

(178) 21-4N 鋼の被削性におよぼす熱処理の影響

都立大学工学部

工博 嗟峨卓郎・宮川大海・○三森友彦

日鍛バルブ(株) 末吉国夫

Influence of Heat Treatment on Machinability of 21-4 N Steel

Dr. Takuro SAGA, Dr. Ōmi MIYAGAWA,
 Tomohiko MITSUMORI and Kunio SUEYOSHI

1. 緒言

最近内燃機関用排気バルブ鋼として汎用されつつある 21-4N 鋼は高温強度、酸化鉛に対する耐食性などにすぐれているが、C および N を多量に含むオーステナイト鋼であるため被削性が非常に劣る。また従来オーステナイト鋼の被削性に関する研究は 18-8 ステンレス鋼などについては若干みられるが、この種の耐熱鋼に関してはほとんどない。そこで本鋼の被削性改善の第 1 段階として標準組成の鋼の被削性に対する熱処理の影響を検討した。

2. 供試材および実験方法

80 mm φ の鍛伸材に 1200°C × 6hr の溶体化処理をほどこしたものを、およびその後 700°C × 60hr の時効処理をほどこしたものについて乾式 3 次元切削を行なった。本鋼の切削に最適な工具材種に関しては種々検討した結果、東芝タンガロイ M10-TU10(WC+TiC+TaC+Co) を採用した。また工具形状および切削条件はつぎの通りである。工具形状：31-2 型 (0-var-6-6-15-15-0.5), 切削速度：3~150m/min, 送り：0.045 および 0.178 mm/rev., 切り込み：2.0 および 1.0 mm

3. 実験結果および考察

3.1 切削抵抗

Fig. 1 に工具形状のうちで最も影響の大きい横すくい

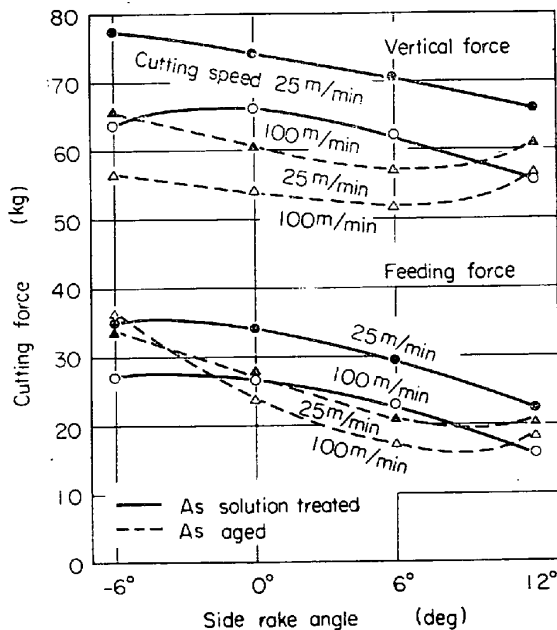


Fig. 1. Influence of side rake angle on cutting force. (Feed : 0.178 mm/rev.) (Depth of cut : 1.0 mm)

角と切削抵抗の関係を示す。これによるとすくい角が増すと切削抵抗はおおむね減少の傾向を示すが、時効材に限りすくい角が 12° になると切刃の欠損などの影響で切削抵抗がかえって増大する。このようにすくい角が大きくなり鋭い切刃で切削すると切削抵抗が小さくなることは一応常識的な結果であるが、すくい角とせん断角との関係を検討したところ、すくい角の増加にともなうせん断角の増大、したがってせん断面積の減少が実測された。それゆえ上記のような結果は主としてこのようなせん断面積の変化によると考えられる。

