

- Mo鋼の質量効果を相當小ならしむる事が可能である。
- 3) 下部變態域に於ける Cr-Mo鋼の變態速度は Ni-Cr鋼に比して比較的大であるから、焼入歪及び焼割れ感受性は Cr-Mo鋼に於て比較的大であらう。
 - 4) S曲線より兩鋼に就て焼入臨界直徑を求めた。
 2. Ni-Cr-Mo鋼及び其の代用鋼に關してS曲線を求めた。
 - 1) 各鋼種に就て焼入臨界直徑を求めた。
 - 2) 焼入効果のみに就て云へば Mnに依る Niの置換は殆ど完全である。
 - 3) Crに依る置換の不完全なる事は Niとの補足性に依り説明し得る。
 3. Cr-Mo鋼に就て等溫變態に依る組織を撮影した。
 - 1) パーライトよりトルースタイトに變化する溫度域は略、670°Cにある。
 - 2) 600°C附近の變態速度は極めて小であり、針狀フェライトの析出が始まる。
 - 3) 550°Cに於ては明瞭なる針狀フェライトが析出し更に溫度が低下すれば次第に不齊形となり組織は次第に微細となり終にマルテンサイトを析出するに至る。

4. 以上の各鋼種に就て直接焼鈍に適當な溫度及び時間を求めた。
5. 低 Cr-Ni-Mo鋼, Ni-Cr鋼, Ni-Cr-Mo鋼に就て等溫變態と機械的性質との關係を調査した。
 - 1) 低 Cr-Ni-Mo鋼及び Ni-Cr鋼に於ては 400~500°C附近の等溫變態の影響は高温焼戻の際迄残留し、急冷せるものに比し衝擊値に對する抗張力の比が小である。此は焼入臨界冷却速度以上の場合の質量効果に相當し、之等の鋼種が比較的大なる製品に適用し難い事を意味する。
 - 2) Ni-Cr-Mo鋼に於ては 350°C附近迄の等溫變態は靱性に好影響を與へ、高炭素鋼と同様に比較的小なる自動車用鋼, 航空機材等に Austempering を適用する事の合理的なる事が知られた。又 450°C附近の等溫變態は高温焼戻の際何等惡影響を示さず、該鋼種が焼入臨界冷却速度以上の場合質量効果極めて小にして、極めて大形の鋼片迄高温焼戻の状態に於ては徐冷に依つて充分焼入効果を得る事が出来る。
6. Ni-Cr-Mo鋼に於て下部變態に及ぼす炭素量の影響を調査した。

快削鋼の性質種類及び用途

(日本鐵鋼協會第 24 回講演大會講演 昭 15. 10. 神戸)

森山達郎・矢野巖夫*

DIE EIGENSCHAFTEN UND EINTEILUNG VON AUTOMATENSTAEHLN UND IHRE VERWENDUNGSGEBIETE

Taturo Moriyama und Izuo Yano.

Inhalt:—Begriffsbestimmung des Automatenstahles. Unentbehrlichkeit des Automatenstahles für die Schnellarbeiten mit den Werkzeugmaschinen. Beziehung der Zerspanbarkeit des Werkstoffes auf die Bearbeitung mit den Werkzeugmaschinen. Allgemeiner Einfluss verschiedener Elemente auf die Zerspanbarkeit des gewöhnlichen Stahles. Einteilung der Automatenstähle. Vorteile beim Anwenden von Automatenstählen und ihre Verwendungsgebiete. Birnenverfahren und die Herstellung von Automatenstahl. Dringende Notwendigkeit der Förderung und Verbreitung von Automatenstählen. Schluss. Schrifttum.

内 容

- I. 快削鋼の意義
- II. 工作機械の高速運轉と快削鋼の使用
- III. 鋼の削易性に及ぼす各元素の影響
- IV. 快削鋼の種類
- V. 非鎮靜快削鋼の諸性質
 - (1) 機械的性質 (2) 壓延及び鍛錬性 (3) 冷間加工性 (4) 電氣熔接試験 (5) ガス熔接試験 (6) 鍛接試験 (7) 實地使用試験 (8) 普通旋盤による重切削試験 (9) 形削盤による低速重切削試験 (10) 自動旋盤による高速度輕切削試験 (11) 非鎮靜快削鋼が高速切削に最適なる理由 (12) 快削鋼の衝擊値の問題 (13) 熱間加工の可能とその理由
- VI. 快削鋼使用に基く利益
- VII. 快削鋼の用途

- VIII. 米國及び獨逸に於ける快削鋼の活用
- IX. トーマス製鋼法と快削鋼の製造
- X. 本邦に於ける快削鋼普及の急務
- XI. 快削鋼の名稱
- XII. 結 論
文 獻

緒 言

快削鋼使用量の多寡はある意味に於て機械工業發達の尺度と稱するも決して極言ではなく、その實例として本鋼の製造と使用竝にその普及とが米獨の機械工業進歩に寄與する所甚大なるものあり、就中獨逸は米國の衣鉢を繼承して、更に之を大成せしめたる事實に鑑み、切削容易なる材料と工具及び工作機械とが兩々相俟つて機械工業を進歩せしむ

* 日本鋼管株式會社

る範囲廣きものありと確信して本文を草するもので、假に拙文にしてこの間の消息を闡明する所あらば幸甚の至りである。

研究に當り、日産自動車會社久芳重役、工藤博士及び吉城技師の御指教を受けたのみならず、本實驗に當りては東京芝浦電氣會社マツダ支社第二工業部長吉岡美勝氏を初め同社技師佐藤、江川、井元3氏の熱心なる御協力によつて困難なる實驗の成就せるは、厚く感謝する次第である。尙吾社に於て取締役顧問故今泉博士を初め、松下、高松兩重役の指導を受け又冶金の事項に關しては藤原研究部次長、菊池、岩藤兩技師の多大なる援助並に各技術者の數多き實驗の結果本文の完成を見たるを表明し深甚なる感謝を捧ぐるものである。

I. 快削鋼の意義

快削鋼(フリーカッティング鋼)は米國にて Free Cutting Steel, Free Machining Steel, Screw Steel, Screw Stock 等の名稱を以て呼ばれ、獨逸にて Automatenstahl と云はれ、之等の名稱には僅かの差違はあるが、何れも工作機械にて加工される際、高速度に切削し得られ且切削された面が他種鋼材のそれに比して著しく平滑となる。

その製造方法としては軟鋼、半硬鋼、硬鋼、特殊鋼等各種の鋼塊を製造する場合に S, Pb, Se 等の元素を 0.3% 或は 0.5% 迄、或は單獨に或は併合し故意に配合して鑄塊した鋼であつて、それ等原鋼固有の材質は殆ど變化なきに拘はらず、工作機械に掛けて切削せられる際材料の削易性が著しく向上し普通鋼材を切削する場合に比較して加工速度が 2~4 倍といふ驚くべき高速度にて切削される材料となる。

普通の炭素鋼を切削する場合には切削速度は一般に 20 m/mn 内外であり、又本邦に於ては旋削作業を見ても 30 m/mn 以上の常用切削速度を考慮して旋盤を設計して居らぬ傾向があるために、材料の被切削速度の向上が兎角閑却され勝ちであつて本鋼の重大意義が認識されぬのは遺憾の極みである。米國又は獨逸より多數購入せられたる自動旋盤を以て旋削作業を行ふ場合にも往々快削鋼を用ひずして普通の炭素鋼を用ふるが爲、變速齒車装置の最下位の速度で切削するも猶且切屑が旋盤に捲付き作業困難に陥る例も尠しとしない。然るに快削鋼を用ひれば 50~65m/mn の切削速度で切削され、初めて自動機械の性能を發揮せしめ得るから、自動旋盤用として快削鋼が絶対必要不可欠であることは Automatenstahl の名稱によつても明かである。獨

り自動旋盤のみならず半自動旋盤、タレット盤並に普通旋盤に於ける鋼の加工を見ても、炭化タングステン系の工具は使用上その範囲に制限があること、又昨今の實情に於て工具の材質が漸次低下し餘儀なく炭素鋼又は低級の工具を用ひて高速度切削を行はねばならぬ場合も屢々起るが、かかる場合に快削鋼を用ひれば、工具と旋削作業との同一條件の下に頗る容易に高速度の切削が出来、加之快削鋼の切削面が著しく平滑となるので、ネヂ其他異形部分品の切削にも亦必要不可欠である。これが Screw Steel 及び Screw Stock と呼ばれる所以である。

II. 工作機械の高速運轉と快削鋼の使用

快削鋼は大正9年(1920)米國に起原を發し獨逸では昭和2年(1927)より製造を開始昭和5~7年(1930~32)完成したもので、米國より技術を輸入せるに拘はらず異常な發達を遂げた。この間獨逸に於て如何に高速切削の問題と材料の被切削性を研究してその向上に努力せるかは Schward¹⁾, Schimz²⁾, Rapatz³⁾ 等の發表した實驗報告に表れて居る。

Rapatz⁴⁾ は旋削の場合に削らるゝ各材料に特有な限界切削速度があり、これ以上の速度にて削れば切削面が平滑になるとの説を提示して居る。

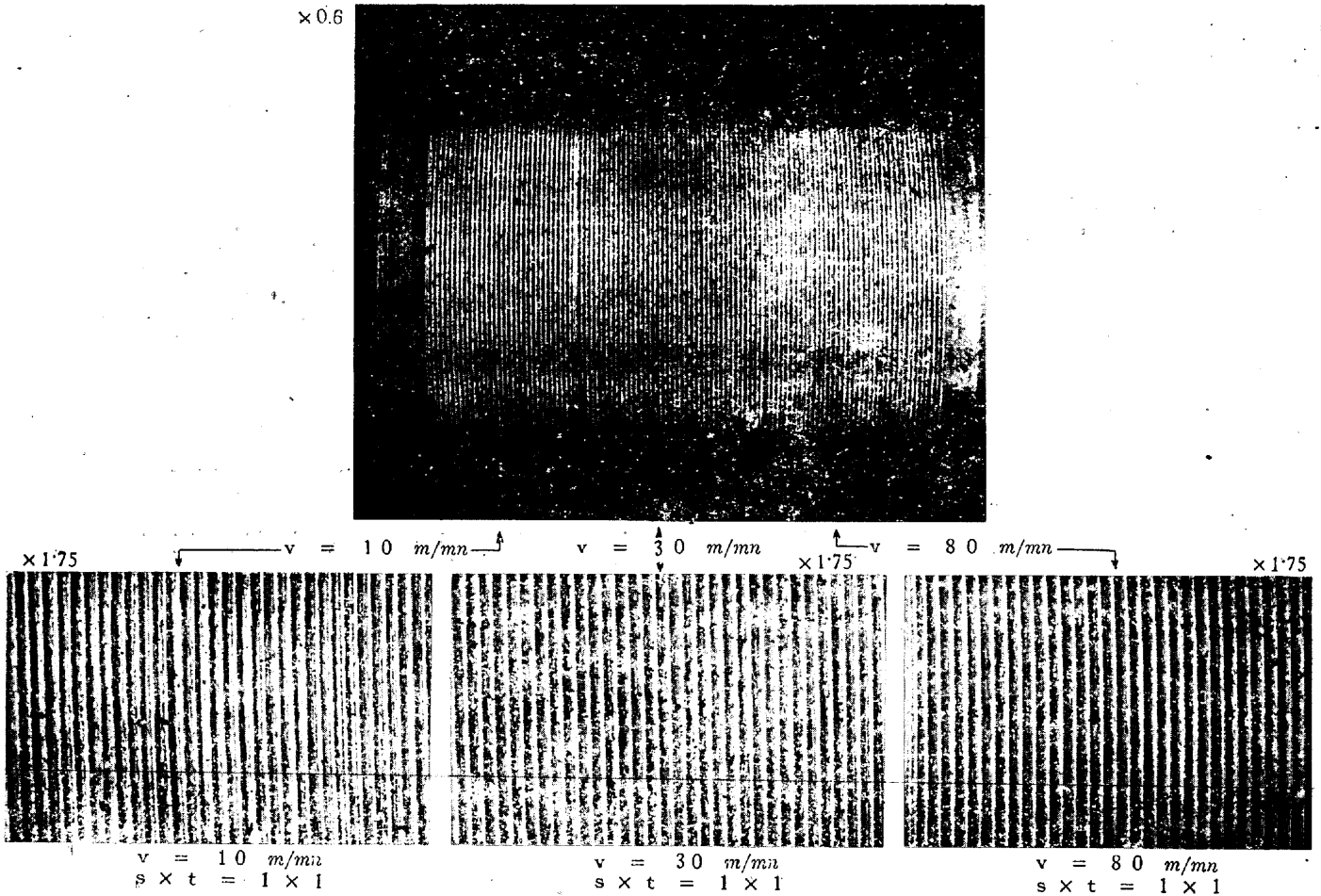
第1表 表面を平滑に切削し得る限界切削速度⁵⁾

鋼種 材質	軟鋼	半硬鋼	強靱鋼 VCN 35	Cr 不銹鋼	Ni-Cr 不銹鋼	炭素 工具鋼
抗張力 kg/mm ²	35	76	85	57	70	—
切削速度 m/mn	40	35	18	20	10	20

この限界切削速度は必ずしも實際と適確に一致せぬことはその後に行はれた幾多の實驗⁶⁾によつて證明された。實際の切削作業に當つては試験の際に影響を及ぼす動因——材料の組織、成分、偏析度、熱間及び冷間に於ける加工度等材料方面より來る影響の外に、工具の材質、熱處理、切削の角度及び切削面積、切削油の性質及び使用量、旋盤の精度、旋盤工の作業方法等切削條件の影響の如き極めて複雑なる作用——があつて、正確且不變の數字を提出するのは甚だ困難なる事情にはあるが然し工場に於ける實地の切削作業を行ふ場合に切削速度をある程度以上に高くすれば切削面が平滑になることは常識となつて居る(第1圖)。

尙材料を高速度に旋削すれば、次の如き重大なる利益を伴ふ事が明瞭である。

(i) 旋削の能率向上を來し切削製品の原價を低下せしむ。



第1圖 荒切削に於ける切削面の平滑度

快削鋼 $C=0.06$, Si =痕跡, $Mn=0.40$, $P=0.050$, $S=0.140$, 100φ 歴延の儘の材料, 無給油旋削
 切込 $t=1mm$, 送り $s=1mm$, 工具 JES 第2種高速度鋼

(ii) 假に n 倍の切削速度を擧げて作業すれば $1/n$ 臺の
 工作機械にて間に合ひ, 人手も亦減する。

以上の如き材料の高速切削の利益を享受せんがためには
 切削条件の改良は勿論であるが, 一面材料の削易性 (Zer-
 spanbarkeit) を向上せしむることがより重要な条件であ
 つて, 鋼の切削に関する限り寧ろ削易性の高い材料を使用
 せねば, 工具を持たせ且切削面の良好なる經濟的高速度切
 削は望み難しといつても過言ではない。

而して材料の削易性を判定するには幾多の方法があるが
T-v 曲線に依るを便利とする (第2圖)。

即ち全然同一の切削条件の下に各種の材料を切削する場
 合

$$v = \text{切削速度 } m/mn \quad T = \text{工具の壽命 } mn$$

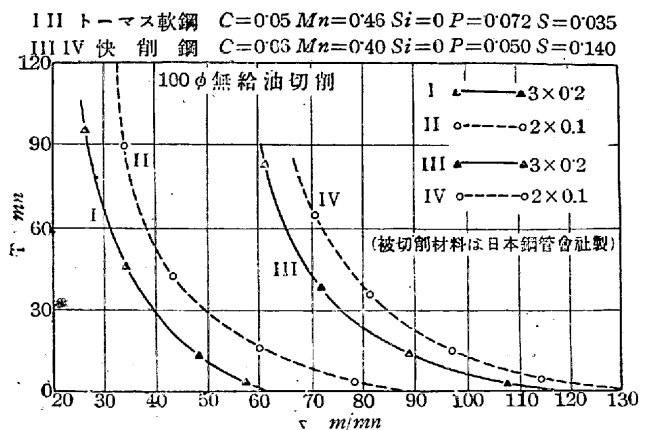
とし

各種の切削速度に相應した再研磨迄の工具の壽命を取れ

ば

$$Tv^n = \text{定數} \quad \text{の如き對數曲線が得られる}^1).$$

第2圖は JES 第2種の工具を用ひ 100mm 丸鋼を無給
 油切削した實驗の結果であつて, 快削鋼とトーマス軟鋼と
 を比較したのはトーマス鋼の方が平爐鋼より削易性が良好
 であるため, 大略同一の抗張力を有する兩種材料の削易性
 を比較した。

