

炭素鋼の被削性におよぼす炭素量および熱処理の影響*

大阪大学工学部 工博 貴志浩三
 Effect of Carbon Content and Heat Treatment on the Machinability of Carbon Steels
 Dr. Kōzō KISHI

1. 緒言

この研究は炭素鋼の穿孔における被削性を炭素量と熱処理後の組織について論じたもので、錐の自由送りによる被削材の穿孔時間について主として実験を行なった。

とくに多量生産方式の進展と多軸ボール盤の進歩にとともに、炭素量の被削性に与える影響およびその組織との関連性が重要視される。被削性については古くは SCHLESINGER¹⁾より最近まで多くの研究²⁾があり、とくに穿孔による研究は、大越³⁾、荒木⁴⁾、その他⁵⁾によつてなされてきたが、被削性そのものについては未解決な面が多く、その定義さえあいまいな点が少ない。現在では切削抵抗の大小、工具寿命の長程、切屑処理の難易、仕上げ面の良否、その他、切削温度、切屑の形態などにより評価されている。被削性は加工条件の違いにより変化する場合が多く、まだ被削性を決める試験機の決定をみないのが現状であり、速かなる解決が望まれるゆえんである。

2. 供試材および実験方法

2.1 供試材

供試材は Table 1 に示す炭素量の異なる 8 種類の炭素鋼で、これらを 6 t のインゴットより分塊し、孔型ロールで熱間圧延し、800°C 空冷したものにつき、焼ならし、焼なましおよび焼入れ焼戻しなどを行ない、得られた組織と炭素量に基づいて被削性を検討した。フェライト中に硬質領域が存在する代表的な組織が焼なましあるいは焼ならしによつて得られる。これらは遊離フェライトと硬いパーライトからなり、炭素量や熱処理条件の変化により、パーライトの量比、分布、形状、かたさ、あるいはフェライト結晶粒の大きさなどが変わる。

2.2 切削工具

切削工具は高速度鋼第 9 種のストレートシャンクドリルで、その寸法および形状は、先端角 118°、先端 2 番角 12°、ねじれ角 28°、ノミ部 0.8 mm、ノミ部の角度 135°。熱処理は 1220°C、2 min 保持後油焼入れ、550°C、1.5hr 2 回焼戻しで、硬さは HRC 65 である。

Table 1. Chemical composition of work materials (%).

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
1	0.12	0.24	0.41	0.019	0.027	0.08	0.02	0.03
2	0.22	0.26	0.48	0.024	0.032	0.08	0.02	0.04
3	0.33	0.26	0.44	0.024	0.022	0.08	0.02	0.03
4	0.41	0.24	0.48	0.030	0.022	0.08	0.02	0.05
5	0.54	0.23	0.47	0.017	0.016	0.07	0.02	0.04
6	0.62	0.22	0.46	0.016	0.027	0.10	0.03	0.05
7	0.75	0.21	0.46	0.010	0.019	0.06	0.02	0.05
8	0.84	0.23	0.55	0.015	0.013	0.08	0.03	0.08

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 205 昭和42年5月15日受付

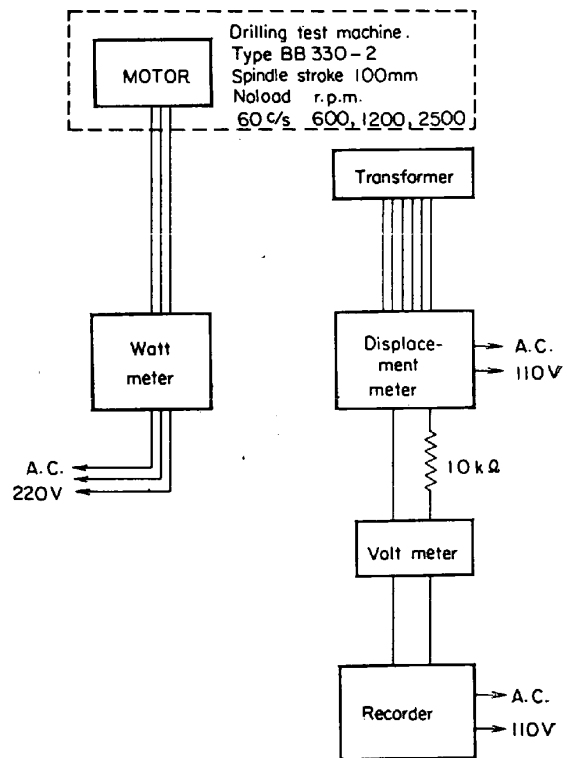


Fig. 1. Experimental apparatus.