さて、両熱処理材において比較的小さく、しかも安定な切削抵抗を示すと考えられるすくい角 6° の場合について、つぎに切削抵抗と切削速度の関係を検討した。Fig. 2 にその結果を例示する。まず切削抵抗におよぼす熱処理の影響をみると、切削前の硬度は溶体化材は Rc 18, 時効材は 32 であるが、切削抵抗は前者の方が高い。そこでこの理由を確かめるためにつぎのような一連の実験を行なった。まず引張試験結果より加工硬化指数 (n 値) を求めたが、溶体化材は約 4 で時効材の 2 倍程度を示した。つぎに冷間圧延およびねじり実験により加工硬化性、変形能を比較したが、いずれも溶体化材の方が大きかった。このようにオーステナイト鋼の加工硬化性が時効により減少するのは積層欠陥エネルギーの増大により説明される²⁾。また時効による変形能の低下は両熱処理材の機械的性質³⁾ から容易に知りうるところで、そのため切屑の形態も溶体化材は典型的流れ型であるに対し、時効材では切屑は短かく分断しせん断型に近い形態を示した。以上の実験結果から溶体化材が時効材に比べて高い切削抵抗を示すのは、切削前の硬度よりむしろ材料の加工硬化性および変形能 (切削時の歪み量)

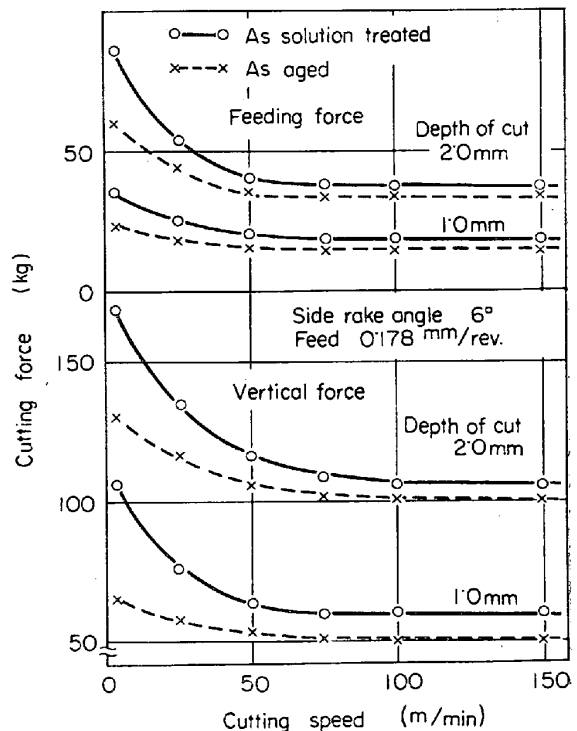


Fig. 2. Influence of cutting speed on cutting force.

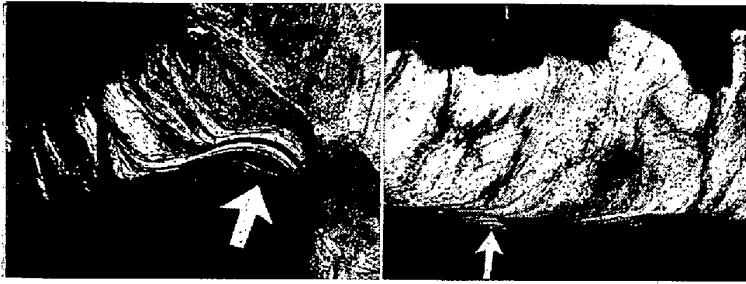


Photo. 1. Microstructures of chip with built up edge in aged steel. (cutting speed 25m/min) $\times 100(1/2)$

が切削抵抗に対して大きな影響をもつためと推論される。溶体化材は加工硬化性、変形能とも時効材に比べて大きいので、切屑の断面硬度（切屑における再結晶現象の生起は全く認められない）は切削条件のいかに問わず、溶体化材の方が高く（最高 Hv 700 程度）、このことは上記の推論の妥当性を裏付けるものと考えられる。なお本鋼のごとく C, N を多量に含む Cr-Ni オーステナイト鋼における切削抵抗はフェライト鋼に比べてはるかに大きく、また 18-8 鋼などに比べても大きい値を示すが、これは主として加工硬化性の相違によるものと考えられる。

