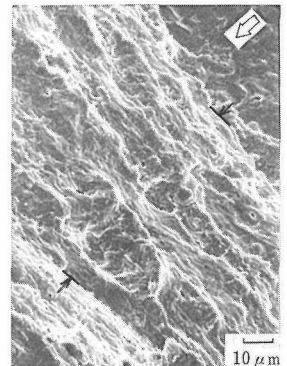


写真2 SM58Q 鋼の高 da/dn 領域において観察される疲れストライエーション（ $\Delta K \approx 270 \text{MN}/\text{m}^{3/2}$, $da/dn = 69 \mu\text{m}/\text{回}$ ）

Impression from NRIM

M. Lähdeniemi
(Visiting Scientist from
University of Turku, Finland)

I want to give a short description from my impressions and experiences in NRIM concerning the period from Dec. 16th, 1978 to March 31st, 1979. Because the staying period is only three and a half months, perhaps some of my impressions are wrong, so I eagerly accept the explained corrections.

When I came to NRIM, I was a little bit afraid about my staying period especially concerning the attitude of the researchers of NRIM, but wherever I went I was faced with a kind and helpful attitude and atmosphere, which made my research work very fluent, so I have spent one of the most important research period of mine in NRIM.

I have been working in the Second Laboratory of Metal Physics Division, but I have also made acquaintance with other parts of NRIM. And the conclusion is that the research work of NRIM is effective and the research projects of the Institute are internationally important and they have very close relations to actual applications.

I had also possibility to take a look on the Tsukuba Science City where the first part of new buildings and also equipments of NRIM has been completed. The idea of concentrating of research institutes, common services (e.g. computer facilities), and higher education to the same region is very useful and also economical. I really hope that the previous idea will work well, because there are also some dangers in it. I have also detected some negative viewpoints in NRIM, e.g., We have to remember that there is no applied research without basic research; so to preserve the level of high quality research, better computer facilities will be

needed. I'm also surprised that there is no XPS-and UPS-instrument, which is really important in research field of NRIM.

Concerning the effective work of researches, there are some things which are decreasing the working power, e.g., type-writing, cleaning, copying, etc., because secretary persons should take care of these kind of things and then researchers will have much more time for their actual work.

My staying in NRIM was mainly supported by Science and Technology Agency. But on my staying period the cultural exchange contract between Japan and Finland was under-signed (in December, 1978), and the head of Academy of Finland visited in Japan (in February, 1979), and also the Scientific Attache of Embassy of Finland visited in NRIM. So in the future, we'll have better possibilities for the exchange of specialists between Japan and Finland, so in the future it is possible to see a specialist from NRIM in Finland.

I wish to thank Science and Technology Agency of Japan for the grant (staying money), and Academy of Finland (travelling money).

I am glad of this opportunity of expressing my deepest thanks to Dr. A. Yoshikawa (Head of Second Laboratory of Metal Physics Division) making this visit possible, for his guidance and encouragement throughout the work and for arrangements of my visit in different research laboratories and institutes.

Thanks are also due to the members of the laboratory for making my stay with them such as pleasant and valuable experience and for many discussions and pieces of advice. In particular, I wish to thank Dr. M. Okochi for the nice co-operation and several helpful discussions.

I also thank the management of NRIM for many practical and financial arrangements.

◆短 信◆

●人事異動 昭和54年5月1日付

採用 管理部長 松原伸一 (理化学研究所ライ
フサイエンス推進部企画調査課長)

退職 管理部長 榊原賢二

●海外出張

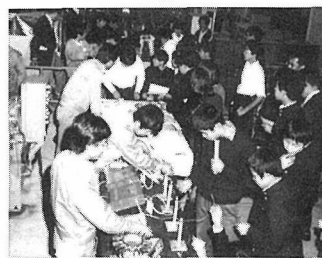
梶原節夫 (非鉄金属材料研究部主任研究官)

相変態とそれに関連した機械的性質に関する研究のため、昭和54年5月13日から昭和54年7月1日まで、ベルギー国、西独国、スイス国、オーストリア国及び米国へ出張した。

好評だった中学生のための金属教室

科学技術週間行事にちなみ4月21日、地域の中学生を対象に「中学生のための金属教室」を実施した。

写真 金属の熱に対する性質を実験して調べる中学生



通巻 第246号

編集兼発行人 坂内 富士男
印刷 株式会社三興印刷
東京都新宿区信濃町1-2
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