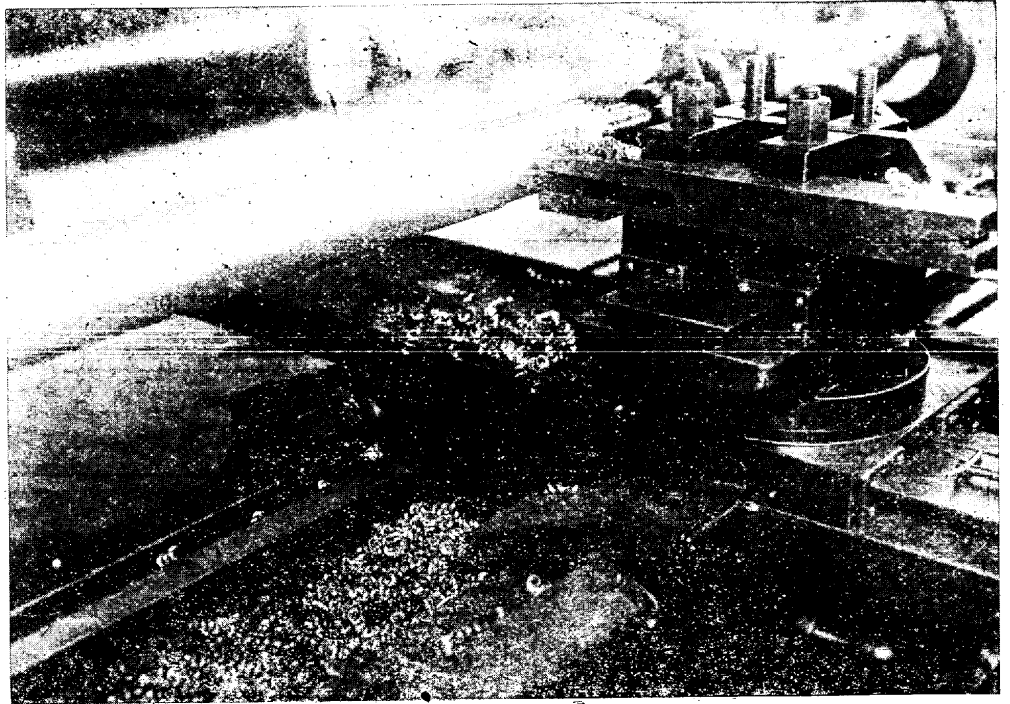


第2圖 重切削に於ける T-v 曲線

曲線 I 及び III により工具 $1h$ の壽命を見るに

トーマス軟鋼 $v_{60} = 32 \text{ m/min}$
 快削鋼 $v_{60} = 65 \text{ m/min}$
 となる。

一般に軟鋼、半硬鋼は高速度の切削を要求される場合が甚だ多いが遺憾ながらその削易性がかなり低いため加工能率が意外に悪いので、従つて高速度高能率の切削が要求される場合には勢ひ黄銅を使用するか、否んば快削鋼を使用せねば目的が達せられない。何となれば黄銅の削易性は非常に高く切削される材料に最も適し、之に匹敵する鋼としては快削鋼のみであるが、これとても削易性は黄銅の1/2乃至1/3に過ぎず、普通鋼に至つては全く問題とならぬ。



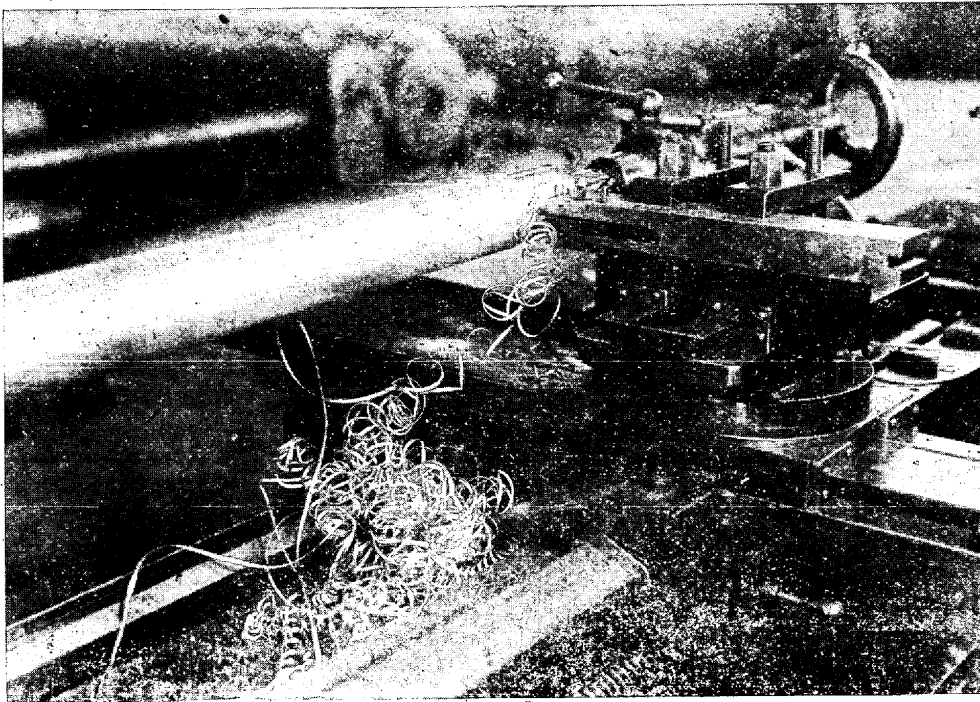
第4圖 快削鋼の高速重旋削

95φ 壓延の儘 $C=0.060$, Si =痕跡, $Mn=0.54$, $P=0.093$, $S=0.183$ (日本鋼管會社製)
 工具同一條件, $v_{40}=62 \text{ m/min}$, $t=3.5 \text{ mm}$, $s=0.2 \text{ mm/rev}$.

第2表 輕切削に於ける各材質の切削速度

被切削材料	切削速度 $v_{80} \text{ m/min}$
軟鋼	12~25
半硬鋼	10~20
眞挽物用黄銅 (Free Cutting Brass)	100~120
快削鋼	135~150
	50~65

茲に軟鋼、半硬鋼等を切削する場合に削易性を高められぬ原因は、切削の際高速切削により工具が猛烈に發熱して忽ち焼損して作業不能に陥るのみならず、切削面が平滑とならぬこと及び切屑が細かく切れぬため機械に捲付き故障を起し易いこと等に歸せられる。従つてこれ等の鋼は構成双

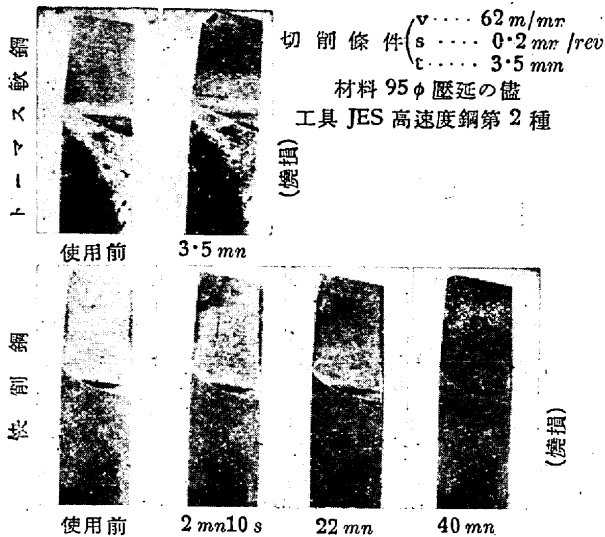


第3圖 トーマス軟鋼の高速重旋削

95φ 壓延の儘 $C=0.06$, Si =痕跡, $Mn=0.45$, $P=0.060$, $S=0.030$
 工具 JES 高速鋼第2種, $v_{3.5}=62 \text{ m/min}$, $t=3.5 \text{ mm}$, $s=0.2 \text{ mm/rev}$.

先 (Built-up Edge)⁸⁾ を最も發生し易く、それがため切削面の最も荒い $15 \sim 30 \text{ m/min}$ の切削速度の下に不利な作業を行ふべき運命となつて居る⁸⁾。第3圖及び第4圖は快削鋼と普通の軟鋼との切屑が旋盤で高速切削する場合の差違を示す(第3、第4及び第5圖)。以上の困難は快削鋼の使用によつて打開されるのである。

一般に工作機械の高速運轉に必要な條件は(イ)工作機自體の改善の外に、(ロ)工具の改良進歩、(ハ)切削條件の研究、(ニ)切削技能の熟達、(ホ)切削油の選擇、(ヘ)切削せらるべき材料の加工性等幾多有るが、この内



第5圖 高速度重切削に於ける刃先消耗状態の比較

最も重要且有效なる要件は被切削材料の研究である。何となれば、他の條件は機械工場内に於て容易に解決される故である。假令これ等の條件を満し得る場合でも、削易性の高い材料を使用すれば猶更有利である。

次に材料の削易性を向上せしめんがためには (イ) 焼鈍又は焼準の如き熱處理を施すこと (ロ) 冷牽作業を行ひ或は、(ハ) 削易性を附與する元素を配合して快削鋼とする等の方法があるが、此の内 (イ) と (ロ) とは採用出来ぬ場合もあり眞に有效なるは (ハ) の外は見當らない。

快削鋼はこの目的のため製造せられ、普通鋼の如く、切削困難なる條件は容易に克服せられ、通常の給油軽切削作業に對しては優に $v_{8n} = 60 \sim 65 \text{ m/mn}$ を舉げ得る材料が製造されることが實驗的に確められた。従つて普通の炭素鋼を削る場合に比して、2~3 臺の旋盤を1臺の旋盤にて行ふことが出来、黄銅の代用は十分に可能である。勿論本鋼と雖も使用範圍の限界はあるが利用範圍が案外に廣いのと切削加工が著しく容易なのは驚嘆に値する。

III. 鋼の削易性に及ぼす各元素の影響

本問題は極めて廣範圍に互り且上記の如く切削作業の條件も亦甚しく多岐且複雑であるがため、到底 1~2 回の實驗に依つて直ちに判断を下す事は早計である。

一例を擧ぐれば一般に鎮靜鋼は非鎮靜鋼に比して、相當に削易性が低いものなるに拘はらず^{9) 10) 11)}、Otto Weidtmann¹²⁾ に依れば、マンガン、クロム等にて鎮靜せる快削鋼は削易性甚だ良好なる結果を示して居る。これ即ちマンガン、クロム等は何れも鎮靜作用が極めて緩慢なるため縱令これ等の元素で鎮靜するとしてもリムド鋼塊に近い半鎮

靜鋼の性質となり、珪素を以て鎮靜せる通常の鎮靜鋼よりも削易性の優れた鋼となり、畢竟鎮靜作用の強弱を示すこととなり、この作用のみを以て直ちに削易性の上及ぼす影響を斷定することは許されぬ。

剩へ、機械加工の作業條件を完全に不變ならしめ得たとしても材料の化學分析以外に鋼の精鍊及び鑄造の條件、壓延作業の影響、鋼塊に於ける試料の位置等によつても亦左右され且冷牽作業に於ける断面壓縮率或は熱處理等によつて一定條件の試料作製を困難ならしめ、又機械加工の條件とて、その性質上到底絶對性は望むべくもない。仍て各種の實驗と從來の經驗とによりて二、三の元素について大略の傾向を示し研究問題として提出したい。

1. 炭素

H. G. Graham¹³⁾ に依れば

轉爐鋼 (Bessemer) の場合には $C = 0.10\%$

平爐鋼としては $C = 0.20\%$ の所が最も

削易性が宜しいと説くが、一般的に C 高き程硬度を増し、早く工具を焼損せしむる傾向が強くなり、削易性を低下する。而して極度に低炭素の材料が工具に粘着することにより削易性を低下せしむるが如きは寧ろ例外であつて、冷牽を同一壓縮率にて行へば削易性は上昇し來る。而して冷牽を経て使用する場合には C の上昇は敏感に削易性を低下せしむるのである。

2. マンガン

炭素に次で工具を消耗する傾向があり非鎮靜鋼は Mn の高い程鎮靜鋼に近づき削易性を低下せしむるのみならず、鎮靜鋼としても $1.00\% Mn$ に於て削易性は低下し 1.5% に至つて愈々この傾向著しくなることは實際上經驗される所である。獨逸の快削鋼は特別の外は鎮靜鋼と雖も $1.0\% Mn$ に止め、米國の快削鋼にては $1.65\% Mn$ 迄含有せしむる規格はあるが、これは高張力鋼の削易性を出来得る限り向上せしめたるものと見らる (VIII 2, VIII 1)。

3. アルミニウム

Al は鋼の鎮靜作用最も強く、加之アルミニウムを以て鎮靜された鋼は、アルミナの介入を起し易く、アルミナは工具を損傷する傾向となり、結局 Al の混入は鋼の削易性を激減せしむるを以て極めて不利である。

4. 珪素

Si は Al に次で鎮靜作用強く Si を配合すれば鋼を鎮靜せしめて削易性を減少せしむるのみならず、珪酸鹽となればアルミナと同様に工具を傷めるので削易性は二重に低下

して来る。Si は Al に次いで鋼の削易性を低下せしむ。

5. 燐

P が削易性を向上せしむるは一般に認められる所であつて、切削の際切屑を細かくし工具の磨滅を防ぐ傾向あるは¹⁴⁾、P の含有に基く層状組織を生じ上の作用を促進せしむるので、この性質は削易性の向上に對しては第二義的である。従つてP を高くして削易性の向上を圖れば當然冷間脆性を増し来るため鋼の性質を害するのみならず 0.15% 以上とすれば却つて工具の損傷を早めることとなる。

依つて、冷牽の際切斷し易き高炭素の快削鋼に於ては勿論、低炭素の鋼にありても $P < 0.10\%$ にするを可なりと考へる。

6. 硫 黄

S の削易性向上に及ぼす影響は最も顯著であつて 0.06% にて既にその傾向を示し 0.1% に達すれば歴然となり、愈増加すれば益々削易性の向上を示すに至る。然るにS の増加は必然的に衝撃値を減少せしむるのみならず、材料は赤熱脆性を現はし來り、熱間鍛錬性を阻害するに至るので、鍛造又は壓延を可能ならしむるためには Mn の加入が必要となり、かくすれば C, Mn 何れも高まり同時に鋼は鎮靜される傾向となるため削易性向上の効果を却つて減殺するに至る。依りて $S = 0.3\%$ は極限と考へられ通常は 0.25% を超過すれば製鋼壓延何れに於ても困難を伴ひ、良質なる快削鋼が製造されぬこととなる。

場合に依りては $S = 0.5\%$ 迄含有せしむる例はあるが (VIII. 1) これは特別の場合と見做すべきである。

7. 鉛

黄銅、亜鉛合金、アルミニウム合金等に $Pb = 0.25 \sim 0.30\%$ を配合すれば、削易性の著しく上昇し來る現象が報告されて居るが、鋼に於ても Pb の同量を配合することにより削易性の向上が認められる¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。

この現象につき原因の探究は未だ完成し居らざるも Pb の削易性向上に關しては鋼以外には廣く利用されて居る。

鋼に $Pb = 0.2\%$ 以上含有せしむれば、削易性の向上は既に現はれ 0.20~0.25% 配合した場合には、その組織中に於ける Pb は顯微鏡或はレントゲン放射を以てしても檢出し得られざる程微粒に分布して、切削の際、切屑を細かくし Pb が潤滑剤の作用を呈し、従つて鋼の削易性を改善することとなる¹⁵⁾。