つぎに Fig. 2 をみると、切削抵抗は両熱処理材とも切削速度の増加につれて減少し、次第に一定値におちつく。このように低速度域において高い切削抵抗を示すのは主として構成刃先の影響と考えられる。一般に 18-8 ステンレス鋼などでは構成刃先は発生しないと報告⁶⁾もあるが、本鋼では低速度域において Photo. 1 のごとく明らかにその発生を認めることができる。構成刃先は時効材の方が生じ易いことが観察されたが、いずれにしてもこのように先端に丸味をもった構成刃先が事実上の切刃となる⁷⁾ため構成刃先の生じ易い低速度域では大きな切削抵抗を示すものと考えられる。

3.2 工具摩耗

一般に超硬パイトの寿命判定は Fig. 3 に示す摩耗形態のうち横にげ面摩耗によるのが普通である⁶⁾ので、ここでも主にこれに着目した。Fig. 4 はフランク平均摩耗を基準とし、摩耗巾が 0.4 mm に達したときをパイトの寿命として求めた工具寿命曲線である。これより明らかかなように、切削速度の大小を問わず同一すくい角においては時効材より溶体化材の方が工具寿命がはるかに長い、このように時効材において摩耗が著しいのは多量に含まれる硬い析出物によるアブレーションと、溶体化材では典型的な流れ型切屑が生じ切削抵抗の変動が少ないのに対し時効材ではかなり変動した抵抗が刃先にかかるため、そこに微細なチップングを誘発し易いなどが主な原因と考えられる。つぎに工具寿命と横すくい角との関係を見ると、両熱処理材とも横すくい角が小さい方が工具寿命が長い。すなわち本鋼のような難切削材を超硬パイトで削る場合の工具寿命に対しては鈍な切刃の方が有利で、 -6° 程度の負のすくい角の採用が効果的なことがわかった。実験の現段階ではさらに小さいすくい角の場合については検討していないが、前述のような切削抵抗の増大などを度外視できれば、この点をさらに検討することは興味深いことであろう。すくい角が減少すると

何故に工具摩耗が少なくなるかについては、刃先の機械強度と刃先温度の影響がまず考えられる。すくい角が増し刃先が鋭くなると刃先に等しい応力がかかっても、刃先の定常摩耗やチップングははげしくなるであろうが、工具と切屑の接触面積を測定しこれにて切削抵抗(主分力)を除いた値、すなわち単位接触面積当りの抵抗を測定した結果、すくい角が増すとこの応力が増大することが判った。したがってこのような観点からみれば、すくい角が大きい方が当然工具摩耗は著しいといえる。一方超硬工具の場合には刃先温度への横すくい角の影響はあまり大きくないといわれる⁷⁾。

4. 結 言

標準組成の 21-4N 鋼の被削性を主として切削抵抗と工具摩耗の面から検討し、おおよそつぎの結果を得た。

(1) 溶体化材では横すくい角が大となるにつれて切削抵抗は減少する。しかし時効材では切刃の欠損などの影響のため横すくい角が 12° になると切削抵抗はかえって増大する。

(2) 切削抵抗は一般に切削前の硬度の低い溶体化材の方が時効材に比べて大きい。これは前者の方が加工硬化性と変形能が大きいためと考えられる。また両熱処理材とも切削速度が増すと主として構成刃先とせん断角の影響で切削抵抗が減少する。

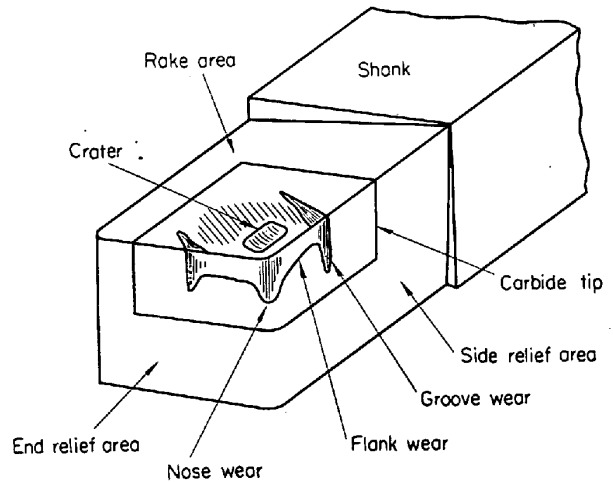


Fig. 3. Formation of wear land on carbide tool.

