

高温切削における加工変質層に関する研究(第4報)

谷 口 正 紀*

Study on Damaged Surface Layers in Hot Machining (4th Report)

Masaki TANIGUCHI

Abstract

The present report concerns the effect of cutting carbon steel S45C with carbide tool under Local Electric Resistance Heating on surface roughness and work hardening.

The results are as follows:

- (1) Fatigue life increases with increases with increasing heating current.
- (2) The most hardened layer is formed about 0.1mm below the contact surface by repeating contact stress.
- (3) Hardness increments increase as contact stress increases.

1. 緒 言

本研究の第1報¹⁾においては機械構造用炭素鋼鋼材 S 35C を電気炉で 850°C に 2 時間保持し、その後は炉中冷却したものについて通電加熱切削を行った場合、加工硬化度は加熱温度の上昇と共に増大すること、接触応力の繰返しによる加工硬化度は接触応力が大きいほど増大し、その位置は接触面下 0.1~0.2 mm のところにあり、また表面粗さの違いが転動疲労に及ぼす影響について調べたが表面粗さの小さい範囲ではあまり影響はないことなどがわかった。

第2報²⁾においては熱処理を行った S 35C を通電加熱切削した場合、表層部はわずかではあるが軟化していること、転動疲労寿命試験では焼入れ硬度が高いほど、また加熱電流が大きいほど疲労寿命は長くなっていること及び基地硬度の変化は表面から 0.2mm まで接触応力に比例して硬化することなどがわかった。

次に第3報³⁾においては S 45C に焼なまし、焼入れ及び焼もどしを行ったものについて通電加熱切削を行い、普通切削と比較しながら加工変質層について検討した。

その結果、焼なまし材については表面から 0.1 mm 程度まで硬化しており、また加熱電流に比例して硬化している。更に焼入れ材については切削後の加工硬化はあまり表われていないこと、また加熱切削後の加工変質層は薄くなっているものと推定できること及び同

じ条件下では大きな荷重の方が加工変質層は深くなっていることなどが判明した。

本報では S 55C に焼なまし、焼入れ及び焼もどしを行ったものについて加熱切削を行い前報までに検討を行ったように加熱電流の影響、変質層の深さ、硬度変化、ころがり摩耗の疲労寿命等について考察を行った。

2. 実験条件

実験に使用した機械、装置その他の条件は次のとおりである。

2.1 機械、装置及び工具

本実験に使用した加熱方法は、Fig. 1 に示す局部電気抵抗加熱法⁴⁾で、機械、装置及び工具等は本研究の

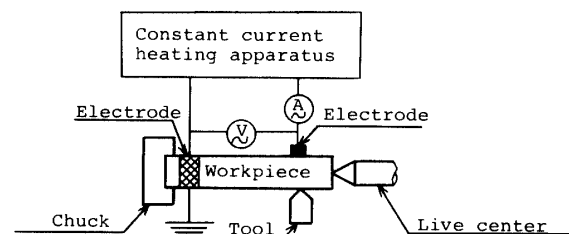


Fig.1 Local electric resistance heating apparatus

第1報で詳述したものと同じものを使用するので省略する。

2.2 被削材

被削材は機械構造用炭素鋼鋼材 S55C を使用した。

* 工業短期大学部機械工学科

この残留応力の除去並びに標準組織とするため電気炉を用い、4時間で850°Cに昇温しそのまま2時間保持し、その後は炉中冷却した。その化学成分及び焼鈍硬度を Table. 1 に示す。

Table 1 Chemical composition and hardness of workpiece.

C	Si	Mn	P	S	Hv
0.54	0.27	0.53	0.020	0.005	210

試験片の方法は外径 30.8mm 内径 16mm 幅 8mm で転動疲労試験を行ったものは外面の両側に 2mm の面取りを行った。次にこれを 800°C, 850°C, 900°C に 10分間、及び 15分間加熱した後水焼入れ (0°C~5°C) を行った場合の硬さを Fig. 2 に示す。図に見られるように硬度に大きな開きがないので 800°C を焼入れ温度に決定した。更に Fig. 3 は 800°C に 15分間加熱した後水焼入れ (0°C~5°C) を行い、ソルトバス中で各加熱温度に 2時間保持した後、空中冷却したときの硬度と焼もどし温度との関係を示す。これに基づいて本