Pb を含む鋼は S を含む鋼の如き赤熱脆性を起すことなきのみならず、機械的性質も Pb を含まざる鋼に比して何

等差異なく、且冷間に於ても、衝撃値の低下著しからざるため普通鋼に比較して衝撃抵抗高くして猶、削易性高き鋼の製造に適當であり、削易性の向上は S に次いで高い。

然し Pb が鋼に熔解せぬために配合に困難と危険とを伴ひ現在は 0.25~0.3% Pb の配合が通常適當とされる。

尚 Pb と S とを同時に配合すれば鑄造は困難ではあるが削易性の著大なる鋼を得らるゝ筈で、今後の研究に俟つものである。

8. セ レ ン

不銹鋼の機械加工を容易ならしむるため 0.2~0.25% Se を配合し、削易性にせしめ得るも、未だ試験時代を脱しない¹⁸⁾¹⁹⁾。

以上鋼の削易性に及ぼす大略の傾向を分類すれば、次の如く

- (イ) 削易性を向上するもの S, Pb, P, Se
 (ロ) 同上低下せしむるもの C, Al, Si, Mn

精細なる結論に至りては、何れ今後の精密にして豊富なる實驗を経ねばならぬことは論を俟たぬが、今日迄の實驗と經驗に基き上の傾向に大なる誤差はないものと信ぜられる。

IV. 快削鋼の種類

黄銅に 1.5~3.0% Pb を配合して挽物用黄銅 (Free Cutting Brass JES 第 47 號) とするやうに各種の鋼に、被切削度を向上させ、所謂快削性 (Free Cutting Property) を附與するため適當なる元素を配合して製造するものが快削鋼であつて、或る獨特の固有な快削鋼と云ふものが存するのではない。従つて各種の鋼より各種の快削鋼が製造せられ、性質及び使用目的を異にする快削鋼となるものと見るべきである。

故に分類が必要になつて來るがその方法としては、配合元素によるものと、製鋼法によるものとの 2 種が考へられる。

- (1) 配合元素によるもの S, Pb, Se
 Sulphur Steel, Bleistahl, Acier au Plomb, Lead Bearing Steel 等
 (2) 製鋼法によるもの
 (i) 鋼塊の鑄造法により非鎮靜と鎮靜快削鋼とに分類される。
 (ii) 製鋼爐に基く分類法……轉爐、平爐、電氣爐、トーマス快削鋼、平爐快削鋼等

第3表 製鋼法による快削鋼の分類

製鋼法	快削鋼	配合元素	原鋼種
非鎮靜鋼	(イ)非鎮靜快削鋼	S	軟鋼
鎮靜鋼	(ロ)鎮靜快削鋼	S, Pb	軟鋼, 半硬鋼, 硬鋼
	(ハ)高級快削鋼	S, Pb, Sc	特殊鋼

以上の内(イ)の非鎮靜快削鋼は被切削度の向上を第一条件として製造されるもので削易性が最も高く、(ロ)は之に次ぎ(ハ)は材質上被切削性が極めて低い特殊鋼の被切削度を略倍加する目的で製造されるものである。

V. 非鎮靜快削鋼の諸性質

快削鋼中最も削易性良好なる非鎮靜快削鋼につき、削易

第4表 日本鋼管會社製トーマス快削鋼の化學成分

鋼番	鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cu
4,867	トーマス快削鋼	0.06	痕跡	0.40	0.050	0.140	0.07
5,565	同上	0.10	"	0.62	0.068	0.163	—
5,810	同上	0.06	"	0.57	0.093	0.183	—

性其他下記13項に亘る各種の試験を行つた。

1. 機械的性質

機械的性質を比較するため、トーマス快削鋼、トーマス軟鋼、平爐軟鋼の12φに壓延したる儘の状態、各5~10本の試材を取り比較せるに、抗張力、伸、絞は第5表に示す通りで、之より見れば、Sの含有量は之等の性質に著

第5表 熱間壓延状態に於ける快削鋼の機械的性質

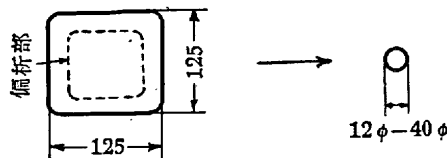
鋼種	鋼番	C	Si	Mn	P	S	Cu	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %
トーマス快削鋼	4,867	0.06	痕跡	0.40	0.050	0.140	0.07	41.4	32.3	62.3
"	5,565	0.10	"	0.62	0.068	0.163	—	41.3	29.8	62.0
"	5,810	0.06	"	0.57	0.093	0.183	—	44.3	28.2	59.4
トーマス軟鋼	4,943	0.06	"	0.52	0.079	0.036	0.08	45.5	30.8	64.8
平爐軟鋼	6,716	0.10	0.20	0.43	0.032	0.047	—	47.5	31.2	66.7

しき影響を及ぼさないこと明かで、平爐軟鋼の抗張力高きは鎮靜鋼なるが故と見らる。衝撃値に關しては、トーマス鋼、平爐鋼何れにあつても、非鎮靜鋼としては不同を免れないが、Sの影響に就き第12項に詳述す。

2. 壓延及び鍛鍊試験

(i) 鋼塊より壓延せられたる125mm鋼片より12φ以上40φ迄壓延せるも著しき疵を生ぜず試験の結果は至極

0.06 C, 痕跡 Si, 0.40 Mn, 0.050 P, 0.140 S

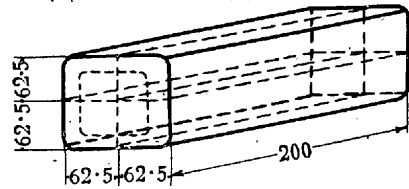


第6圖 快削鋼の壓延

良好なり。

(ii) 次に偏析部の赤熱脆性を見るために、125mm角を縦にガス切斷を行ひ、各邊約62.5mmの鋼片となし、各の一片を15mm角迄鍛造した。この場合には、各試片共偏析部を直接加熱鍛造することとなりたるに拘はらず、

0.06 C, 痕跡 Si, 0.52 Mn, 0.093 P, 0.183 S



第7圖 快削鋼偏析部の鍛鍊試験

外面疵を生ぜず。以上(1)及び(2)の試験に於て縁部のみに限らず偏析部も亦熱間鍛鍊性あるを知る。而して壓延及び鍛鍊試験に於て、場合によつては外面に小疵が僅か生ずることもあるが何れも餘り深くないため容易に除去することが出来た。然し本鋼の如く赤熱脆性ある材料の壓延及び鍛鍊に於ては、加熱温度並に鍛鍊方法に注意を拂ふ必要あるは勿論である。尙熱間加工性に就ては本章の最後に述べることとする。

3. 冷間加工

(1) トーマス軟鋼と快削鋼とを12φより30%冷率して10φとせる結果は、各種の機械的性質には生ず快削鋼が特に不利な徴候を示さない。

第6表 冷率後の快削鋼の機械的性質

鋼種	鋼番	C	Si	Mn	P	S	Cu	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %
トーマス快削鋼	4,867	0.06	痕跡	0.40	0.050	0.140	0.07	65.9	9.2	45.5
"	5,565	0.10	"	0.62	0.068	0.163	—	58.3	10.3	41.0
"	5,810	0.06	"	0.57	0.093	0.183	—	62.7	11.1	47.4
トーマス軟鋼	4,943	0.06	"	0.52	0.079	0.036	0.08	72.9	5.0	45.9

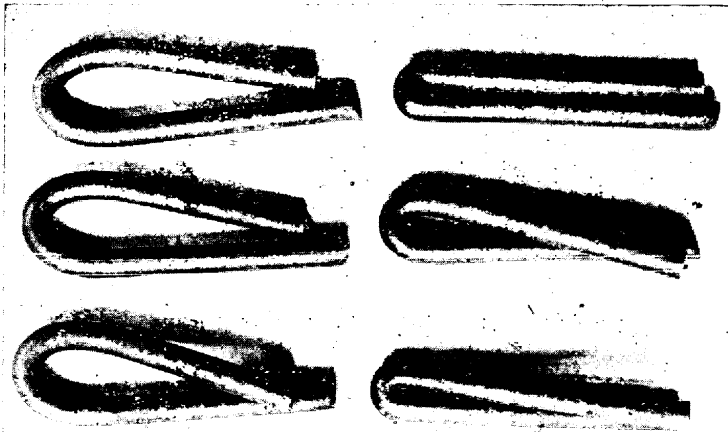
(2) 0.163% S 及び 0.183% S の2鋼番より壓延せられたる12φ製品の屈曲試験を行つた結果、何等の疵を生ずることなく、Sの配合は冷間加工に全然害を及ぼさぬことが證明された(第7, 第8圖)。

4. 電氣熔接試験

快削鋼、トーマス軟鋼、平爐鋼より各3~5本、12mmφの試料を取り、之を中央より切斷し略圖の如く電氣熔接を行つた。然る後各試料につき抗張力、伸を試験した結果を第7表に示す。

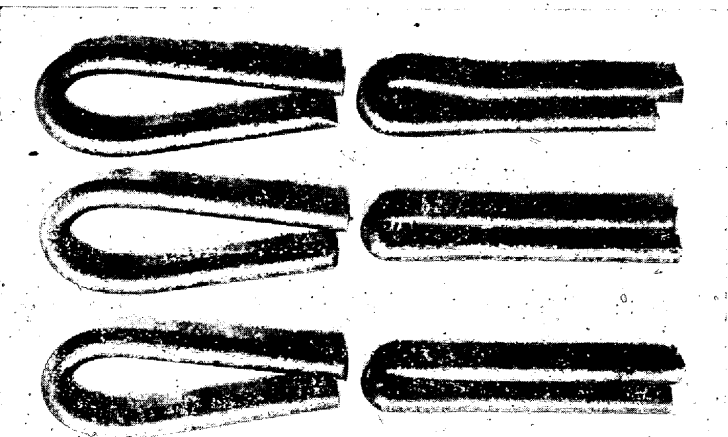
快削鋼 # 5,565

C=0.10, Si=痕跡, Mn=0.62, P=0.068, S=0.163



快削鋼 # 5,810

C=0.06, Si=痕跡, Mn=0.54, P=0.093, S=0.183



第8圖 快削鋼の冷間屈曲試験 12mmφ 壓延状態

結果より見るに快削鋼の電気熔接はトーマス軟鋼及び平爐軟鋼に比較して稍劣るも、決して不可能ではない。

5. ガス熔接試験

4. 項と同様な試料を作製し略同様な方法を以てガス熔接を行ひたる後、機械試験を行つた結果第8表を得た。

第8表 快削鋼及び軟鋼ガス熔接後の機械的性質

鋼番	鋼種	試料 番號	G(ガス熔接)		備考
			抗張力 kg/mm ²	伸%	
5,810	トーマス 快削鋼	11	42.0	10.4	×熔接部外より切斷せるもの
		12	44.1	11.35	
		13	38.6	8.34	
		14	42.6	9.69	
		15	43.5	10.2	
		平均	42.1	10.2	
556	トーマス 軟鋼	11	48.7	21.7	
		12	45.9	10.62	
		13	47.7	16.45	
		×14	52.2	11.15	
		×15	46.4	14.16	
		平均×	47.5	16.3	
10,916	平爐軟鋼	×11	38.2	24.7	
		×12	39.6	23.2	
		×13	37.8	20.5	
		×14	37.7	16.65	
		×15	38.1	24.1	
		平均×	38.3	21.8	

快削鋼はガス熔接後の機械的性質劣る傾向を認むるも、ガス熔接は可能である。

6. 鍛接試験

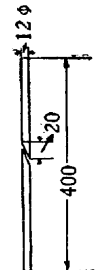
次に快削鋼竝に上と同一の試料を各鋼番毎に4~5本採り、これ等を中央部より切斷して鋸屑及び硼酸を熔接材として重ね鍛接を行ひ、重ね接ぎの部分が原の直径となる迄鍛造した後、何等熱処理を行ふことなく試料の機械試験を行つた。その結果は第9表に示す通り

第7表 快削鋼及び軟鋼電気熔接後の機械的性質

鋼番	鋼種及び 化學成分	試料 番號	W(壓延状態)		試料 番號	E(電気熔接)		備考
			抗張力 kg/mm ²	伸%		抗張力 kg/mm ²	伸%	
5,810	トーマス快削鋼 0.06 C 痕跡 Si 0.57 Mn 0.093 P 0.183 S	1	43.5	30.2	6	38.8	9.38	×熔接部外より切斷せるもの 試料
		2	44.1	29.3	7	38.6	8.34	
		3	45.3	32.3	8	39.4	3.12	
					9	40.4	8.34	
					10	36.1	7.29	
		平均	44.3	30.4	平均	38.6	7.29	
556	トーマス軟鋼 0.06 C 痕跡 Si 0.54 Mn 0.086 P 0.028 S	1	45.3	34.4	7	42.1	11.97	12φ 400 熔接棒 JES, 臨規, 軟鋼 0.11 C 痕跡 Si 0.37 Mn 0.057 P 0.036 S 0.22 Cu
		2	45.6	35.4	8	43.3	10.40	
		3	44.7	33.3	9	46.5	14.05	
		4	45.7	34.4				
		5	44.9	34.4				
		平均	45.2	34.4	平均	43.9	12.1	
10,916	平爐軟鋼 0.09 C 痕跡 Si 0.37 Mn 0.027 P 0.038 S	1	36.1	39.5	6	37.0	3.12	
		2	36.2	39.0	7	38.6	18.75	
		3	36.4	37.5	×8	35.7	22.30	
					×9	38.0	19.80	
					×10	38.1	26.04	
		平均	38.5	38.5	平均×	37.8	10.9	
				37.2	22.7			

であつて、この試験は最初は不可能と考へられたが、結果は豫想に反して、加熱及び鍛錬の作業を綿密に行へば出来る事が證明された。

第9表 快削鋼及び軟鋼鍛接後の機械的性質

鋼番	鋼種	試料番號	F(鍛接)		備考
			抗張力 kg/mm ²	伸%	
5,810	トーマス快削鋼	1	41.0	18.75	×鍛接部外より切断せるもの 試料寸法 
		2	38.0	16.65	
		3	40.3	11.45	
		4	40.2	16.66	
		5	42.1	20.84	
		平均	39.7	17.50	
556	トーマス軟鋼	2	41.3	17.40	接合劑 鋸屑及び硼酸
		3	37.5	13.55	
		4	39.3	11.98	
		5	40.4	11.45	
		平均	39.6	13.59	
		10,916	平爐軟鋼	2	
3	31.4			17.10	
4	30.2			12.60	
5	30.2			16.45	
平均	30.0			14.60	

上の3種接合試験を通じて見れば、熔接方法としてフラツシバツト法を採用すべきを點熔接に據れること及び熔接棒の選擇等につき未だ餘地あるのみならず試料の数も僅少なれば、熔接性の良否について決定的判断を下すことは出来ぬが、少くとも3種の接合につき能否を検することが出来るのである。而して快削鋼がトーマス軟鋼及び平爐軟鋼に比較して接合後如何なる機械的性質を有するかを明瞭ならしむるため、各種の材料に就き接合の前後に於ける機械的性質を第10表に總括的に示した。結局この種の快削鋼は熔接又は鍛接性が普通軟鋼よりも劣るが、或る程度迄

は可能であるといふ結論に達した。

7. 實地使用試験

0.06% C, 0.140% S のトーマス快削鋼より第9圖の如き試験用ボルトの(A)(B)2種計6本を製作し、特に荷重と衝撃最も甚しい大形壓延機、第一粗壓延機中の2個所、即ち第10圖及び第11圖の位置に於て試験した。その結果、ボルト(A)の1本は9日間使用後折損し、他は何れも1ヶ月間使用し得た。そして折損したボルトも製造方法に誤りがあつたことを發見し、快削鋼製ボルトが普通鋼材より製作せられたボルトと大差ない成績を示したのは意外であつた(第9~11圖)。