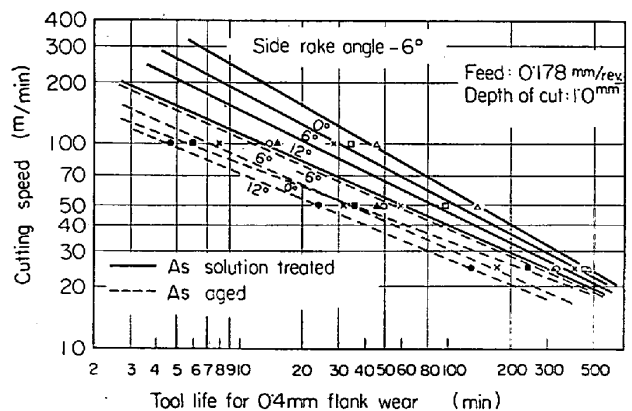


Fig. 4. Influence of heat treatment and side rake angle on cutting speed-tool life relationship.

(3) 工具摩耗は硬い析出粒子を多量に含み、切削抵抗の変動の大きい時効材において著しい。また両熱処理材とも横すくい角が小さくなると工具摩耗は少なくなり、本鋼のような難切削材を超硬工具で削る場合には、負の横すくい角の採用が工具寿命に対して効果的である。

終わりに本実験に関してご援助をいただいた金属材料技術研究所依田、吉田、小池の各氏に深謝いたします。

文 献

- 1) 例えば竹山: 精密機械, 24 (1958), p. 586
- 2) V. F. ZACKAY: "High strength materials" (1964), p. 239 (Wiley)
- 3) 嗟峨, 宮川: 材料, 14 (1965), p. 549
- 4) 例えば切削加工専門委員会報告, 精密機械, 24 (1958), p. 371
- 5) 竹山: 機械試験所報告, 31 (1959), p. 28
- 6) 奥島: 金属材料の加工性講習会資料 (1963), p. 56
- 7) F. W. WILSON: "Machining with carbides and oxides" (1962), p. 62 (McGraw-Hill)

669.14-41.5:539.388.2
:539.4.016.2

(183) 応力-歪曲線の変化の要因およびその加工硬化指数におよぼす影響について

(鋼板の応力-歪曲線に関する考察-I)

川崎製鉄千葉製鉄所

工博 神崎 文暁・中川吉左衛門

○佐々木 徹・野原 清彦

Factors Affecting on the Stress-Strain Curve of Steel Sheet

(Studies on the stress-strain curve of steel sheet - I)

Dr. Fumiaki KANZAKI, Kichizaemon NAKAGAWA

Tohru SASAKI and Kiyohiko NOHARA

1. 緒 言

鋼板を一軸応力下で塑性変形させた場合の加工硬化状況を示す試験値として従来より加工硬化指数 (strain hardening exponent) n を用いてきた。これは周知のように鋼板の塑性カーブが $\sigma = c\epsilon^n$ (1) (σ : 真応力, ϵ : 真歪, c および n : 定数) で近似されると仮定し定数 n でその加工硬化状況を表示しようとするものである。この n を材料特性の1つとして評価するさいにはその値が材料の塑性カーブの変化に応じてどのように変化するか、また塑性カーブを (1) 式で近似することの妥当性など十分に吟味しておく必要がある。以上の点を検討するさいに種々の鋼板の塑性カーブについて $\log \epsilon$ vs $\log \sigma$ の関係をプロットしてみることが早道で、それはこれで得られた曲線の勾配の大小が直接 n の大小を表わし、その直線からのずれが近似性を示しているからである。直線からのずれが大きい場合には通常の n の計算法 $n^{(nominal)} = (\log \sigma_1 - \log \sigma_2) / (\log \epsilon_1 - \log \epsilon_2)$ (2) の妥当性がうすくなる。このようにして求めた $n^{(nominal)}$