2.3 実験装置および方法

試験機の本体は日立製作所製 BB 330-2 ボール盤を改造したもので、ハンドル部分に滑車を取りつけ、重錘を加えて、これに対応する回転モーメントを与えて錐に送り運動を与える。錐に働く軸方向の推力と送りは重錘により変化する。切削トルクの測定には試料の固定台下にベアリングをはめ込み、テーブル上で自由に回転できるようにし、回転力により生じた板パネの変位量を自動記録させた。実験条件は回転速度 34m/min (2250rpm)、乾式、推力 9, 18, 27, 36, 45 kgとした。(Fig. 1) に実験装置の系統を示す。測定項目は、1 単位長さ当たりの穿孔時間、2 切削トルク (変位記録計: 新光電機製 DM101 型, 指示計 MR-6, 測定範囲 ±0.05~±5 mm 受信記録計: 横河電機製 ER-10, 測定範囲 0~10mV DC, 感度目盛の長さの 0.15%) 3 切削ワット (3 相誘導電動機の入力を記録, 横河電機製直動式記録計 KR B-3W, 最大 1250W, 許容差 ±2.5%) 4 切削面粗さ (光切断法, 実体顕微鏡による) 5 切屑の型態 (工具および金属顕微鏡による) である。

3. 実験結果および考察

3.1 焼なまし組織の被削性におよぼす炭素量の影響

Fig. 2 は炭素量のことなる 8 種の鋼を A₃ 点以上の温度すなわち 0.1~0.2% C では 900°C, 0.3~0.5% C では 850°C, 0.6~0.8% C では 800°C でそれぞれ 1 hr 加熱後 100°C/hr にて炉冷した試料について、穿孔時間と炭素量の関係を示したものである。この図より、各推力において良好な被削性は斜線で示した 0.2~0.3% C でえられ、これより C 量が高くてまた低くても穿孔時間は増加する。推力が 9 kg の場合には穿孔時間の最低値は 0.2% C にあり、炭素量が増すと、穿孔時間

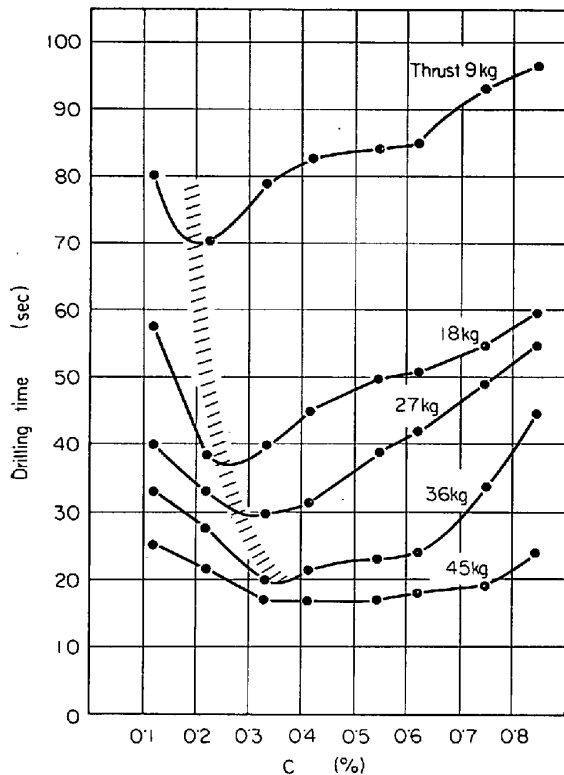


Fig. 2. Drilling time in relation to the C content of carbon steels after annealing.

は 0.3%~0.6% C と 0.7% C 以上との 2 段にわかれてかなり急激に増大する。推力がこれより大になると、最低値は高炭素側へ移行する傾向にあり、推力 36 kg では 0.3% C で、また 45 kg では 0.3%~0.5% C で最低となるが、炭素量がこれより増すといずれの場合も穿孔時間は増加する。すなわち軽切削では 0.2% C、中切削では 0.3% C、重切削では 0.3%~0.5% C において被削性が最もよい。全般的にみると 0.3% C 近傍がいずれの推力の場合も被削性が良好である。この場合の顕微鏡組織はフェライト中に Fe_3C が層状に配列し、 Fe_3C の量が C 量とともに増加して被削性に影響する。とくに推力が増すと穿孔時間への C 量の影響は少なくなるが、これは Fe_3C の強度に打勝って切削がなされることを示すものである。しかし推力の低いときは Fe_3C の量、形状、大きさ、分布により影響される度合が大きくなる。炭化物自体は熱伝導が悪く、鋼を強くする反面、展延性を減ずる。そこで 0.3% C を中心に、各炭素含有量に応じた組織と被削性との関連性を考えると、低炭素鋼ではフェライトのしめる領域が大で、これは軟かくてねばいため被削性が低下する。そこで低炭素鋼ではフェライトの連続性を断ち、靱性を減じ、構成刃先の発生を防ぐために球状組織より層状組織の方が良い。しかし高炭素鋼になると炭化物が増加し、とくに推力の大きな場合を除き被削性が低下する。ことに層状組織ではこのような傾向が大である。それ故高炭素鋼では球状組織にすると良いと思われる。