8. 普通旋盤による重旋削試験

(1) トーマス快削鋼 95φ 無給油重旋削試験

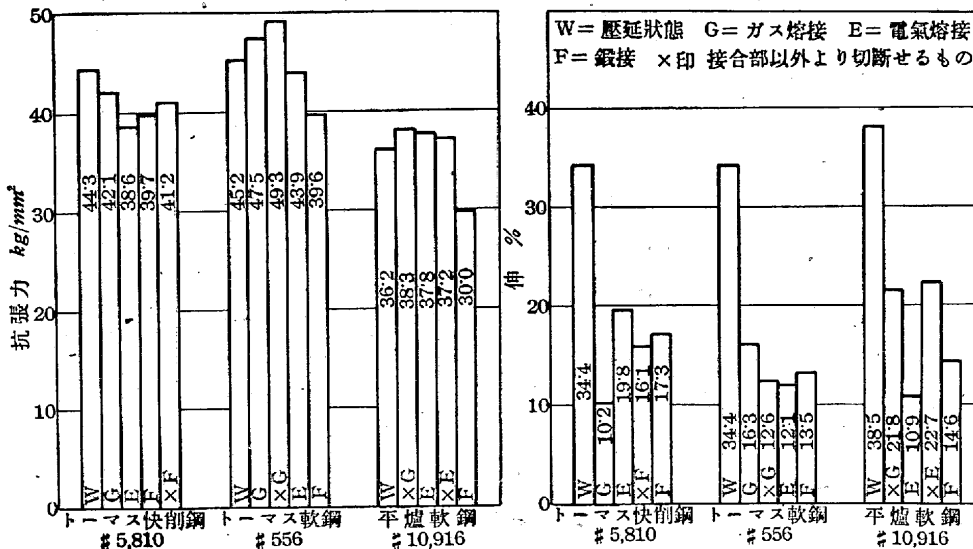
前掲第3~第5圖に示す通りにて、切削速度は、トーマス軟鋼に比して2倍以上となる。

(2) 40φ に壓延したトーマス快削鋼及びトーマス軟鋼の旋削試験(第12圖)。

本試験の結果を見るに、快削鋼に在りては、 $v=55m/min$ の切削速度迄切屑の變色を見ざるに對し、普通軟鋼にありては $v=33m/min$ に於てすでに切屑の青變するを認められ兩材料削易性の差違の甚しきに驚き、高速度を以て快削鋼を切削するも、甚しき熱を生ぜざる現象の著しく現はれるのを認めた。

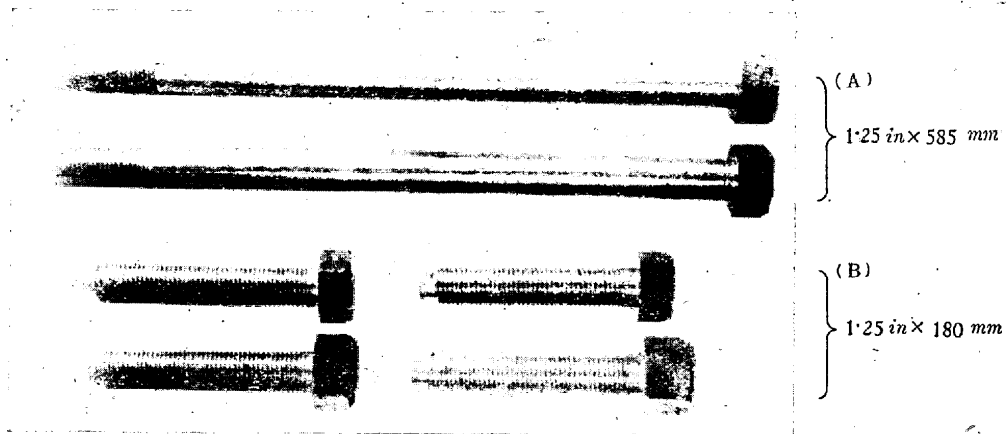
9. 形削盤による低速度重切削試験

快削鋼の低速度に於ける削易性を確むるため、トーマス普通軟鋼と平行して、形削盤による重切削試験を行ひ比較した。即ち各125mm角鋼片を採りこれを形削盤にかけ下



第10表 快削鋼及び軟鋼の電氣熔接、ガス熔接及び鍛接前後の機械的性質比較

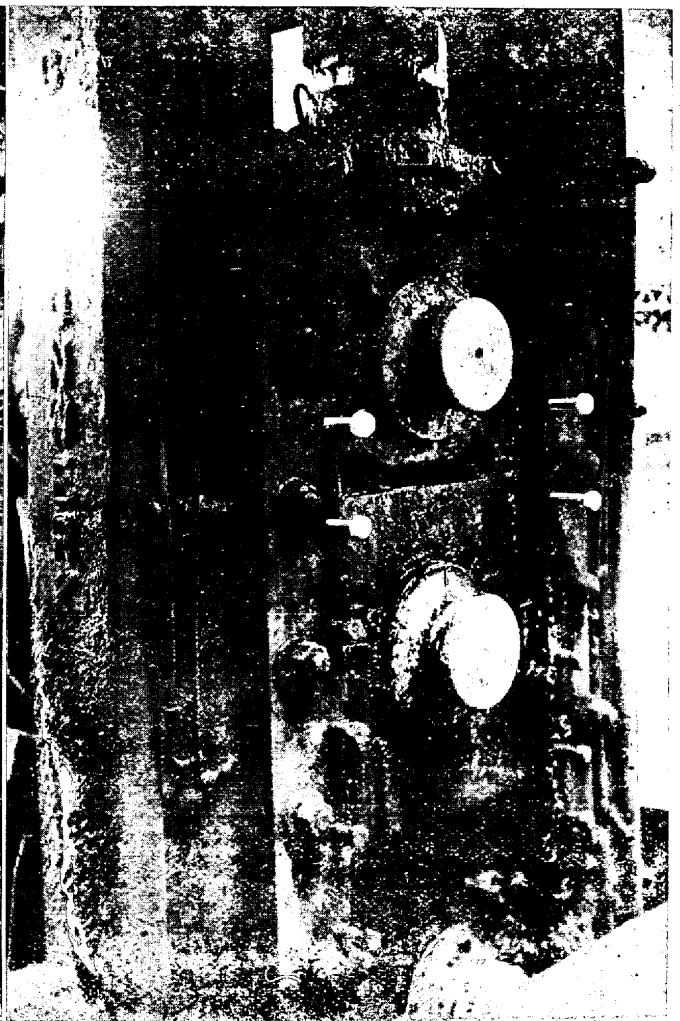
0.06 C
 痕跡 Si
 0.40 Mn
 0.050 P
 0.140 S
 0.07 Cu



第9圖 125°角鋼片より鍛造後削り出せるボルト

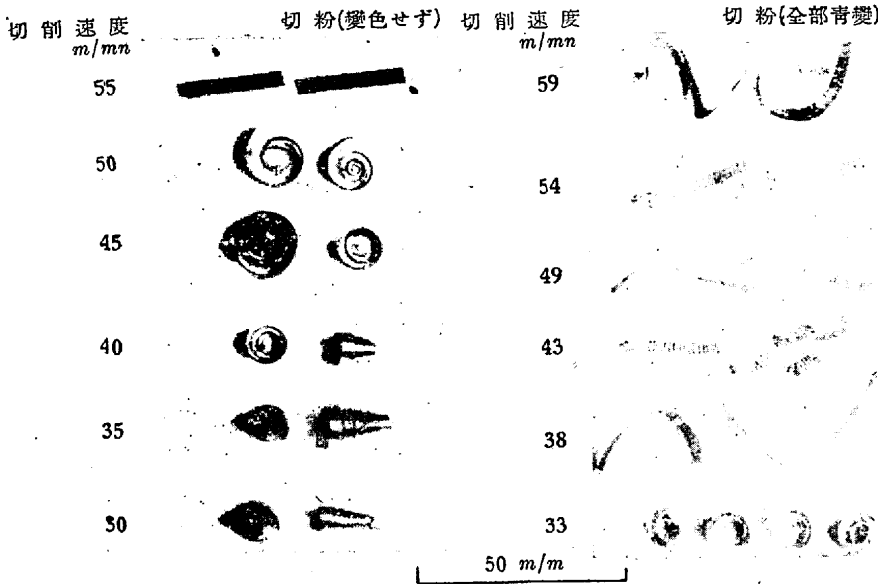


第10圖 ボルト(A)の使用箇所
 大形壓延機誘導装置(白塗は試験ボルト)



第11圖 ボルト(B)の使用箇所
 大形壓延機メタルケース横圧調整ボルト
 (白塗は試験ボルト)

第9, 10, 11圖 快削鋼より製造せるボルトの實地使用試験



トーマス快削鋼 $C=0.06, Si=$ 痕跡, $Mn=0.40, P=0.050, S=0.140$
 トーマス軟鋼 $C=0.04, Si=$ 痕跡, $Mn=0.48, P=0.088, S=0.035$

第12圖 トーマス快削鋼及びトーマス軟鋼の旋削試験

普通旋盤にて 40φ, 無給油旋削, 被切削材料日本鋼管會社製
 工具 JES 高速度第2種, $t=3mm, s=0.1mm/rev$

普通鋼の切屑は連続せる長きものの一部を示す。

の如く殆ど同一の速度にて, 同一時間切削する場合, 切削面積と発生した切屑を比較して第13, 第14圖に切屑を示した。切削の条件下の如し。

第11表 形削盤による切削試験の作業条件

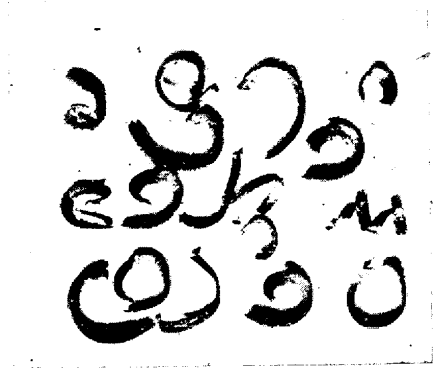
切削材料	トーマス快削鋼	トーマス軟鋼
作業条件		
切削速度 m/min	14.4	12.6
送り $mm/stroke$	0.6	0.47
切込 mm	5.5	2.0
切削面積 $mm^2/stroke$	3.3	0.94
作業時間 mn	40	40



第13圖 快削鋼の切屑 × 3/5

$0.06 C, 痕跡 Si, 0.40 Mn, 0.050 P, 0.140 S$

本実験によりて確めらるゝことは, 工具の壽命を同一にした場合に, 快削鋼は普通軟鋼に比較して著しく切削面積



第14圖 トーマス軟鋼の切屑 × 3/5

$0.04 C, 痕跡 Si, 0.40 Mn, 0.110 P, 0.040 S$

を増大し得る事實にして, 若し假に同一条件の切削を行へば普通軟鋼よりの切屑は青變するも, 快削鋼より生ずる切屑は變色することなく, 且普通鋼切削の場合よりも作業時間著しく延長し, 削易性の優秀なことが證明される。

10. 自動旋盤による高速度輕旋削試験

快削鋼の性能は自動旋盤で高速回転の下にボルト, ナツト, 螺鈎其他異形部分品を製造する場合に普通鋼材を使用するよりも工具の壽命遙かに長くなり切削面亦平滑となつて來て, 意想外の高速度で旋削作業が行はれる處にその特徴を發揮する。而して快削鋼を自動旋盤に掛ける場合には, 熱間壓延の材料を必ず冷牽して, 寸法を一定にし併せて表面の抗張力を高めて高速旋削に適當ならしむ¹⁹⁾。

1. 9.5mmφ 快削鋼にて螺鈎製造試験 於東京芝浦電氣會社マツダ支社

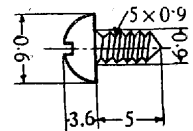
(a) 試験機械: 獨逸製 Hahn u Kolb A. G. Index. Nr

25 自動機

(b) 製品

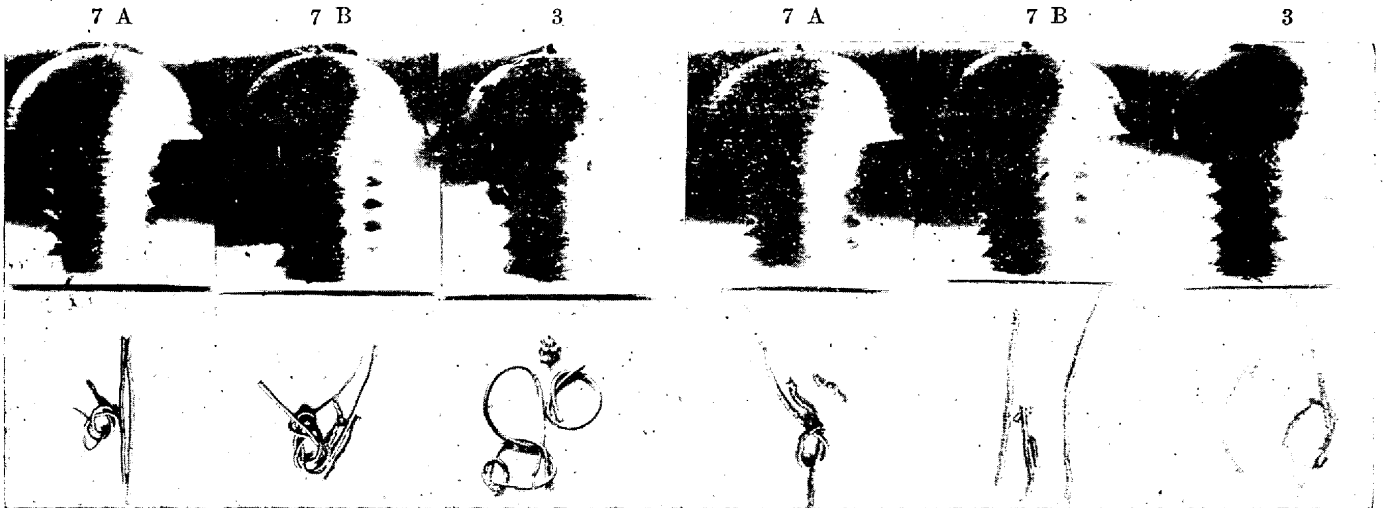
(c) 使用材料: トーマス快削

鋼及びトーマス軟鋼



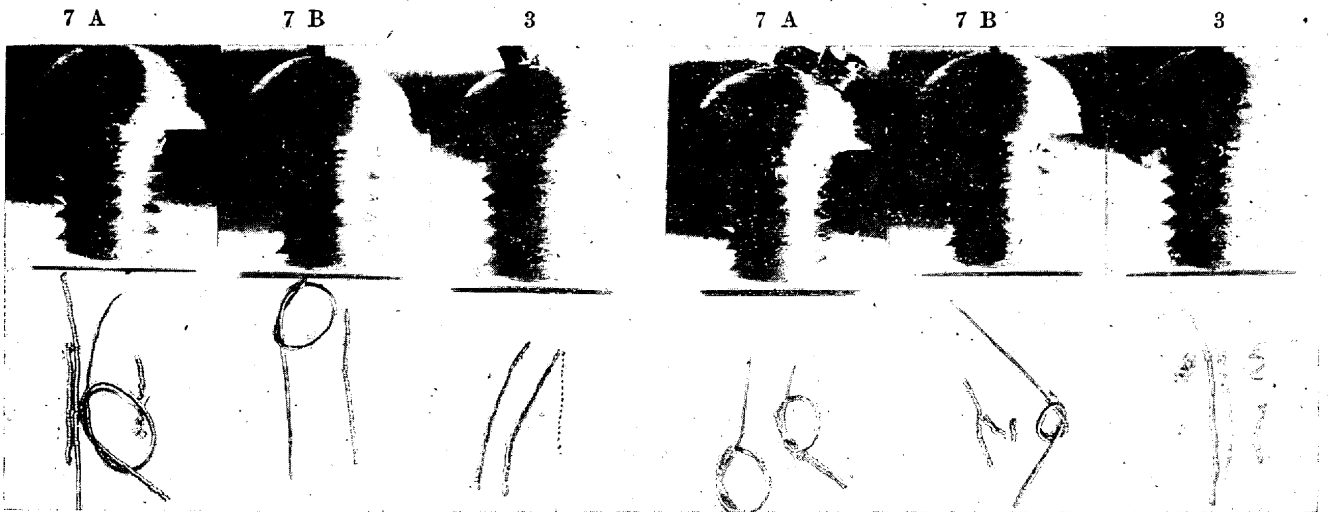
第12表 9.5φ快削鋼及びトーマス軟鋼より螺鈎旋削条件

軸回転 rev/min	旋削速度 $v m/min$	螺鈎仕上時間 $s/1個$	豫想切削速度 $v_{80} = m_1/min$	摘要
2,400	68	15		$t=2.0mm, s=0.003 mm/1回転$
1,900	53	19	53(トーマス快削鋼)	トーマス快削鋼 $0.06C, 痕跡 Si, 0.40 Mn, 0.050 P, 0.140 S$
1,500	42	24		
1,200	34	30		
950	27	38	27(トーマス軟鋼)	トーマス軟鋼 $0.06C, 痕跡 Si, 0.52 Mn, 0.079 P, 0.036 S$
700	20	50		