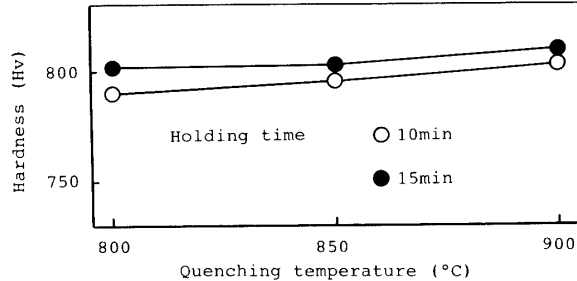


Fig. 2 Relationship between quenching temperature and hardness

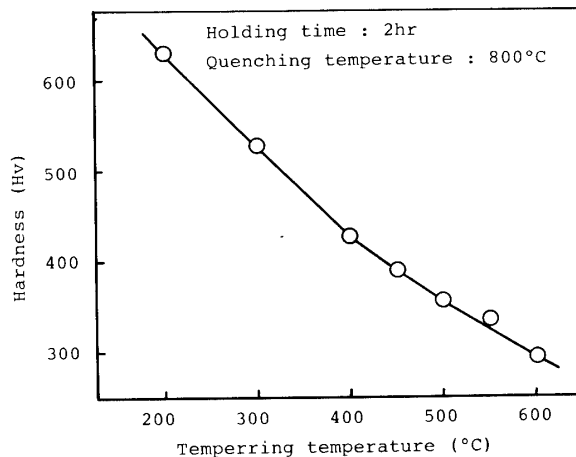


Fig. 3 Relationship between tempering temperature and hardness

実験には焼もどし 550°C のときの硬度 Hv 340 と焼もどし 415°C のときの硬度 Hv 410 を使用した。

3. 実験方法

被削材の前加工はすべて研削仕上げを行った。この場合の仕上げ粗さは 1~1.5 μm (Rmax) であった。

切削条件は次のとおりである。

切込み : 0.4 mm

送り : 0.045 mm/rev

削り速度 : 112 m/min

加熱電流 : 0, 250, 350, 450 A

上記の条件で常温切削と加熱切削を行い、被削材表面の硬度変化、転動疲労時間強度を調べた。これには島津西原式金属摩耗試験機を使用した。

接触状況は、潤滑状態で回転数は 800 rpm, 相対すべり速度 9%, 摩擦速度 1.26m/sec で給油はトロコイドポンプを用い循環式で行った。なお潤滑は上部試験片の上から常温の軽油を 40cc/min で給油した。この場合の試験片の接触面における最大接触応力 P_m (kgf/mm²) は Hertz の弾性接触論により次式で求めた。

$$P_m = V m^2 E P / \pi (m^2 - 1) B R$$

ここで P : 試験片に加えらるる負荷荷重 kgf

m : ポアソン数

B : 試験片の幅 mm

R : 試験片の半径 mm

E : ヤング率 kgf/mm²

である。なお $m = 10/3$, $E = 21,000$ kgf/mm² として計算した。ピッチング発生時期の決定は Fig. 4 のような疲労による表面クラックが生じた時及び 0.1mm 以上のピットを生じた時の接触繰返し数をもってピッチング発生点とした。なお加熱切削した後及び転動疲労試験終了後、試料を軸に直角に切断し、微小硬度計を用いて試料表面からの硬度を測定し、加工硬化の状態を調べた。測定位置は幅 4 mm の中央とここから両方

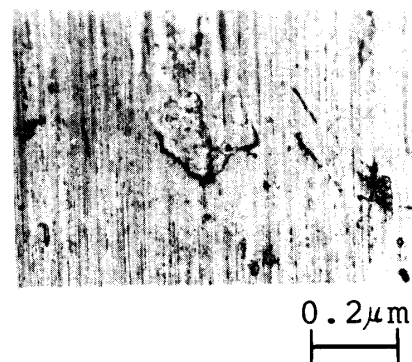


Fig. 4 Photograph of cracks on the surface of workpiece

に1mm ずつ離れた所の計3か所を表面から深さ1mm まで測定した。

4. 実験結果及び考察

4.1 表面粗さについて

切削前の工作物は研削仕上げを施し表面粗さは1~1.5 μm (Rmax) であるが加熱切削後の工作物の表面粗さは第3報³⁾の S45C と同様に 3~5 μm (Rmax) の範囲にあった。しかし加熱電極と工作物との接触不良によりスパークが発生したとき及び工具が損傷した場合には10 μm 程度になったが 6 μm 以上のものは転動疲労試験は除外した。これについては精密仕上げを行ったものについて実験を行った結果⁴⁾、高荷重では差はないが低荷重で表面粗さの大きい方が寿命は低下している。