3.2 焼なましおよび焼ならし組織の被削性に与える炭素量の影響

Fig. 3 は A_3 点以上で加熱後炉冷した組織と空冷した

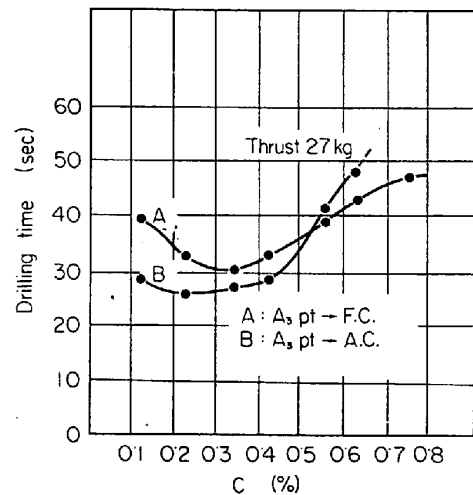


Fig. 3. Drilling time in relation to the C content of carbon steels after furnace or air cooling.

組織の被削性を比較するために、推力 27 kg で測定した結果である。図中の B 空冷組織は 0.7% C 以上になると穿孔はかなり困難となり、0.6% C 以上ではむしろ炉冷組織の方が被削性が良いことになる。しかし 0.5% C 以下では空冷組織の方が良い。空冷組織はソルバイトに近く、フェライトと Fe_3C が層状にならなっているが、炉冷組織と比較してその層状組織は非常に細かい。前述のように低炭素鋼では、フェライトの流れを固定する層状の炭化物がある程度存在することが被削性のために好都合であるが、同じくこのような機能をもつ層状組織のうちでも最も好ましいのは、これらなるべく薄く細かい形態をとる場合である。これは炭化物自身はかなり硬く被削性が悪いので、これらが薄く細かい場合の方が切刃による炭化物そのものの破壊が比較的容易に行なわれるためである。低炭素鋼では空冷組織の方が炉冷組織に比べて被削性が優れるのはこのような理由によると考えられる。

3.3 球状および層状のセメンタイトをもつ組織の被削性におよぼす炭素量の影響

Fig. 4 に球状および層状のセメンタイトをもつ組織についての推力 27 kg の場合の実験結果を示す。層状組織は 0.3% C、球状組織は 0.4% C 近傍でもつとも穿孔時間が短く、両者ともこれより炭素量が高くて低くても穿孔時間は増加する。また 0.3% C 以上の鋼では球状組織にすると層状組織に比較して被削性は良くなり、0.3% C 以下の鋼ではむしろ層状組織が良好な被削性を示す。

3.4 焼入れ焼戻し組織の被削性におよぼす炭素量の影響

Fig. 5 は A_3 点以上の温度すなわち 0.1~0.2% C では 900°C、0.3~0.5% C では 850°C、0.6~0.8% C では 800°C でそれぞれ 1 hr 加熱水冷後、550°C に焼戻して、推力 27 kg で穿孔時間と炭素量との関係を実験した結果で、穿孔時間は炭素量の増加とともにほぼ直線的に急増し、0.3% C 以上の炭素量においては、フェライトとパーライトの共存組織に比較して高い値を示す。しかし 0.1~0.2% C の範囲では比較的良好的な被削性を示す。また焼入れ低温焼戻し組織は低炭素鋼においても良

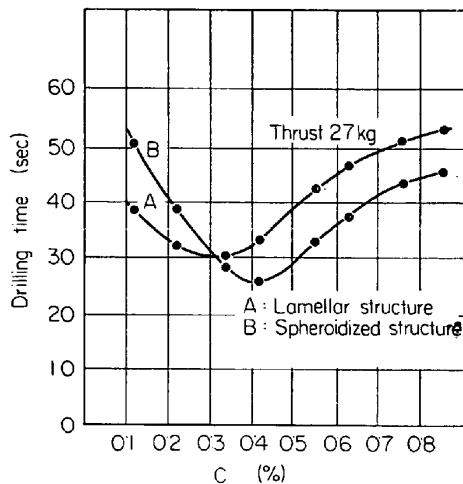


Fig. 4. Drilling time in relation to the C content of carbon steels with lamellar or spheroidized cementite.