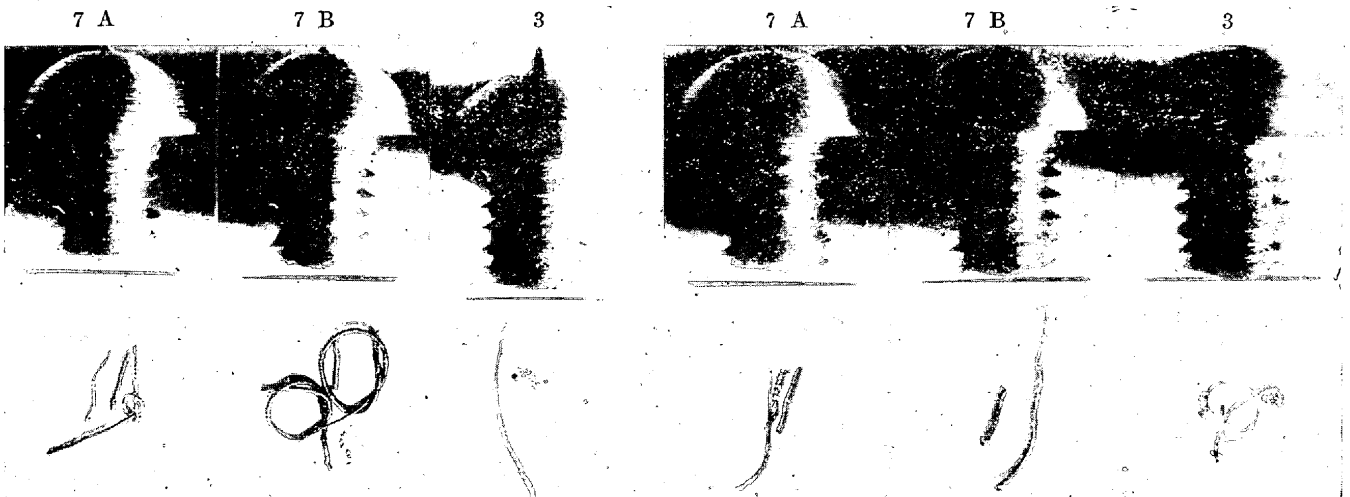
第 15 圖 $v=20m/mn$, $700rev/mn$

第 18 圖 $v=42m/mn$, $1900rev/mn$



第 16 圖 $v=27m/mn$, $950rev/mn$

第 19 圖 $v=53m/mn$, $1500rev/mn$



第 17 圖 $v=34m/mn$, $1200rev/mn$

第 20 圖 $v=68m/mn$, $2400rev/mn$

第 15~20 圖 9.5ϕ 快削鋼の自動旋盤による螺鉋製造試験

7 A, 7 B=快削鋼: $C=0.06$, Si =痕跡, $Mn=0.40$, $P=0(5)$, $S=0.140$

3 = トマ鋼: $C=0.06$, Si =痕跡, $Mn=0.52$, $P=0.079$, $S=0.036$

工具 JES 高速鋼第 2 種: $t=2.0mm$, $s=0.003mm/rev$

被切削材料 日本鋼管會社製

12mm φ → 10mm φ 冷率; 10mm φ → 95 心無し研磨機

(d) 試験結果による判定

各旋削速度に於ける製品の表面及び發生する切屑に就ては、第15~20圖に示されて居る。この内7A及び7Bはトーマス快削鋼、又3はトーマス軟鋼であつて、快削鋼にありては $v=68m/min$ 迄ネジも切屑も良好であるが、通常の軟鋼にありては $v=34m/min$ 以上はネジ切屑何れも不良となつて到底合格する製品は切削されない。此の實驗は試料不足のため T-v 曲線は作製されなかつたが、常用切削速度は

普通軟鋼: $v_{8h}=27m/min$

快削鋼: $v_{8h}=53m/min, v_{60}=68m/min$

程度であることが經驗上推定された。

快削鋼の材質を改良すれば、削易性は猶一層上昇して、優に $v_{8h}=65m/min$ 以上の製品が得られることは、次の實驗で明瞭になつた。

2. 5.5φ 快削鋼の自動旋盤による高速度輕切削試驗

於東京芝浦電氣マツダ支社

(a) 使用材料及び製品寸法

使用材料: トーマス快削鋼及び普通軟鋼 5.5φ 冷率材

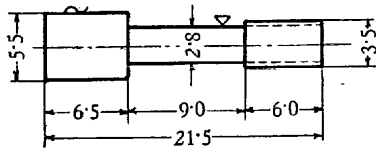
5,810 快削鋼:

0.05 C, 痕跡 Si, 0.57 Mn, 0.093 P, 0.183 S

普通軟鋼:

0.10 C, 痕跡 Si, 0.37 Mn, 0.021 P, 0.030 S

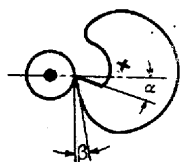
製品: 電氣器具部分品



(b) 使用機械: Brown and Sharpe Automatic Screw Cutting Machine OOG

(c) 工 具: 高速度鋼 JES 第3種刃物形状及び切削角度

$\alpha=8^\circ, \beta=3^\circ$



(d) 切削條件

$n=1,380\sim 5,000 rev/min$

$v=24\sim 86\% m/min$

$t=1.35 mm$

$s=0.003\sim 0.01 mm/rev$

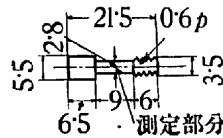
(e) 試験の結果

第13表及び第21~26圖に示した通り、トーマス快削鋼は頗る削易性の優秀なることが認められた。これを要約

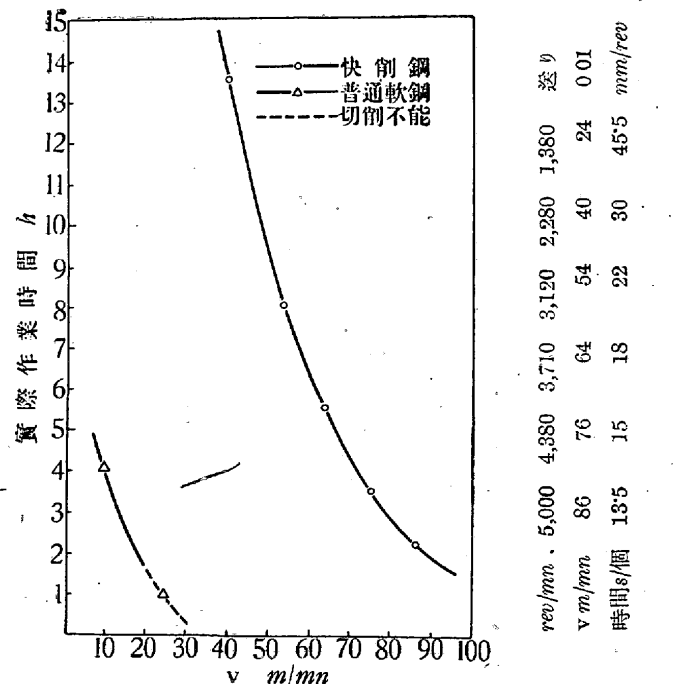
第13表 各速度に於ける連続切削作業

切削材料	主軸回転数 rev/min	切削速度 v m/min	0.003 S mm/rev		0.006 S m/rev		0.01 S mm/rev		備考
			製品個数	作業時間 h	製品個数	作業時間 h	製品個数	作業時間 h	
快削鋼	5,000	86	395	1.7	590	2.4	1,000	4.2	全部製品となる
	4,380	76	450	2.1	790	3.7	1,750	8.1	
	3,710	64	—	—	—	—	1,250	7.0	
	3,120	54	530	3.7	690	4.8	—	—	
	2,280	40	600	7.5	480	4.5	2,150	20.0	
普通軟鋼	1,380	24	—	—	—	—	200	2.8	非製品

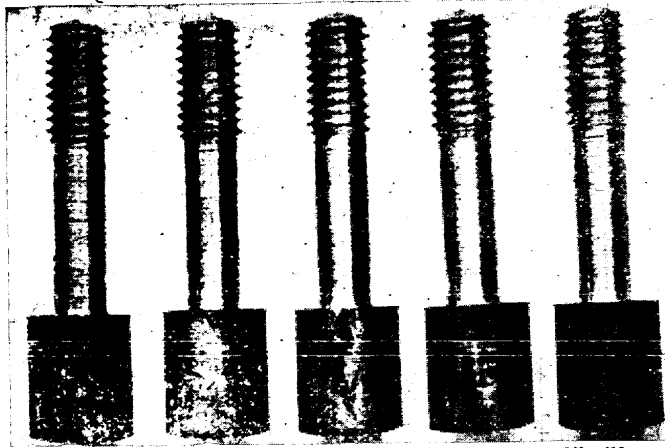
製品 1:1



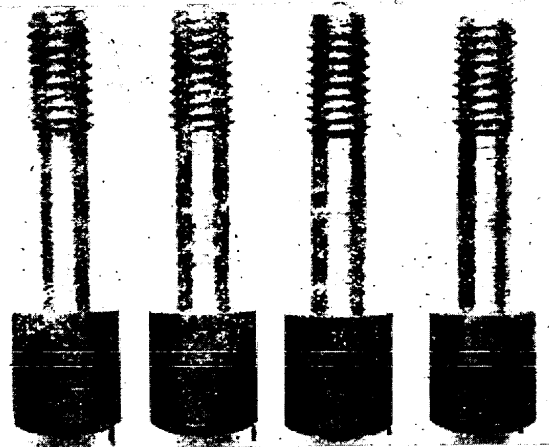
成分	C	Si	Mn	P	S
快削鋼	0.06	痕跡	0.54	0.093	0.183
普通軟鋼	0.10	0.11	0.37	0.021	0.030



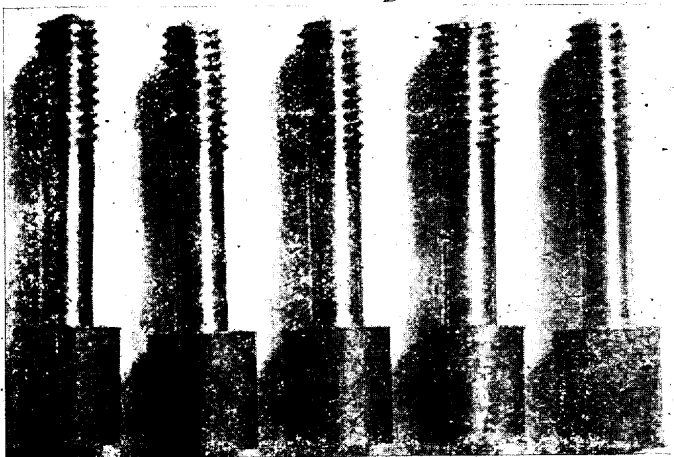
第21圖 トーマス快削鋼及び普通軟鋼の高速度輕切削に於ける成績比較



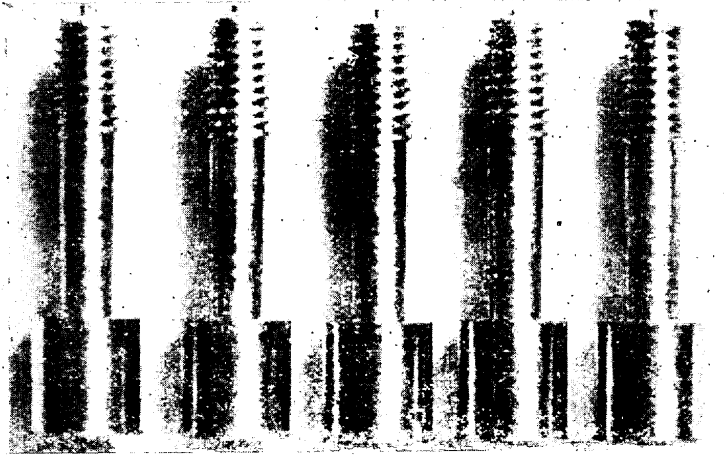
第 22 圖 快削鋼 $v=40m/mn$ $T=20^{\circ}0h$ $2,280rev/mn$



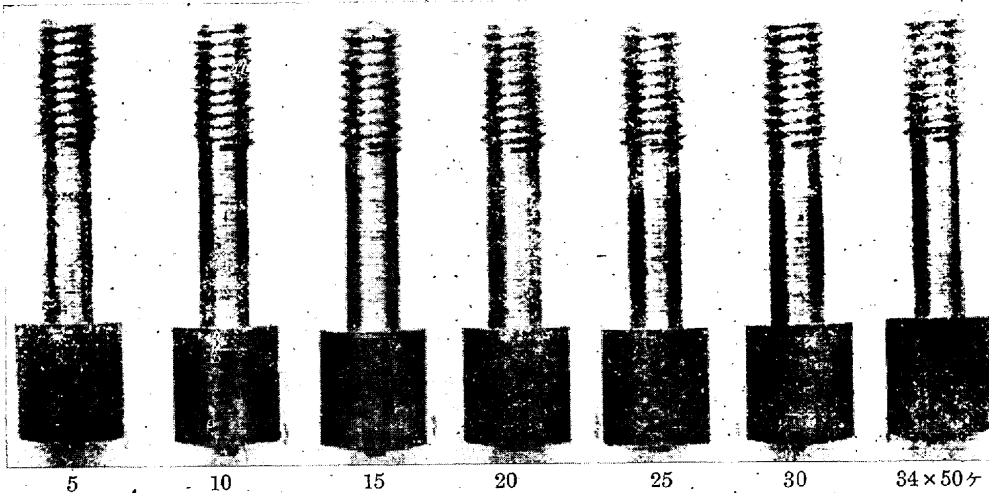
第 25 圖 快削鋼 $v=86m/mn$ $T=4^{\circ}2h$ $5,000rev/mn$



第 23 圖 快削鋼 $v=64m/mn$ $T=7^{\circ}0h$ $3,710rev/mn$



第 26 圖 普通鋼 $v=24m/mn$ $T=2^{\circ}8h$ $1,380rev/mn$



第 24 圖 快削鋼 $v=76m/mn$ $T=8^{\circ}1h$ $4,380rev/mn$

第 22 圖~第 26 圖 自動旋盤による 5.5ϕ 快削鋼及び普通軟鋼製品

T =作業時間

$t=1.35mm$, $s=0.01mm/rev$

すれば、次の通りとなる (實際作業時間) $=9/10 \times$ (作業時間)。

(イ) $t=1.35mm$, $s=0.01mm/rev$ の切削条件で $v=86m/mn$ で同一の工具を以て $3.75h$ 旋削が連続的に続けられた。

(ロ) 上と同一の切削条件で $v=76m/mn$ の場合には、 $7.3h$, $v=64m/mn$ の場合 $6.3h$ 連続して切削が出来たが、工具は猶何れも引続き旋削を続行し得る状態であつた。

(ハ) 同一の切削条件で $v=40m/mn$ の速度では $11.2h$ 切削したがその後どの程度迄長時間切削出来るか豫想があつた。

かぬ状態である。故に工具の壽命は内輪に見積つて第 21 圖の如きものと判定したが實際の壽命は之より相當長くなる。

(ニ) 反之普通軟鋼は同一の切削條件の下に $v=24m/mn$ の如き最低速度に回轉しても工具の壽命が 2.5h となり、且出來た製品も甚しく不良である(第 25 及び第 26 圖)。この場合には快削鋼は普通鋼の約 4 倍の切削速度を同一の工具壽命の下に發揮し得る。

(ホ) トーマス快削鋼及び普通軟鋼の削易性を黄銅に比較すれば

トーマス快削鋼の切削速度は黄銅の約 1/2.5

普通軟鋼 " " " 1/7 となる

ことが證明された。

(ヘ) この事實よりトーマス快削鋼は黄銅の代用に用ひられるが普通材は到底問題とならぬ。何となれば普通材は獨り切削速度を落して作業しても猶且表面が甚しく粗悪である。

(ト) 而して實際の切削作業に當つては工具の壽命を極力永くせねばならぬので經濟上最適の切削速度は下の如くなる。

在來の快削鋼 $v_{4h}=40m/mn$

日本鋼管製トーマス快削鋼 $v_{4h}=60\sim70m/mn$

普通軟鋼 $v_{4h}=20m/mn$

結局、本自動旋盤の最低速度は $v=24m/mn$ なるが故、普通軟鋼は全然使用し得ざること、及びトーマス快削鋼を以てすれば $v_{4h}=65m/mn$ の切削速度が實現し得られて、これが黄銅の代用品として使用し得ることが證明された。