が調質圧延率の増大により減少することはよく知られているところであるが¹⁾²⁾本研究では塑性カーブや $n^{(nominal)}$ に変化を与える要因について考察および実験を行ない、(第1報)塑性カーブのさらにより近似式と考えられる $\sigma - \beta = c'(\epsilon - \alpha)^{n'}$ (3) による近似法の検討および調質圧延、歪時効などによる α , β , c' , n' の変化を調べた。(第2報)

2. 塑性カーブの移動による変化

まずはじめに塑性カーブが厳密に (1) 式に従うものと仮定しこれを歪軸 (ϵ 軸) および応力軸 (σ 軸) に対し平行移動した場合に $\log \epsilon$ vs. $\log \sigma$ の関係およびその勾配 $n^{(nominal)}$ がどのように変化するかを調べた。歪軸に対する平行移動 (数式的には (3) 式の α の変化) は塑性カーブの予歪による変化に類似し (引張予歪の場合は完全に平行移動で説明できるが調質圧延に関しては速断できない) 応力軸に対する平行移動 (数式的には (3) 式の β の変化) は塑性カーブの歪時効による変化に類似していると考えられるからである。Fig. 1 に塑性カーブを歪軸方向に平行移動した場合すなわち (3) 式で $\beta = 0$ とし、 c' , n' を固定し α のみを変化させたときの $\log \epsilon$ vs. $\log \sigma$ の関係を示す。この図からわかるように $\mu = 0$ すなわち $\alpha = 0$ ($\alpha = \ln(1 + \mu)$) のときのみ完全な直線となる。 μ が正 $\rightarrow 0 \rightarrow$ 負と変化するにしたがつて塑性カーブは焼鈍状態 \rightarrow 予歪付与の変化に対応する。Fig. 1 の各曲線の勾配 $n^{(nominal)}$ の μ (すなわち α) およ

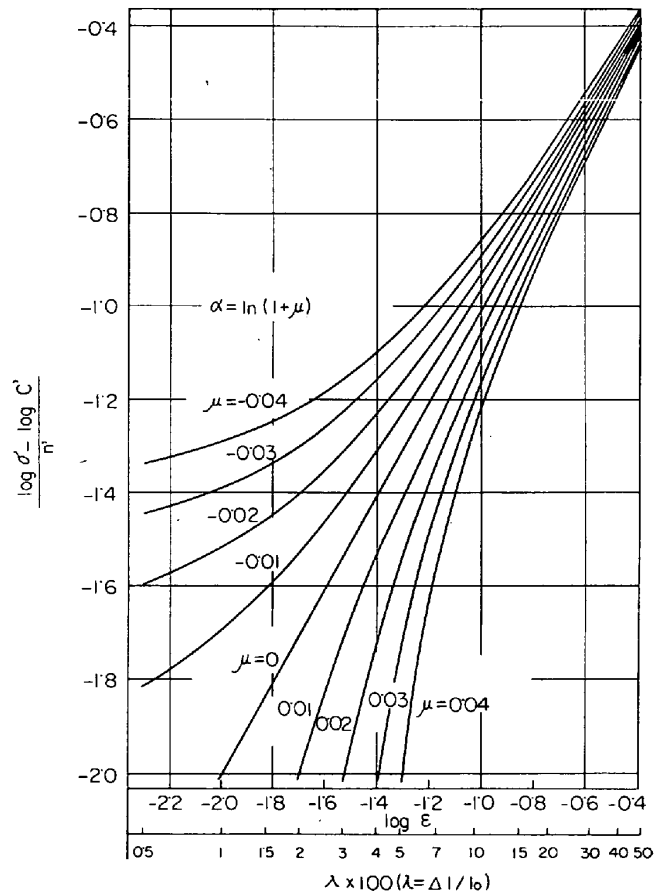


Fig. 1. Relation between $\log \epsilon$ and $\log \sigma$ when various α is set in $\sigma = c'(\epsilon - \alpha)^{n'}$.