

## B205 摩耗損傷に関する実験的研究

工藤総一郎 (指導教員:北浦,正岡)

### 1. 緒言

圧延用ロール面, 工具(刃物)等の工作機械が繰り返し摩擦を受けて損傷する現象を摩耗損傷と言う。その原因として, 部材が外部から繰り返し摩擦を受けたとき, そのエネルギーの一部が部材を損傷し, 他の一部は摩擦することで熱エネルギーに変換される。<sup>1)</sup>

そこで本研究では, 上記の特性を利用して, 熱に変換されたエネルギーを温度により計測し, 材料の摩耗損傷について実験的研究を行う。その際, 金属材料の硬さの違いによる凝着が起こるまでの時間について調べた。また, 凝着までの時間を推定する方法について検討を行った。

### 2. 実験装置及び実験方法

#### 2.1 試験装置<sup>2)</sup>

Fig.1 は実験装置の概略図を示している。图中的回転部には, リボン鋼板(ブリネル硬さ 450 ± 20)を使用した。直径 5mm の試験片とリボン鋼板は, Fig.2 に示すように中心 c, 半径 R=28.5[mm]の点線上で接触し, 時計回りに回転する。試験片として, アルミニウム(ブリネル硬さ 45), 銅(ブリネル硬さ 110), ステンレス:SUS304(ブリネル硬さ 190), 鉄:s45c(ブリネル硬さ 200)を使用した。

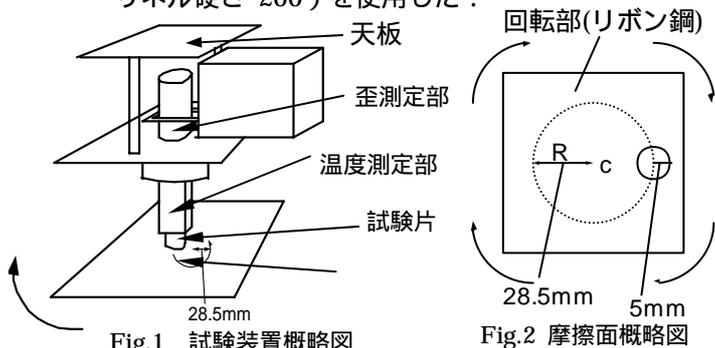


Fig.1 試験装置概略図

Fig.2 摩擦面概略図

接触面での摩擦力を求めるために必要な歪は, 摩擦面上部 170[mm]において, 歪測定部の表裏 2ヶ所で歪を測定できる。また, 温度変化は摩擦面上部 18[mm]において温度ゲージにより測定できる。試験片とリボン鋼板の接触する速度はリボン鋼板の回転数によって設定できる。ま

た, 試験装置の上部天板におもりを載せることで, 摩擦力の大きさを変化させることができる。

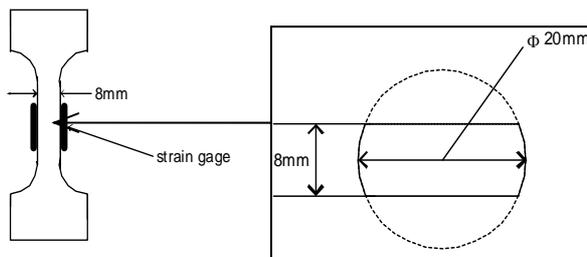


Fig.3 歪測定部概略図

#### 2.2 実験方法

2.1 で説明した試験装置を用いて, Table 1 に示す条件のもとで摩擦面の凝着が起こるまで実験を行った。銅, アルミニウム, s45c の 3 種類の材料は ~ の条件で, SUS304 は ~ の条件で実験を行った。

Table 1 実験条件

実験番号	回転数 f (回転/分)	載荷荷重(おもり+試験装置一部)(kgf)
	82	69.58
	123	69.58
	82	118.58
	123	118.58
	82	167.58
	123	167.58
	82	314.58
	123	314.58

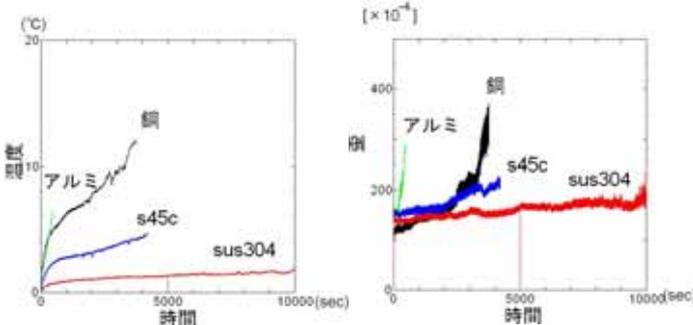
### 3. 実験結果

Fig.4 は 2.2 の方法で実験を行った実験結果であり, Table 1 の実験番号 のケースを示している。Fig.4(a)は温度と時間の関係, Fig.4 (b)は歪と時間の関係を示している。ただし, グラフ中の歪 は, 実験により測定した 2ヶ所の歪をそれぞれ a, bとして,  $\bar{\epsilon} = |a - b| / 2$  の値を用いている。