今回の実験では接触応力 90 kgf/mm^2 以下で行ったので上記の 3~5 μm (Rmax) の範囲に於ては転動疲労に及ぼす影響は認められなかった。

4.2 硬度変化

焼入れ材 Hv 340 の材料について前記条件で切削を行い、材料に加えられる負荷荷重を種々変えて加工硬化を調べたものの数例を Fig.5 に示す。

いずれの場合も表面から 0.1mm くらいのところが最も硬化していることがわかる。なお、図を省略するが焼入れ材 Hv 410 の場合も同様に表面から 0.1 mm くらいのところが最も硬化している。

次に試験片の最高基地硬度と試験前の基地硬度との

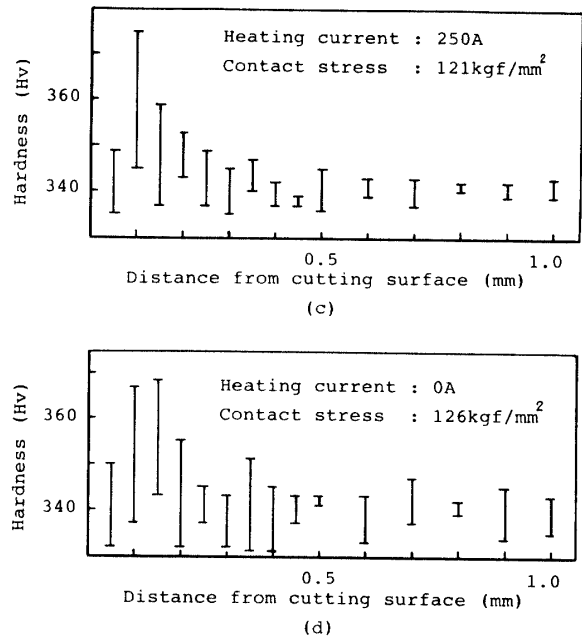
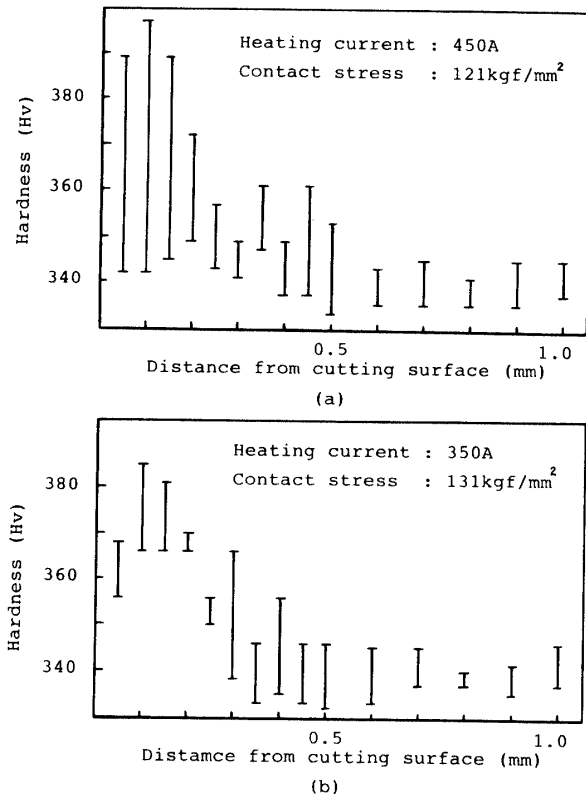


Fig.5 Vickers hardness distribution of cutting surface

差を加工硬化度 (ΔHv) として、焼入れ材について加工硬化度と接触応力との関係を Fig.6 に示す。

図から 550 $^{\circ}\text{C}$ 焼もどしの場合より 415 $^{\circ}\text{C}$ 焼もどしの場合の方が ΔHv の値は大きいことがわかる。これは材料の基地は接触応力の繰返しを受けて硬化したため、ここに加工変質部を生じているものと考えられる。

