

(679) 極低温くり返し応力下での試験片の温度上昇

金属材料技術研究所 ○ 緒形俊夫・石川圭介・長井寿・由利哲美

1. 緒言 液体ヘリウム温度 (-269C) 付近の極低温において材料試験を行うと、材料の比熱および熱伝導率が常温と比べて極めて小さくなっているため、塑性変形によるわずかの発熱によっても試験片温度が大きく上昇する。これは極低温における材料試験の特徴であり、特に疲れ寿命を求める試験では発熱しない周波数で長時間の試験を行わなければならない。この温度上昇についての報告はこれまでも幾つかあるが、試験片内部の温度についての報告はほとんどない。著者らはこれまでに極低温引張試験におけるひずみ速度と温度上昇の関係を詳細に調べてきたが¹⁾、今回は極低温でのオーステナイト系ステンレス鋼の疲れ試験における試験片内部の温度上昇について調べた結果を報告する。

2. 実験方法 供試材はオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304L と SUS310S の熱間圧延材である。また比較のために熱伝導率の大きい OFHC 銅の冷間加工材の温度測定も行った。試験片は Fig. 1 に示すように、直径 6 mm の砂時計型である。試験片内部の温度を測定するため内径 2 mm、深さ 8.9 mm の穴をあけた。熱電対 (金-0.07% 鉄, クロメル) を挿入し、周囲の液体ヘリウムとの温度差を測定し温度上昇とした。疲れ試験機にはサーボバルサー型油圧試験機を用いて、荷重制御により三角波と正弦波について周波数 0.05-10 Hz にて、引張-引張 (R = 0.01) および引張-圧縮 (R = -1) の試験を行った。

3. 実験結果 Fig. 2 に SUS310S における三角波での試験結果を示す。図中の数字は試験応力と材料の 4 K における 0.2% 耐力との比である。R = 0.01 では試験応力が耐力までは温度上昇が小さく 10 Hz で 0.3 K 程度であり、耐力の 1.2 倍の試験応力の 1 Hz で約 1 K の温度上昇があった。これに対して R = -1 では R = 0.01 の約 100 倍もの温度上昇があり、耐力の 0.75 倍の試験応力の 1 Hz で約 0.3 K、耐力と同じ試験応力では約 10 K の温度上昇があった。また温度上昇の大きさは周波数の 0.5 ~ 0.6 乗に比例している。一方 SUS304L においては耐力が小さい割には加工誘起マルテンサイト変態によるとされる加工硬化のため、R = 0.01 においては試験応力が耐力の 1.5 倍での結果が 310S の耐力での結果に、3 倍が 310S の 1.4 倍に対応し、R = -1 での温度上昇は R = 0.01 の約 10 倍であった。温度上昇の大きさの違い、特に R = 0.01 と R = -1 との差は塑性変形量の大小によると考えられる。試験周波数の上限は、試験応力にもよるが、R = 0.01 で 5 Hz, R = -1 で 0.1 Hz 程度と言える。

参考文献 1) 緒形俊夫、石川圭介、長井寿；鉄と鋼、71 (1985), vol. 10

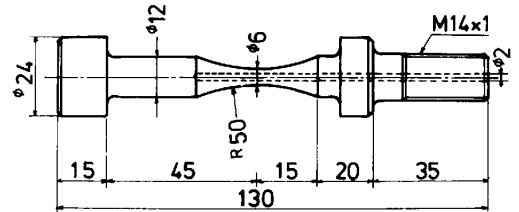


Fig.1 Dimensions of specimen.

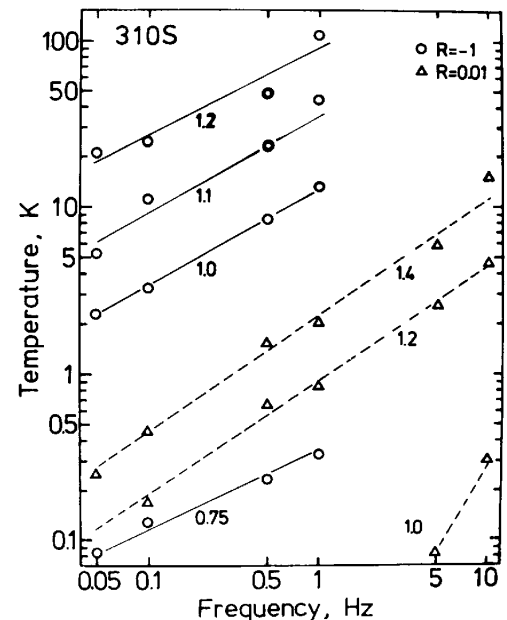


Fig.2 Internal specimen heating as a function of frequency and applied stress.