まず, 摩擦開始直後, 温度変化と歪はともに急上昇した。その後, 緩やかに上昇し, 凝着するとともに再度急上昇した。また, 温度変化と歪が緩やかに上昇する中で, その変化率が大きくなっているところがある。これは試験片とリボン鋼の一部が凝着するが, 完全には凝着せず,

凝着した部分がはがれる際に起こっているものと推測できる。

Fig.4(a)(b)の各試験片における凝着までの時間を比較すると、ブリネル硬さの低い、つまり柔らかい材料ほど凝着が起りやすいことがわかる。



(a) 温度変化 - 時間の関係 (b) 歪 - 時間の関係  
Fig4 実験番号の結果

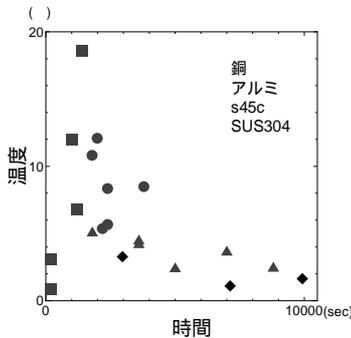


Fig.5 凝着する温度と凝着するまでの時間の関係

#### 4. 摩擦力がした仕事の算出

本研究では凝着が起こるまでの時間を推定するための一つの指標として、摩擦力がした仕事を用いた。以下にその算出方法を示す。摩擦力  $F$  によって歪測定部には(1)式で示す曲げ応力が働く。

$$\sigma = \frac{M}{I} y = \frac{FL}{I} y \quad (1)$$

一方で、実験により求めた曲げ歪より、曲げ応力は(2)式となる。

$$\sigma = E\varepsilon \quad (2)$$

(1)式(2)式より、摩擦力  $F$  は(3)式となる。

$$F = \frac{EI}{Ly} \varepsilon \quad (3)$$

となり、摩擦力  $F$  がした仕事  $W$  は摩擦力と試験片とリボン鋼板が接触した距離の積となるので、

$$W = \frac{2\pi REI\epsilon}{Ly} \epsilon t \quad (4)$$

で得られる。この時、ロードセルの断面 2 次モーメント  $I=853.3[\text{mm}^4]$  ,ロードセルで中立軸から最大応力のかかる点までの距離  $y=7.5[\text{mm}]$  ,ヤング率  $E=186[\text{GPa}]$  ,歪測定部から摩擦面ま

での距離  $L=170[\text{mm}]$  とする。

#### 5. 凝着摩耗が起こるまでの時間の推定

摩擦がした仕事  $W$  と時間  $t$  の関係を、両対数表示したものを Fig.5 に示す。仕事と時間の関係は以下の(5)式の形に整理できる。

$$W = at^b \quad (5)$$

$a=$

$b=$

4 種類の金属材料を Table 1 に示す実験条件で実験を行った時、多少のばらつきはあるものの全ての材料において(5)式を満たすと言える。このことにより、銅・アルミニウム・s45c・SUS304 と硬さの全く異なった 4 種類の材料において、摩擦がした仕事  $W$  が分かれば、凝着が起こるまでの時間を推定できると言える。

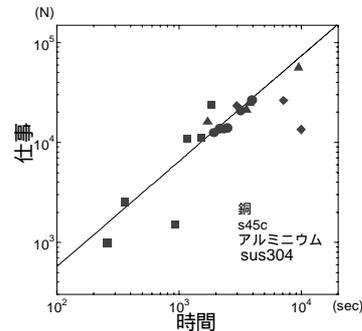


Fig.5 焼きつき時間と仕事

#### 6. 結言

本研究では、4 種類の金属材料とリボン鋼の摩耗試験を行い、凝着するまでの時間の推定法について検討を行った。これにより以下の結論を得た。

- 1) 硬い材料ほど凝着までの時間がかかる。
- 2) 硬さの異なった材料でも、凝着までの時間は摩擦力がする仕事によって推定できる。
- 3) 今後も、様々な実験条件の幅を広げて、多数の実験データを得る必要があると考えられる。

#### <参考文献>

- 1) 曾山義朗, 渡部正気, 古市博: 金属疲労の盲点, アイピーシー
- 2) 平松宗也: リボン鋼と銅の接触面の摩耗損傷と温度上昇挙動に関する実験的研究, 平成 16 年度大阪府立大学卒業論文

上部天板におもりを載せることで試験部に荷重

がかかるようになっている。

なお, Fig.4(a)(b)からも分かるように, SUS304は「載せるおもりの質量が最も重い」, すなわち「最も焼き付きの起こりやすい」条件で実験を行ったが, 他の材料に比べて焼きつきまでの時間が大幅にかかる。横軸を凝着までの時間, 縦軸を凝着する温度としたものを Fig.4に示す。