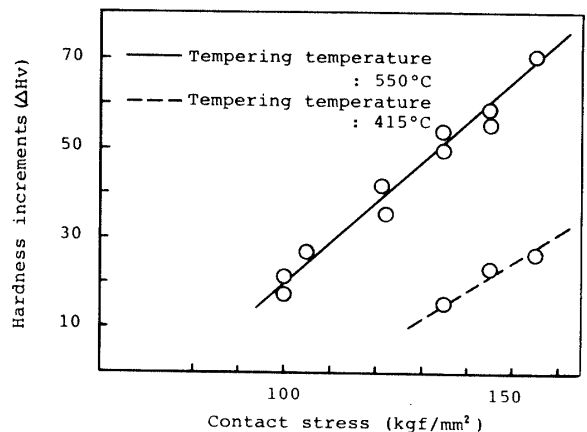


Fig.6 Relationship between contact stress and hardness increments

4.3 ころがり摩耗の疲労寿命

800 $^{\circ}\text{C}$ で焼入れを行ったものを 415 $^{\circ}\text{C}$ 及び 550 $^{\circ}\text{C}$ で焼もどしを行い前記の条件で転動疲労試験を行った。

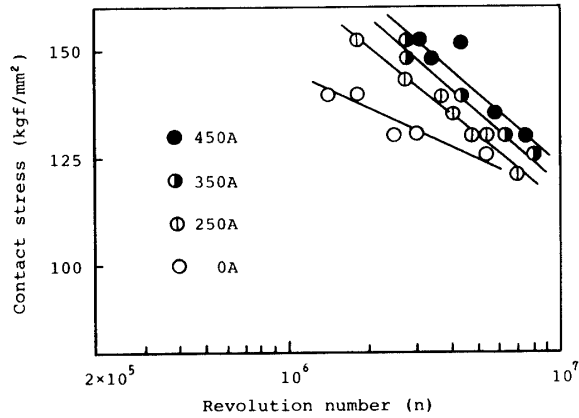


Fig.7 Effect of contact stress on the fatigue life of workpieces

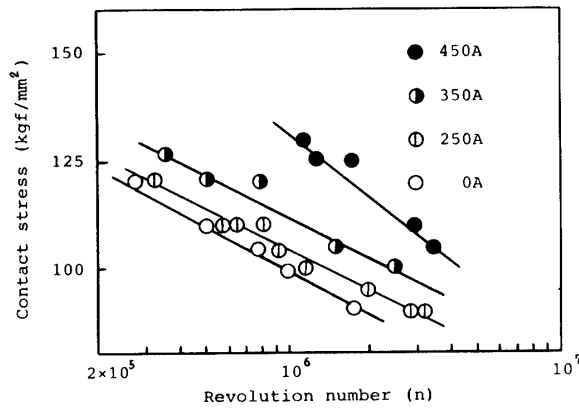


Fig.8 Effect of contact stress on the fatigue life of workpieces

Fig.7は415°C焼もどしでHv 410, Fig.8は550°C焼もどしでHv 340の場合である. 両図共, 加熱電流が大なるほど, また硬さの高いHv 410では転動疲労耐久限度は上昇している. 硬さが大きいHv 410の方は接触応力が125 kgf/mm²で5×10⁶以上の回転数まで耐えるのに対し, 小さい方のHv 340では加熱電流が小さいときは100 kgf/mm²の場合, 1×10⁶で耐久限度に達しており, 加熱電流が大になった場合, 同じ接触応力で3~5×10⁶回を示している.

5. 結 言

以上の結果から次のことがわかった.

(1) S55Cを通電加熱切削した場合表面から0.1mm程度まで硬化している.

(2) 接触応力の繰返しによる加工硬化度は接触応力が大きいほど大きくなっている.

(3) 加熱電流の増加に伴い疲労寿命は伸びているので加熱切削後の加工変質層は薄くなっているものと推察する.

参 考 文 献

- 1) 谷口正紀: 山口大学工学部研究報告 25, 13 (1974)
- 2) 谷口正紀: 山口大学工学部研究報告 27, 263 (1977)
- 3) 谷口正紀: 山口大学工学部研究報告 28, 253 (1978)
- 4) 佐藤健児: 金属の摩耗とその対策 養賢堂 (1973) p.24
(昭和56年9月18日 受理)