11. 非鎮靜快削鋼が高速切削に適當せる理由

非鎮靜快削鋼は獨逸にて偏析快削鋼と稱せられる程で、一般に鋼に有害と認められる偏析せる S を逆に利用することに依つて削易性を極度に高めたものであつて快削鋼中削易性が最も高い²⁰⁾。

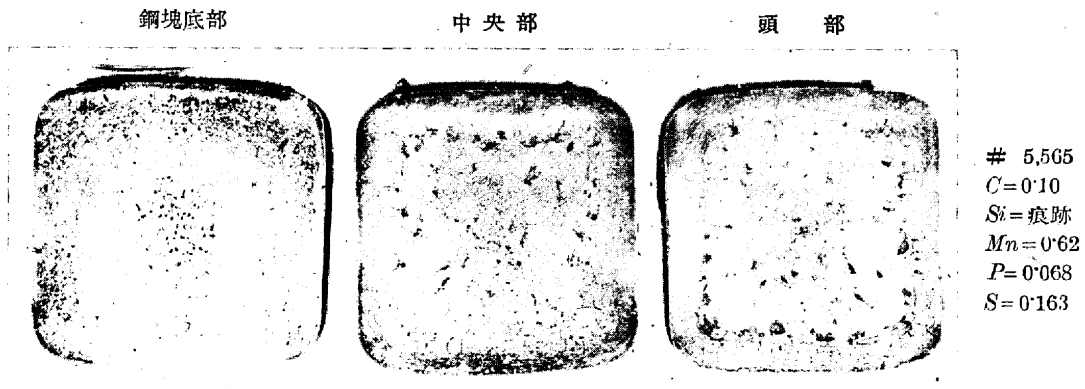
1. 快削鋼の削易性良好なる理由 今日迄この問題に關して決定的に明確な結論は下されて居らぬが

(イ) S の含有に基く偏析

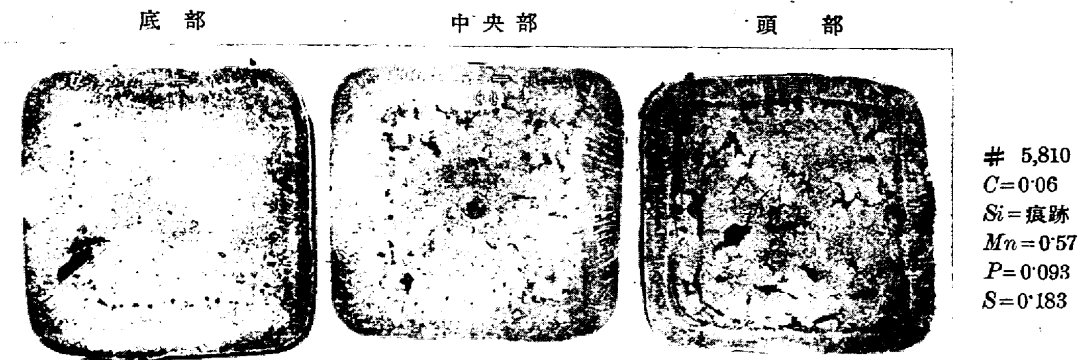
(ロ) P の含有に起因する層狀組織

(ハ) 酸化物等の介在物に基く層狀組織

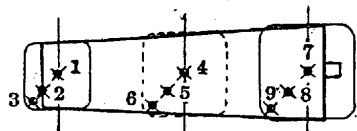
等に在りて考へられる。尙 Pb を含有する場合には、鋼中に Pb の極めて微細な偏析により切削摩擦が低下するのみならず、切屑が短かく切れる事にあり²¹⁾。 S の影響は顯著であつて、即ち S を含有する快削鋼が切削の際、切屑が短かく切れ高速切削の場合にあつても他の材料を切削する



第 30 圖 快削鋼鋼塊各部の肉眼組織 (125 角鋼片より採取)



第 31 圖 快削鋼鋼塊各部の肉眼組織 (125 角鋼片より採取)

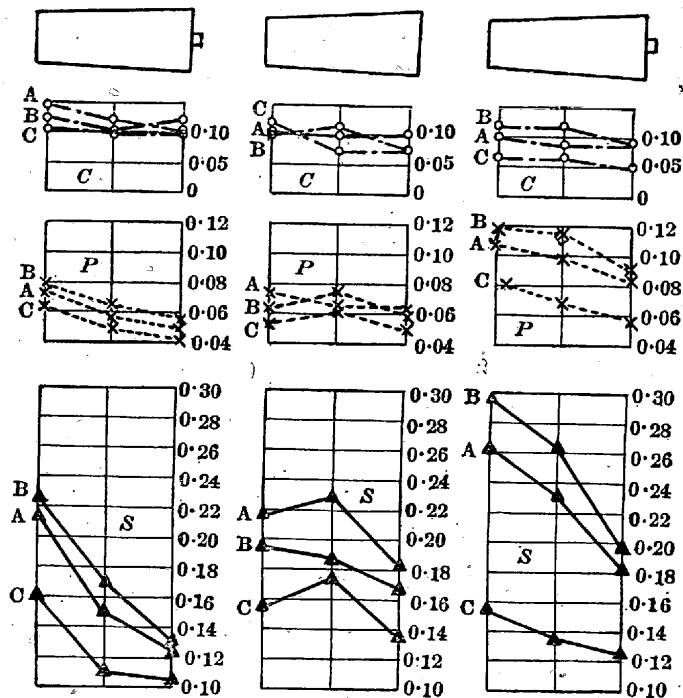


(トーマス材)

素鋼			C	P	S
4,867	1	1	0.08	0.075	0.217
		2	0.10	0.078	0.224
		3	0.06	0.065	0.160
	2	4	0.06	0.057	0.148
		5	0.07	0.067	0.167
		6	0.05	0.053	0.112
	3	7	0.07	0.052	0.126
		8	0.06	0.055	0.129
		9	0.05	0.043	0.107
素鋼			C	P	S
5,565	1	1	0.11	0.076	0.219
		2	0.10	0.066	0.198
		3	0.11	0.055	0.157
	2	4	0.10	0.068	0.232
		5	0.11	0.072	0.187
		6	0.08	0.062	0.176
	3	7	0.10	0.063	0.183
		8	0.08	0.061	0.164
		9	0.08	0.051	0.138
素鋼			C	P	S
5,810	1	1	0.10	0.107	0.262
		2	0.12	0.120	0.296
		3	0.07	0.083	0.156
	2	4	0.09	0.099	0.227
		5	0.12	0.116	0.264
		6	0.07	0.068	0.137
	3	7	0.09	0.084	0.182
		8	0.09	0.090	0.195
		9	0.05	0.059	0.124



$C=0.06$ $Si=$ 痕跡 $Mn=0.40$ $P=0.050$ $S=0.140$
 $C=0.10$ $Si=$ 痕跡 $Mn=0.62$ $P=0.068$ $S=0.163$
 $C=0.06$ $Si=$ 痕跡 $Mn=0.57$ $P=0.093$ $S=0.183$



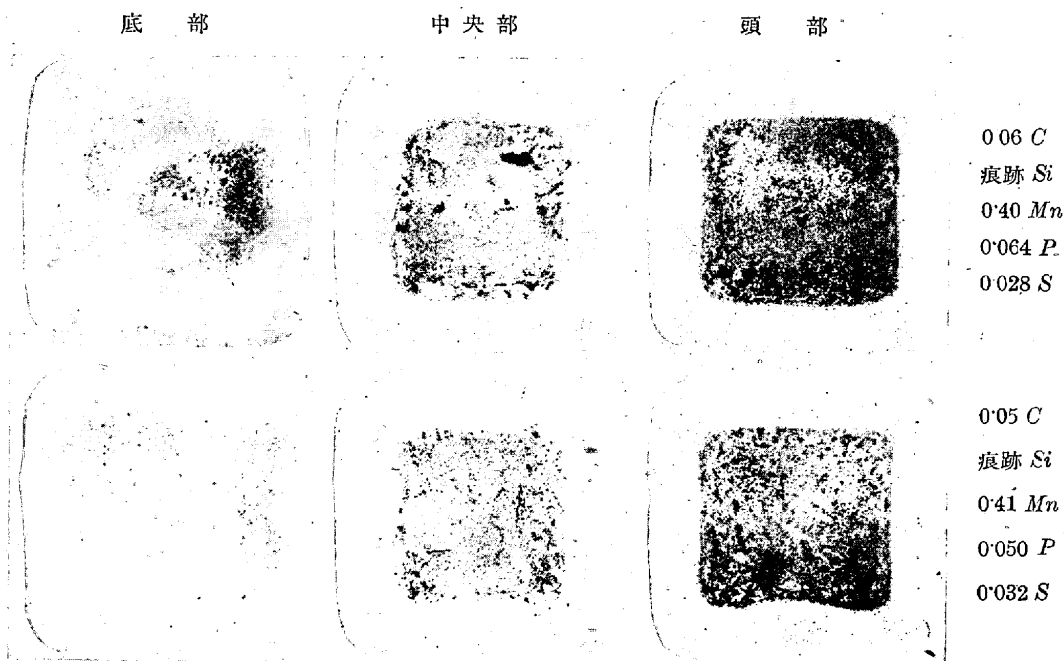
第 32 圖 快削鋼鋼塊各部に於ける C, P, S の偏析

時よりも高熱を發することなく且切削された材料の表面が著しく平滑となる事實は MnS の偏析に基くのが第一の理由である。何となれば MnS はその性質が柔軟なるため、

アルミナ、珪酸鹽等異物混入せるものと異り高速切削の場合に摩擦の低下、工具の焼損を防止し、切屑を引離す特性を有す²²⁾、仍て高速度に旋削することが出来、構成双先が発生せぬ程の高速切削を可能ならしむるので、低速切削に於ても工具の高熱を發生せぬため平滑となる切削面は愈良好となる。次に(ロ)及び(ハ)は何れも切屑を引離すことにより材料に削易性を附與する第二義的の

原因であると見做される。

2. 非鎮靜快削鋼が鎮靜快削鋼より削易性高き理由
非鎮靜快削鋼は鎮靜快削鋼より削易性が遙かに優秀なるは



第 28 圖 トーマス軟鋼塊各部の硫黄印畫

上に述べたが、快削性の第一要件たるSの偏析が前者に於て特に著しく現はれるのに對し後者に於ては顯著でない事實に歸せられる²³⁾。

而して非鎮靜快削鋼に於けるS偏析は普通の非鎮靜鋼に比し、

(イ) 偏析部が著しく擴大して居て(第27, 31圖)

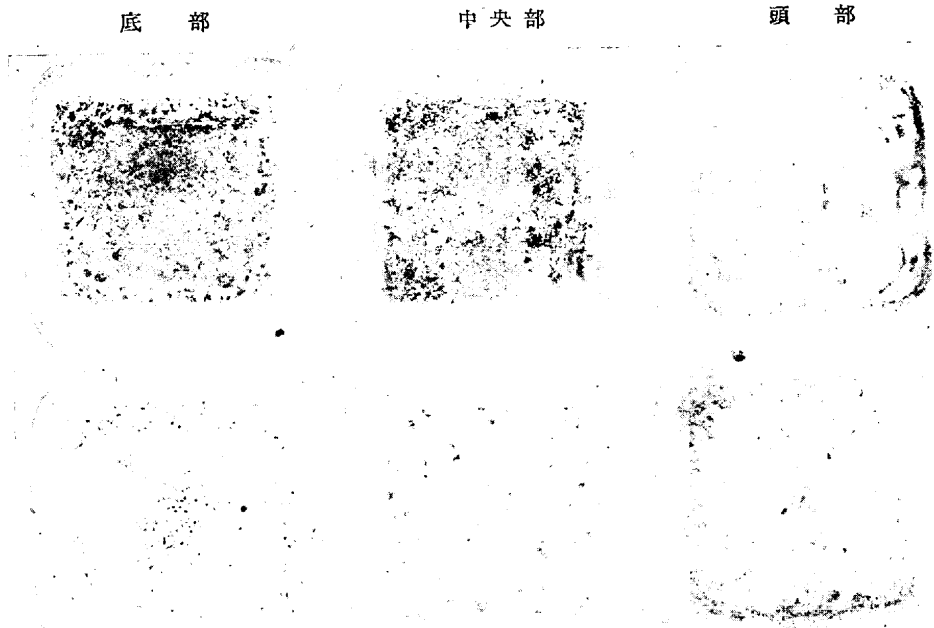
(ロ) 偏析部の擴大はSの含有量高き程甚しく(第32圖)

(ハ) S高き程偏析の密度を増し(第29, 32圖)

(ニ) 縁部の純度が減少し(第29圖)

(ホ) 偏析部とリム部との境界が不明瞭となる

等にして要之、非鎮靜快削鋼にありてはMnS偏析の強度



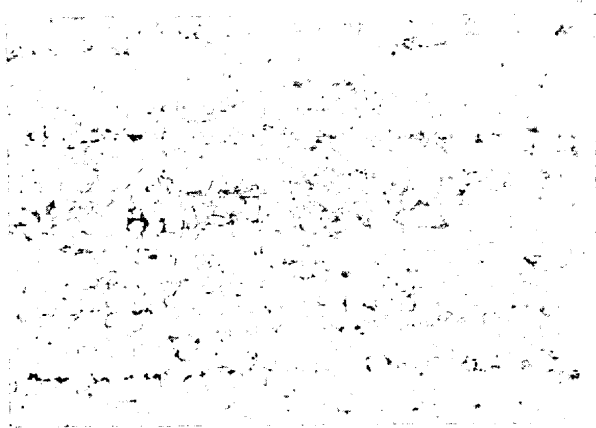
0.06 C
痕跡 Si
0.57 Mn
0.093 P
0.183 S

0.10 C
痕跡 Si
0.62 Mn
0.068 P
0.163 S

第29圖 トーマス快削鋼各部の硫黄印畫

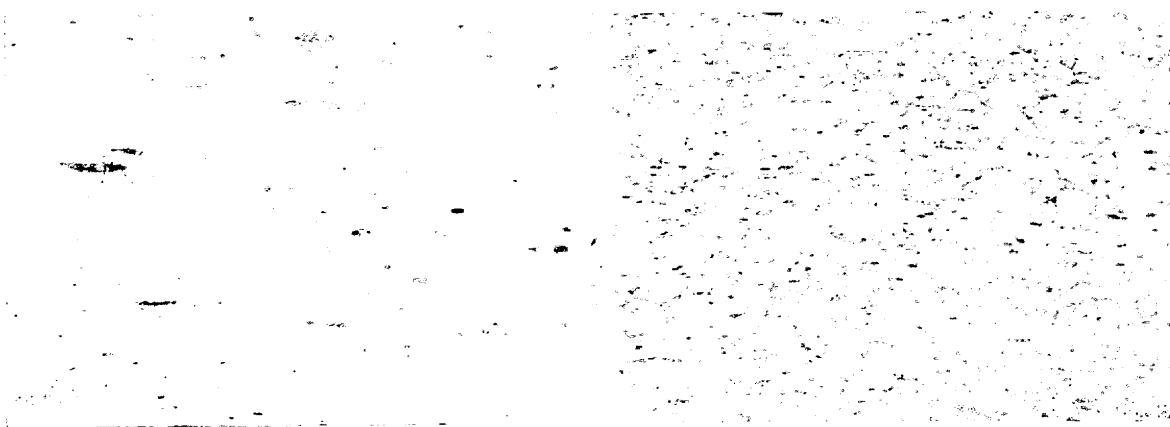
と分布の廣範圍なるに反して鎮靜快削鋼にありては、上の條件は何れも顯著ならざるが爲、削易性が劣るものと考へられる。