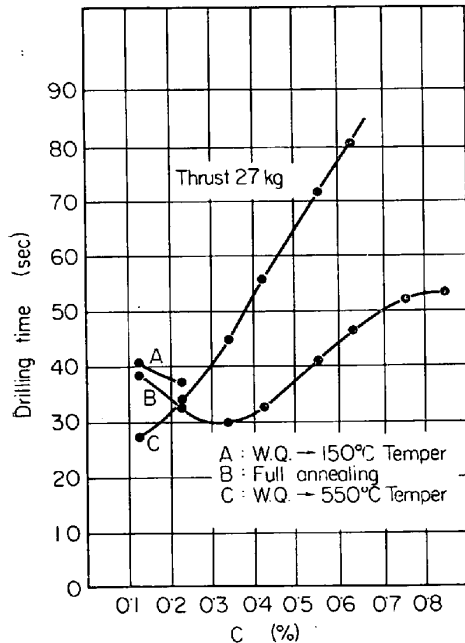


Fig. 5. Drilling time in relation to the C content of carbon steels after quenching and tempering.

好な結果を示さない。

4. 結 言

0.12~0.84% C の炭素鋼について穿孔における被削性と炭素量および熱処理との関係を検討した結果、つぎのことが明らかとなった。

一般に被削性は 0.2~0.3% C の鋼が最もよく、炭素量がこれより低くても、また高くても被削性はわるくなる。また推力が増すと最も良好な被削性をあたえる炭素量は 0.2% から 0.3% へと移行する。以上のような被削性と炭素量との関係は、とくに焼なまし組織の場合に顕著である。

焼なまし組織と焼ならし組織とを比較すると、0.5% 程度以下の炭素量では後の方が被削性が良好であるが

これ以上の炭素量になるとこの関係は逆になる。セメントタイトが層状の場合と球状の場合とを比べると、ほぼ 0.3% C を境として低炭素側では前者の方が、高炭素側では後の方が被削性がよい。また、焼入れ焼戻しを施したソルバイト組織をもつ鋼の被削性は、0.1~0.2% C では焼なまし材よりむしろ良好であるが、これ以上の炭素量では炭素量の増加とともに急激にわるくなる。

文 献

- 1) G. SCHLESINGER: Stahl u. Eisen, 33 (1913) 22, p. 929
- 2) たとえば奥島: 機械学会誌, 70 (1967) 576, p. 48
- 3) 大越, 渡辺: 精密機械, 136, 137, 138 (1946), p. 1
- 4) 荒木, 谷, 他: 機械学会誌, 70 (1967) 577, p. 183
- 5) 荒木, 谷, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 741
- 6) 貴志: 機械学会北陸支部講演会前刷 (1966) p. 95, 99

刃物用炭素鋼の比摩耗量におよぼす顕微鏡組織の影響*

大阪大学工学部 工博 貴志 浩 三
Effect of Microstructure on the Specific
Wear of Carbon Steel for Cutleries

Dr. Kōzō KISHI

1. 緒 言

金属の組成および組織よりくる因子が、比摩耗量に与える影響について吟味することは、被研削性および被削性を解明する一つの目安となるものである。またその優劣を判定することにより刃物鋼の切れ味、耐久度試験に関連し、より簡単に測定することにつながるわけである。一般的な概念として比摩耗量の小さな組織は切削および研削加工が困難とされているが、耐摩耗性と被削性との関連性についてのデータは少なく、また摩耗現象自体、内外的諸条件による多くの因子を含み¹⁾²⁾、材質および組織よりくる一連の比較は困難である。

この実験は刃物用 0.96% 炭素鋼の各組織の比摩耗量におよぼす影響を吟味する。

2. 供試材および実験方法

2.1 供試材および熱処理

供試材としては Table 1 に示すごとく 0.96% C の刃物用炭素鋼を用いた。特に炭化物の性状がこの種試験に大きく影響するので、鍛造、予備熱処理(拡散焼ナマシ、球状化処理)を入念に行なつた。この材料を Table 2 に示す熱処理を行ない実験に供した。すなわちパーライト組織については球状と層状による炭化物の影響を、マルテンサイト組織については水冷マルテンサイトとマルテンパー処理材によるマルテンサイト組織の影響について、つぎに恒温変態処理によるベイナイト、ソルバイト組織の影響について吟味し、また低温焼戻しの影響を

* 第73回講演大会にて発表 講演番号 208 昭和42年5月10日受付