

誌 上 討 論

(論文) 準安定および安定オーステナイト鋼
の疲労挙動堀部 進・関 勇一・藤田利夫・荒木 透
鉄と鋼, 64 (1978) 2, pp. 278~287

【質問】 東北大学 須藤 一

本研究の考察の出発点となっている Fig. 2 について質問させていただきます。

30Ni 鋼の M_s 点が -20°C であるのに「疲労前の試験片表面には 6~7% の表面マルテンサイトが形成されていた」(p. 281, 左11行目) のは試験片作製時の加工のためでしょうか。もしそうだとしますと、疲れ試験は表面効果が著しいのが通例ですが、特にシェンク型では曲げでありますから、表面効果が決定的に効いてきます。表面で応力が最大になりますので、Fig. 2 で $N=10^3$ のところの時間疲れ強さが Fig. 1 で示されている一軸引張り強さを越えることもあり得るわけでしょうが、このような異常性からも表面効果の重要性がうかがわれます。したがって、試料表面の状況に充分注意しないと、結論に重大な影響を及ぼしかねません。Fig. 2 で $N=10^6$ の疲れ強さが 38Ni, 25Ni-16Cr 鋼で不破断の点を通っていますが、 10^6 以前で水平に折れ曲ると考えたほうが妥当でしょう。そして 30Ni 鋼との差が小さくなり、疲労データのバラツキの通性から、3 供試材の耐久限に有意差があるかどうか心配になります。さらに 30Ni 鋼と 38Ni 鋼とを較べますと、30Ni 鋼のほうが不安定ですから、引張試験でマルテンサイト形成により引張強さが 38Ni 鋼よりも高くならなくてよいのでしょうか。これが等しかったのは Ni の固溶強化量のほうがマルテンサイト強化量よりも勝っていたとも解釈されるでしょうが、それでは Fig. 2 で $N=10^2\sim 10^3$ のような低サイクル疲れで 38Ni 鋼が高い時間疲れ限を示す理由を何と考えたらよいか、難しい問題のような気がします。

いろいろ申し述べましたが、要するにシェンク型試験では表面状態の効果が強く入りますので、30Ni 鋼の表面状態(マルテンサイト量、これに伴う内部応力分布、負荷のしかたによるコーキング効果など)についてどのように評価、御配慮されたかについてお伺いいたします。

【回答】 金属材料技術研究所 堀部 進・荒木 透
東京大学工学部 関 勇一・藤田利夫

1. 表面マルテンサイトの形成原因について

試験片の作製方法は、研削加工→機械研摩(05 Emery paper)→熱処理(Ar 雰囲気中)→電解研摩という手順をとっており、「表面マルテンサイト」は加工によつて

生じたものではありません。 M_s 点は約 -20°C であるため常温で内部にマルテンサイトが形成されることはありませんが、30Ni 鋼では表面の M_s 点が内部のそれよりおよそ 30°C 高いことが報告¹⁾されており、このために 6~7% の「表面マルテンサイト」が形成されたものと考えられます。

2. 表面効果の重要性について

曲げ疲労における時間疲れ強さ(at $N=10^3$)が一軸引張強さを越えるということは、前者が後者よりも単に力学的に塑性不安定になりにくいということにすぎません。表面効果が影響しているなら逆に引張より曲げの方が早く不安定条件を満たすことになつてもよいと思われまふ。また本論文で表示している一軸引張の応力は真応力ではありませんので、みかけ応力の大小で議論しても意味を持ちません。したがってこれを異常性というのは適当ではないと思われまふ。

また論文中の曲げにおける応力や歪の値は表面における値であつて、表面にそれらの値以上の大歪が生じているわけではありません。これは実際に試験片表面にゲージを貼付して確認しております。

3. 耐久限について

耐久限については 10^3 サイクル以上のデータをとっていませんのでこれについての論述は推測の域を出ません。

しかしながら 30Ni 鋼の繰返し塑性挙動はマルテンサイト生成に依存する変化分を差し引けば 38Ni 鋼のそれに極めて類似しているため、疲労過程でマルテンサイトが形成されないような低応力負荷の場合には、御指摘のように両鋼種の疲労寿命に有意差が認められないことも考えられますが、本論文 Fig. 5 に示したように 14 kg/mm^2 の応力を作用させた場合にもマルテンサイトは形成されているわけであり、 $\sigma_a < 33\text{ kg/mm}^2$ で 30Ni 鋼の方が優れている傾向はかなり低い応力負荷の場合にもあてはまるであろうと考えております。

4. 30Ni 鋼と 38Ni 鋼の引張強さが等しかった理由について

御指摘の解釈でよいと思います。

5. 「低サイクル疲れで38Ni鋼が高い時間疲れ限を示す理由」について

高い「時間疲れ限」という表現をとつておられますが、この語句は曖昧ですから「時間疲れ強さ」と書き改められるよう要望いたします。

この現象については「38Ni 鋼と 30Ni 鋼を比較した場合、高応力振幅下では 30Ni 鋼が劣る。」と解釈していただきたいわけであり、この現象の原因を解明するのが本論文の目的の1つなのです。すなわち高応力負荷に

より急速にマルテンサイトが形成されると、その bundle 交差する旧 γ 境界にき裂が発生されやすくなり、またそこは格好のき裂伝播経路ともなり得るわけです。このようにき裂の発生寿命と伝播寿命の両者の低下が低サイクル領域において 38Ni 鋼よりも 30Ni 鋼の方が疲労寿命が短い原因なのです。この事は本実験結果により明らかになったと考えております。

6. 30Ni 鋼の表面状態 (マルテンサイト量、これに伴う内部応力分布、負荷のしかたによる coaxing 効果)について

試験片作製における表面状態に関しては細心の注意を払っており、前述したように疲労前の表面マルテンサイトは加工誘起によるものではありません。

また生成マルテンサイトの定量を行なっていますが、これはX線による反射法ですから表面下 50μ 程度までの情報が得られているわけです。当然内部にいく程、マルテンサイト量は少なくなりますから表面に圧縮応力

が、内部に引張応力が生じていると考えられます。とすれば早い時期に表面層に多量のマルテンサイトが形成されれば疲労抵抗が大ということになりますが、実際には(本研究結果では)逆であり、このような内部応力分布の影響というものは、かかる鋼種の疲労挙動にあまり大きな影響を与えているとは思われません。

本実験は定荷重試験であり、また試験片作製時の加工の影響もありませんので、いわゆる coaxing 効果はないはずです。したがって、疲労過程での表面の変化はマルテンサイト形成とどう関係しているかということで論ずるのが妥当と考えられます。すなわち高応力負荷の場合と低応力負荷の場合とでマルテンサイト形成の時期および速度が異なり、前者の場合、加工誘起変態がかかる鋼種の疲労特性にマイナスに作用し、後者の場合プラスに作用すると考えております。

文 献

- 1) 本間: 日本金属学会誌, 21 (1957), p. 122