非鎮靜及び鎮靜快削鋼の比較については後刻發表する積



第33, 34圖 : トーマス快削鋼の組織 (12φ 壓延の儘) ×100

日本鋼管製
C=0.06
S=痕跡
Mn=0.40
P=0.050
S=0.140



第35, 36圖 : トーマス快削鋼の組織 (12φ → 10φ 冷率) ×100



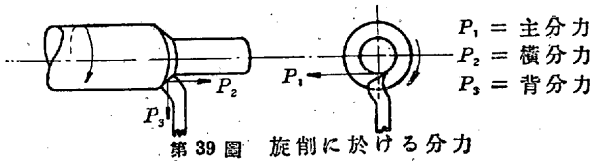
第 37, 38 圖 米國製非鎮靜平爐快削鋼 (16mm 六角) ×100

C=0.20
Si=痕跡
Mn=0.70
P=0.013
S=0.142

りである。而して非鎮靜快削鋼を壓延して断面壓縮を行へば縁部は甚だ薄くなり、此の縁部は更に冷牽作業によりて抗張力高くC低き層を形成するが、同時に MnS 並に層状組織は何れも加工方向に延びて切削に最も適當なる條件となるのである (第 33~38 圖)。

尙本鋼は冷牽を行はざる状態に於ても相當快削性高くして、削易性向上の第一條件たる MnS の偏析は、畢竟 S が切削作業の如き高速度の金屬接觸の状態に於て摩擦係数を激減するといふ假説を提言する。これによつて切削油に S を混入せしむる場合に起る利益、非鎮靜快削鋼の削易性高き事實等を説明せんとするものである。

3. 自動旋盤に使用して有利なる理由 今旋削の場合に於ける壓力を P とすれば、之を第 39 圖の如く 3 方向の分



力に分けることが出来る。即ち P₁, P₂, P₃ の内 P₂, P₃ に比し P₁ が著しく大となる。

而して q = 切削面積, t = 切込の深さ, s = 送り

k_s = 比切削抵抗とすれば

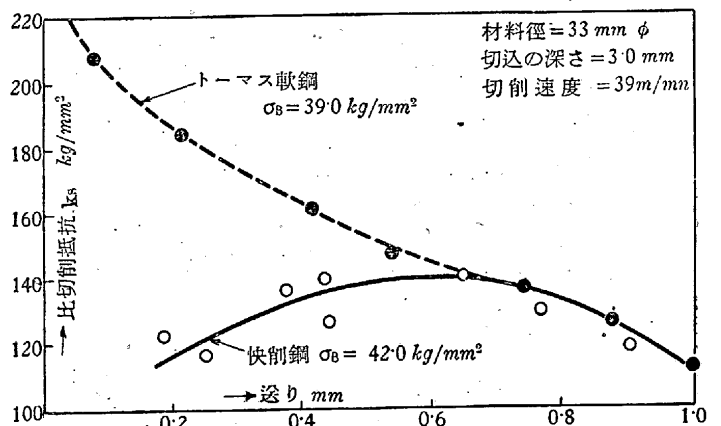
$$P = k_s \cdot q = k_s \cdot t \cdot s$$

依りて q = k_s \cdot q = k \cdot 定數とすれば P ∝ k_s となる。

然るに、W. Dick²³⁾ に依れば、送り s 以外の凡ての切削條件を一定にし s を變化せしむれば、トーマス軟鋼及び快削鋼を切削する場合の k_s は次の如く變化する。

この曲線で判斷せらるゝ事は、

(イ) 送り s が小さくなる程、快削鋼の比切削抵抗がトーマス軟鋼材の k_s に比して減少し P の主力たる P₁ も亦減少す。而して s = 0.2 mm の場合には兩材料の k_s の差約



第 40 圖 トーマス軟鋼及び快削鋼に於ける比切削抵抗—送り曲線 (W. Dick: St. u. E. 1932, S. 17)

40% となる。(ロ) s を増加せしむる重切削に對して、兩種鋼の k_s は漸次接近するに至るが、削易性は快削鋼が依然トーマス軟鋼より優秀である。即ち、比切削抵抗のみを以てしては材料の削易性を測定するには不十分であつて、k_s によりてのみ切削の良否を判斷するのは一面的觀察に過ぎず、重大なる要件として摩擦を考慮せねばならぬことが分る。次に (ハ) 快削鋼にありては k_s は送り s の減少と共に低下するのでこの場合には切込みを一定とすれば P は加速度的に減少して來る。何となれば

$$P = (\text{定數}) \times s \times k_s$$

となる故である。

依りて切削抵抗は送り s の減少する程、快削鋼の切削が普通材切削に比較して有利となるのである。然るに自動旋盤の作業を見るに送りは概して小さく多くの場合 s < 0.2 mm であるから自動旋盤で快削鋼を削る場合最も効果的であり従て本鋼は自動旋盤に最適なる材料となるのである。

快削鋼は獨り旋盤のみならず、形削、平削、穿孔、熱鋸、冷鋸等各工作機械に於ける實際削易性を現はす事が實驗によつて分つて居るが、各種快削鋼の削易性の微少なる差違を判

第 14 表 快削鋼, 平爐軟鋼, トーマス軟鋼のシャルピー衝撃値

鋼 番	鋼 種	化 學 成 分					シャルピー衝撃値 kgm/cm^2 (壓延状態)					抗張力 kg/mm^2	
		C	Si	Mn	P	S	鋼塊頭部	中央部	底 部	平 均	最 低		最 高
6,171	平爐軟鋼	0.19	痕跡	0.32	0.030	0.032	10.5	12.7	16.8	13.3	5.4	19.6	47.3
9,288	トーマス軟鋼	0.06	痕跡	0.44	0.070	0.028	12.5	9.3	16.2	12.7	5.4	25.1	43.6
4,867	トーマス快削鋼	0.06	痕跡	0.40	0.050	0.140	8.8	20.1	13.1	14.0	5.6	25.8	41.4
5,810	〃	0.06	痕跡	0.54	0.093	0.183	7.8	11.4	14.3	11.2	7.2	19.9	44.3

別するには自動旋盤に掛けて實際試験を行ふ他、如何なる方法によつても急速且正確に判定出来ない状態である²⁵⁾。

12. 快削鋼の衝撃抵抗

快削鋼は MnS の偏析のため當然衝撃値の低下を招來することになり、その低下は S の含有量に應じて著しいことになつて居る²⁶⁾。由來、快削鋼に限らず非鎮靜の衝撃抵抗の試験は著しく不同であつて²⁷⁾、廣範圍の變化を示すので非鎮靜快削鋼としても同一の傾向は容易に考へられる。

そこで本試験に當つては各鋼塊の頭、中及び底部より

快削鋼鋼塊 → 125 角鋼片 → 40 角 → 10 角試料
(壓延) (鍛造) (削出)

の順序で試料を作製し、試料削出しの際には衝撃値の最も低い偏析部より之を採り、最悪な結果が出るやう考慮を拂ひ同時に平爐軟鋼、トーマス軟鋼も同一の操作によつてシャルピー衝撃値を求めた。

以上の結果によれば非鎮靜快削鋼はこれに相當する普通鋼よりある程度迄衝撃値が低下するが、快削鋼は何れも冷牽作業を経たる後使用するもので、一般の非鎮靜鋼と雖も冷牽を施す場合には衝撃値が著減するものであり、且衝撃抵抗の高いものを要求する個所には使用されぬ材料である故、黄銅冷牽後の衝撃値と比較して見ても餘り問題とならぬ。尙快削鋼鋼塊の頭部より製造した製品の衝撃値が低位にある事に就ては疑懼を抱くには當らない。何となれば偏析を見越しても上の如き衝撃値となる故である。獨逸に於てはこの部分より得られたる製品は削易性最も優秀なる Spitzenstahl として却て高價に取引され、鋼塊中央部よりの製品の約 20%、トーマス普通鋼材の約 100% 高價なりといふ。

若し快削鋼の衝撃値の低下又は變動を防止せんと欲すれば、鎮靜快削鋼に據るか III⁴⁾ 或は Pb を配合元素とするを有利とする²⁸⁾。併しこれ等の場合にも冷牽を行へば衝撃抵抗の低下は到底免れ難いし、削易性は非鎮靜快削鋼より低下することとなる。

結局、快削鋼の削易性はある程度衝撃抵抗の低下が犠牲となるが衝撃値が低下する爲に削易性が向上するのではなく、衝撃値の低下必ずしも削易性の向上とはならぬので削易性上昇に比して衝撃抵抗力の減少はそれ程著しくはない。

Karl Stein²⁹⁾ に依れば、快削鋼はこれと同じ抗張力を有し、 P と S との成分が低い普通鋼に比し、壓延状態に於ける衝撃抵抗が 25% 低くなるとの説であるが、若し最悪の條件を考へれば、50% の低下を見積れば宜しいと筆者は考慮する。而して此の場合にありても猶且黄銅の衝撃値より高いのは上の第 14 表に依つても知られる。そして快削鋼に就ての非難は、多くの場合使用區分を誤ることに基くものと考へる³⁰⁾。尙各種材料につき、冷牽の断面壓縮率、削易性、常温のみならず高温、低温の下に於ける衝撃値三者の關係につき幾多の實驗を必要とするのみならず更に衝撃値夫自體の再検討を進むことが要求される^{31a)}。

13. 熱間加工の可能とその理由

我社にて、トーマス快削鋼 0.140~0.183% S 迄の鋼塊より、12φ~100φ 迄の各種の丸鋼及び僅少ではあるが形鋼に試験的に壓延を試みた。その結果赤熱脆性は豫想した程の心配はなく製造し得られた。勿論之等は製品としては、削易性を要求する快削鋼以外には使用せられぬが、普通軟鋼製品に比して著しい差違は外面に表はれない。そして快削鋼として製造せられたる場合、精鍊鑄造が適當に行はるゝ限り S の配合は一般に想像される程、熱間加工の作業を困難ならしむるものではない。

Oberhoffer に依れば、Unger が、0.2% S 迄、0.43% Mn を含有する鋼につき或は鋳、鍛、鋼管、軌條、形鋼、型抜板、厚板等に壓延し、或は型鍛造を行つたが、何等の支障なく製造が行はれた事を報告して居る³²⁾。

これは今回の實驗とよく一致して居る所であつて、本鋼が熱間鍛鍊の可能なる理由は次の如く説明される。即ち鋼の精鍊中に残留した S が鋼塊に含有され 0.07% に達すれば、筆者の經驗に依れば甚しく龜裂を生じ壓延、鍛鍊何れ

も不能となるのであるが、故意に配合したSは上記の如く高くとも猶且充分なる熱間鍛錬性を有する。結局、前者に於てはSがFeSとして存在し、後者にありてはSと同時にMnを加へて極力固溶體MnS+FeSとする爲であつて³³⁾、若しも快削鋼の熱間加工に於て龜裂を生ずる場合にはFeSが鋼中に存在するものと考へるのが妥當であり、快削鋼の製鋼に際しても鋼中にFeSを残さぬやう努むべきは勿論である。

VI. 快削鋼使用に基く利益

1. 工作機械による切削作業の高速化

自動旋盤にて高速度切削を行ふ場合には絶對的に不可缺で、以上の實驗通り普通軟鋼はこの目的に對しては全く使用不能なるのみならず、一般の旋盤其他工作機械にても快削鋼を使用すれば高速度切削が可能となり切削作業の能率向上を來すことが著しい。

之を簡易に説明すれば快削鋼の切削速度は普通鋼の2~3倍なるを以て、快削鋼を使用すれば普通鋼を使用の場合の2~3臺の工作機械にて切削する作業を1臺にて間に合はすこととなる。

2. 切削面の平滑

切削作業の不合格品を減少せしめ一方非熟練工の充用も可能となる。

3. 工具の節約

比較的低級なる工具を用ひて高速切削に進み得られ、使用工具も磨耗著しく減少する。

4. ネジ類原價の低下

ネジの製造には最も適當し能率向上し且ネジ面の正確仕上に適當し製品良好となる。特に微小なるネジ、齒車類の機械加工には、本鋼を使用せねば仕上容易ならず製品も不良となり易い。

5. 黄銅従つて銅の節約

高速度の切削に適する黄銅の代用として被切削速度黄銅の約1/2~1/3を擧げ得られる本鋼を使用すれば黄銅を使用する小ネジは快削鋼を以て置換せられ、銅の節約となる。但この場合には鍍金するか或は必要に應じて塗料を施す必要がある。

VII. 快削鋼の用途

快削鋼の使用範囲は極めて廣範に亘つて居るので、その範囲と使用区分を概説する。

1. 使用範囲

航空機附屬器具のネジ、磨ナツト及び磨ボルト；自動車、自動自轉車及び自轉車等の部分品；電信、電話、信號機、電燈、電線附屬品、配電設備、其他電氣機械器具部分品；光學機械、紡織機械、印刷機械等の部分品；計算器、レヂスター、タイプライター、計量器、表示器、ミシン、ラヂオ、時計、蓄音器等の部分品；工作機械其他一般機械の部分品；特に大中小寸法のネジには最も適當す。

2. 使用区分

- (イ) 非鎮靜快削鋼……一般用途の大部分、及び滲炭用の一部
- (ロ) 鎮靜快削鋼……一般用の一部、滲炭用の大部分
- (ハ) 高級快削鋼……削易性高き特殊鋼としての用途但衝撃特に甚しき所には、本鋼を使用せざること

VIII. 米國及び獨逸に於ける快削鋼の活用

1. 米 國

工業的に發達して使用量も多く、剩へ實驗的のものも多く、特殊鋼の内快削鋼多きは注目すべきものがある。

(イ) SAE規格内に各種の快削鋼規格を設け大量に製造して居て、殊に自動車工業に於ける使用は相當古く利用の範囲も甚だ廣い。

第15表 SAE中の快削鋼規格³⁴⁾

SAENo.	C	Mn	P	S
- 1,112	0.08~0.15	0.60~0.90	0.09~0.13	0.10~0.20
X 1,112	0.08~0.15	0.60~0.90	0.09~0.13	0.20~0.30
1,115	0.10~0.20	0.70~0.10		
1,120	0.15~0.25	0.60~0.90		
X 1,314	0.10~0.20	1.00~1.30	}<0.045	}0.075~0.15
X 1,315	0.10~0.20	1.30~1.60		
X 1,330	0.25~0.35	1.35~1.65		
X 1,335	0.30~0.40	1.35~1.65		
X 1,340	0.35~0.45	1.35~1.65		
X51,410	<0.12	<0.6	<0.030	0.15~0.50
		0.5% Si	13.0~15% Cr	

X印は同一番號中にてS高きものを示す。

SAE中快削鋼の特徴はBessemer製のものにてP高く宜しからざるも、平爐又は電氣爐製にてはPを加入せずMn高いのは妥當である。

(ロ) 13Cr, 18/8等の特殊鋼にもSを配合して製造す。

Bethlehem Steel CorporationのBethalon A及びBethalon BがありBethalon Aは13Cr+S, Bethalon Bが18/8+Sであり、E.F. Cone³⁵⁾に依ればBethalon Aは50~60m/mnの切削速度で削り得るといふ。

Carpenter Steel Co. でも Carpenter Steel No. 5 及び No. 8 として製造す。而して

Carpenter Steel No. 5 = $13Cr + S$, No. 8 = $18/8 + S$ で³⁶⁾ F. R. Palmer の實驗に依れば No. 8 が 36~46 m/mn の高速度で切削し得らるゝのみならず之等 S を含有せしむる事は耐蝕性に著しき影響は與へぬと報告して居る。

これ等の鋼が出現するのは不銹鋼本來の意味に反することとならうが、由來不銹鋼の機械加工が非常に困難であつて、或る條件の下では不可能に近いので、本配合方法の可否は別としても、加工量の多い特殊鋼としては削易性の研究と材料削易性の向上とが極めて重要である。

(ハ) Pb, Se 等の配合による試験

Se³⁷⁾ は試験時代を完全に脱し切らぬのであるが Pb の配合³⁸⁾、³⁹⁾、⁴⁰⁾ は稍試験より工業的に發達する見込あり。Inland Steel Co. では盛に特許を獲得しつゝある。

Pb を配合するは製鋼上種々の困難と危険あるに拘らず將來その發展を見るものとの豫想が強い。

(ニ) Union Maxcut と Union Multicut

Republic Steel Corporation の配下にある Union Drawn Steel Division で 2 種の商品名として、Union Maxcut と Multicut とを發表して居る。轉爐製たる前者は削易性が最高、平爐製の後者は數倍の快削鋼の意であらう。その切削速度は

Union Maxcut: $s = 0.24 \text{ mm/rev}$

$v_{11\lambda} = 280 \text{ ft/mn} = 85 \text{ m/mn}$

Union Multicut: $s = 0.22 \text{ m/rev}$

$v_{2\lambda} = 275 \text{ ft/mn} = 84 \text{ m/mn}$

を何等の困難なく發揮し得らるとの事なれば恐らく S と Pb とを同時に配合するか、又は $S = 0.5\%$ 程度迄單獨に配合したものと想像される⁴⁰⁾。此の内上記兩元素の配合が今後愈々實地に普及するであらう。何れにしても米國に於ける快削鋼の研究と發達とは相當廣範圍に亘つて居る。

2. 獨逸

米國より約 10 年程後れて製造を開始した獨逸は昭和 8 年(1933 年)頃非常に發達を遂げ、快削鋼に就てこの頃發表された文献に現はれた幾多の研究と實驗とは何れも快削鋼の効果を認め、その進歩の跡は歴然たるものあり誠に興味津々として盡きない⁴¹⁾、⁴²⁾、⁴³⁾。

(イ) 獨逸に於ける快削鋼の基準

獨逸に於ては S のみを配合する快削鋼を製造し使用數量は非常に多いが、反之種類は餘り多くなく次の如く分類さ

れて居て之等は DIN の中に編入されず VDI に依つて單に基準 (Merkmal) として示されて居る⁴⁴⁾。

第 16 表 獨逸に於ける快削鋼の基準⁴⁴⁾

(a) 高速自動旋盤用軟鋼 (Schnellautomaten-weichstahl)

$C = 0.05 \sim 0.15$, $Mn = 0.40 \sim 0.80$, $P < 0.15$, $S = 0.15 \sim 0.30$

非鎮靜, 鎮靜何れにても製造

機械的性質	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	
			$l = 10d$	$l = 5d$
壓延の儘	25~35	37~50	20~30	25~35
牽引後	—	45~70	5~15	8~20

(b) 自動旋盤用鋼 (Automatenstahl)

(i) 軟鋼 (Weiche Güte)

$C = 0.06 \sim 0.20$, $Mn = 0.40 \sim 0.80$, $P < 0.15$, $S = 0.08 \sim 0.25$

鎮靜鋼として製造

機械的性質	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	
			$l = 10d$	$l = 5d$
壓延の儘	25~35	37~50	20~30	25~35
牽引後	—	45~70	5~15	8~20

(ii) 硬質鋼 (Harte Güte)

$C = 0.20 \sim 0.30$, $Mn = 0.60 \sim 1.00$, $P < 0.10$, $S = 0.12 \sim 0.25$

鎮靜鋼として製造, 特別の場合には $Mn = 1.5$ 迄を加ふ

機械的性質	降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	
			$l = 10d$	$l = 5d$
壓延の儘	25~50	45~80	6~25	

何故 DIN に規格を設けざるかの問題は、由來快削鋼の化學成分及び機械的性質が廣範圍に亘つて變動する爲であつて製造上 S を高くするため C , Mn 等の成分は豫想外に變動するが故に假に化學成分及び機械的性質を狭い範圍に限定すれば相互に甚しい矛盾と撞着が起つて來るので、之等を狭い範圍に收むる規格を制定して DIN に編入せず單に目安としたのである。

(ロ) 製鋼方法

獨逸に於てはトーマス快削鋼が最も多量に製造せられ快削鋼全體の約 90% を占め、平爐其他の製鋼法によりて製造される鎮靜快削鋼は約 10% に過ぎぬ。

(ハ) 成分上の特徴

成分上より見れば獨逸の快削鋼は米國製品に比して P, S 何れも高く Mn が比較的低い傾向がある。そして P は故意に配合する場合もある模様である。即ち獨逸の快削鋼は削易性の向上に可成重點を置いて居るのであつて、一見獨逸製の快削鋼は衝擊抗力が低く材質的に不良であるかの感と與へるが、冷牽作業に際しては一般に獨逸製品は米國製品より中途切斷することが少いと認められて居る。

(ニ) 被切削速度の問題

快削鋼に對する被切削速度に對する要求は下の如く⁴⁵⁾,

(a) 非鎮靜快削鋼

$v_{2\lambda} = 65 \text{ m/mn}$

(b) 鎮靜快削鋼 $v_{sb}=50m/min$

現在は上の条件が實現されて居る。

上の被切削速度は一見大差なきが如く見ゆるも切削の長さは 20 h の連続切削に對して

$$(a) \text{ と } (b) \text{ との差は } (65-50) \times 60 \times 20 = 18,000 m$$

となり、

更に (a) の代りに $v_{sb}=25 m/min$ の普通軟鋼を使用すれば

$$(65-25) \times 60 \times 20 = 48,000 m$$

に達し、

速度差が如何に工程に影響するかが明瞭になつて来る。

以上より見ても獨逸に於ては工作機械の高速運轉が極度に實行されて居ることが分る。

次に米國及び獨逸より輸入された快削鋼の實例を示す。

第 17 表 米國及び獨逸より輸入せられたる快削鋼の實例

製造	C	Si	Mn	P	S	Cu	材 質
米國	0.083	痕跡	0.70	0.109	0.199	痕跡	SAE 1,112
"	0.081	痕跡	0.70	0.105	0.142	痕跡	"
"	0.15	痕跡	0.78	0.08	0.140	痕跡	"
"	0.20	痕跡	0.72	0.013	0.142	0.16	SAE 1,120
"	0.21	0.14	0.79	0.02	0.11	—	"
"	0.21	0.11	0.82	0.02	0.10	0.03	"
"	0.21	0.10	0.80	0.02	0.12	0.04	"
"	0.17	0.10	0.73	0.02	0.11	—	"
獨逸	0.099	痕跡	0.49	0.050	0.264	0.09	高速自動旋盤用軟鋼
"	0.12	痕跡	0.76	—	0.208	—	"
"	0.09	痕跡	0.71	0.107	0.158	—	"
"	0.81	0.32	0.71	0.119	0.161	0.09	自動旋盤用硬質鋼

IX. トーマス製鋼法と快削鋼の製造

トーマス製鋼法は普通鋼材として平爐鋼に代り廣く使用せらるゝ各種製品を製造し得るが特に快削鋼の製造には極めて良く適合して居る。而して獨逸にてはトーマス製快削鋼の製造が著しく發達を遂げ、全トーマス鋼塊の約 5% は快削鋼に向けられるといふ。依りてトーマス鋼塊の年産額を 800 萬 t と概算すれば、快削鋼の出鋼量は

毎年 400,000 t 即ち各月 33,000 t 内外と推算されるのである。これ等の快削鋼は凡て低炭素のもので高速自動旋盤用軟鋼 (Schnellautomaten-weichstahl) と稱せられトーマス製の快削鋼が壓倒的に多い。尙トーマス鋼より製造せられる快削鋼の寸法は線材 5.0mm φ より 50mm φ迄のものなりといふ。この事實に見ても相當の製品寸法迄自動旋盤を利用し工作機械の異常に高速度に運轉しつゝあり、快削鋼使用數量より見れば機械工業が如何に高速度化しつゝあるかは正に端倪す可からざるものがある。而して之等の事情

より推察すれば能率兎角低調なる小物の切削に關する限り工作機械の切削速度は優に本邦の 2~3 倍に達して居ると考へる。

茲にトーマス製鋼法によりて製造せられる快削鋼は壓延状態にて抗張力 40kg/mm², 伸 30% 内外, 絞 30%, 冷率後抗張力 60kg/mm², 伸 10% 内外の製品が得られ削易性最も高く相當の範圍に使用出來得るため獨逸に於て上の如き發達を遂げたのである。

而してトーマス製鋼法が高速度の削易性を有する快削鋼の製造に適當する理由は (イ)低炭素の快削鋼が得られる (ロ)鑄造の際リミング作用が活潑なるため、他の製鋼法に比し、Cのみならず Mnをも高めることなく Sを多く配合し得られること (ハ)Cが低くなるため Pが或る程度高くとも快削鋼の材質に悪影響を及ぼさぬ (=)この Pもベセマー製鋼法と異なり相當に加減出來得ること (ホ)Pの含有によりて削易性を第二義的に高むることが出来る等に基くものである。

X. 本邦に於ける快削鋼普及の急務

本邦に於ても自動旋盤及び半自動旋盤、タレット盤等が著増する趨勢にあり、之等の工作機械も漸次加工寸法大となり又普通旋盤に於ても軟鋼、半硬鋼、硬鋼等の高速切削の機會は今後益々多くなる傾向を示しつゝあるので、削易性高き材料の製造と使用とは刻下の急務となりつゝある。

然るに快削鋼の製造と使用とは SAE 1,120 を除いては殆ど皆無に近い状態である。就ては機械加工の能率化のためには是非とも快削鋼の製造と使用とが一般に普及する日の一日も早からんことを待望するものである。

この目的のためには S を含有する快削鋼が最も適當せるもので、一部の機械工場例へば日産自動車會社、東京芝浦電氣會社マツダ支社等に於ては使用者側として多年研究を積んで居られる實状にあり又その製造を渴望されて居るのであつて、此際、高速度の切削作業に適當する快削鋼の製造と使用、就中トーマス製鋼法より製造する快削鋼は時勢の要求となりつゝある。而してトーマス製鋼法にて製造する快削鋼の内、削易性最も高きものは、次の成分を有し⁴⁶⁾

$$0.06 \sim 0.10 C, \text{ 痕跡 } Si, 0.50 \sim 0.70 Mn$$

$$0.070 \sim 0.10 P, 0.18 \sim 0.25 S$$

これは獨逸に於て最も廣く使用されて居り吾社に於ても數多の試験を實行した結果、削易性極めて高きことが確められた。この快削鋼は米國の Maxcut に近いもので最高速

快削鋼と稱すべきものである。

この種の快削鋼が高速回轉の切削作業に最も適合し機械加工に於ける大量生産には特に緊要なることは既に實驗によつて確認されたので、本鋼の製造と使用とが機械工場の經濟的運轉に寄與すること意外に甚大であり、本鋼種の普及によつて始めて高速度が實現する機械加工の範圍も甚だ廣いのでこれが製造と使用とを強調する次第である、

次に材料の被切削速度に對する關心、研究、實驗は單に上の最高速快削鋼に止まらず各種の快削鋼に就ても亦その重要性があり、生産力擴充に關して重要な職分を果すこと勿論である。

然るに使用者側にありては切削作業を左右する動因甚だ多く、材料の性質良否の判斷が容易ではなく、剩へ材料の削易性を實驗判定する方法も至つて困難なること及び製造者側にてはSの害毒を説くに汲々たる餘り切削作業を殺す實狀なれば、この方面に於ける研究も實驗も誠に寥々たる狀況である。故にこの間の消息を明かにし各種の實驗方法の一端を發表した理由も此處に存するのである。

XI. 快削鋼の名稱

本邦に於て最近本鋼の製造と使用とを促進する傾向が顯著となり商工省を初め、鐵鋼協會、機械學會何れに於ても考慮され來つたことは慶賀すべきことであつて、工業品規格統一委員會にて決定され最近快削鋼の臨時規格が第93號として發表されたことは誠に喜ぶべき事である。本臨時規格によれば本鋼は快削鋼と命名され、その意義は切削の際切屑が細かに切れ機械に捲付かぬため、普通炭素鋼に見らるゝ捲付く切屑を取るの要なく切削が甚だよく出來るといふに在る。この性質は所謂 Free Cutting Property を有する鋼といふ意味であつて誠に妙味ある定義である。獨逸名の『自動旋盤用鋼』は本鋼が自動旋盤以外に用ふる場合には不適當となり、場合によつては『自削鋼』又は『自動鋼』等に省略せられ本鋼の性質が誤解される虞がある。又機械學會では『切削容易鋼』と呼稱されたやうに仄聞するがこれとても兎角省略され勝ちで現在は依然としてフリ

第18表 JES 臨時規格第93號快削鋼

種別	記號	C%	Mn%	P%	S%
第1種	SZ 1	0.05-0.15	0.40-0.80	0.06-0.15	0.10-0.25
第2種	SZ 2	0.15-0.25	0.80-1.10	0.07以下	0.10-0.25

ーカツチング鋼なる名稱が多く通用されて居る。併し將來は快削鋼とすべきである。

XII. 結 論

以上快削鋼の性質、種類及び用途に就て記述し、快削鋼なる一種の固有の鋼が存在するのではなく多種類の快削鋼が製造し得られることを明瞭にし、これ等の快削鋼が機械加工の各部門に互り如何に重要であるかの問題につき米獨兩國に於ける快削鋼發達の趨勢につきその一端を示した。そして本鋼の根本的な理論的研究は未だ解決し居らざるに拘はらず、實驗に次ぐに實驗を以てして、今日の進歩を遂げたのを面白く感じた。

本邦の現状では未だ快削鋼の意味が一般的に理解されず製造使用、切削試驗何れも皆無に近い状態で、本鋼大量の製造と使用とが機械工業の進歩發達、特に高速度加工と精密仕上を必要とする部門の進歩に寄與する所如何に甚大なるかを的確に認識されぬのを至極遺憾に感ずる。

故に筆者は今日迄發表された研究と實驗とを検討し、殊にトーマス快削鋼については各種の實驗を行ひ快削鋼中、最大な削易性を有するものを製造し得たのを欣快とするものである。

勿論、切削の如き複雑なる作業に關しては今後共幾多の研究と實驗とが行はれねばならぬので、この方面に關して解決を要すべき幾多の問題を提出したが本文にして縦令僅少なりとも刺戟となり或は貢獻する所あらんか衷心より満足する所で所説の叱正を待つものである。

文 獻

- 1) Schwerd, F.: Neue Untersuchung der Schnitttheorie u. Bearbeitbarkeit. Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 481/490
- 2) Schimz K.: Das Aussengewindeschneiden mit selbstöffnendem Schneidkopf. Archiv f. d. Eisenh. 5 (1931~1932) S. 35/40
- 3) Rapatz, F.: Stand der Erkenntnisse über die Zerspanbarkeit von Eisen u. Stahl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1,037/1,045
- 4) Rapatz, F.: Das Oberflächenaussehen bei der spanabhebenden Bearbeitung, insbesondere beim Drehen. Archiv f. d. Eisenh. 11 (1930) S. 717/720
- 5) Rapatz, F.: Die Edelmstäble (1,934) S 3/2
- 6) Rapatz, F.: Untersuchung über die Bearbeitbarkeit von Eisen u. Stahl in den Jahren 1934 u. 1935. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 265/268
- 7) Taylor, F. W.: Trans. A. S. M. E. 28 (1907) p. 31
- 8) 星光一: 構成刃先とその對策に就て. 機械學會誌. 昭 14-4. 139 頁
- 9) Rapatz, F.: (5) S. 306
- 10) Wallichs, A. u. H. Opitz: Zerspanen von Automaten-

- stahl. Maschinenbau (1933) S. 306/309
- 11) Rapatz, F.: Untersuchung über die Bearbeitbarkeitsfrage im Jahre 1933. Stahl u. Eisen **54** (1934) S. 580/583
- 12) Weidtmann, O.: Zerspanbarkeitsversuche mit verschiedenenberuhigten Automatenstählen. Stahl u. Eisen **54** (1934) S. 794
- 13) Graham, H. G.: What the Users should know about Free Cutting Steels. Iron Age **131** (1933) p. 903/904
- 14) Ris'ow, A. u. K. Daeves: Wirkung des Phosphors auf die Eigenschaften von basischen unlegierten Stahl. Stahl u. Eisen **56** (1936) S. 924
- 15) Robinson, F. J.: Character and Machine Performance of Lead Bearing Steels. Iron Age Nov. 17, 1938 p. 28
- 16) Hanel, R.: Bleistahl als Automatenstahl. Metalltechnik. Nr. 37. S. 789/791
- 17) Guillet, L.: Les Aciers au Plomb. Rev. de Mét. Fév. 1940 p. 30/36
- 18) (a) U. S. Pat. No. 1,846,100
(b) Watkin, S. P.: The Corrosion Resistance of The Free Machining Stainless Steel. Metal Progress. June 1941. p. 710~714
- 19) Graham, H. G.: Cold Finished Bars, Flats, Shaftings, and Shapes. Metal Progress. **29** (1936) No. 4 p. 47/51
- 20) Wallich, A. u. H. Opitz: Die Prüfung der Zerspanbarkeit von Automatenstahl. Archiv f. d. Eisenh. **5** Nov. (1930) S. 253
- 21) (17) Guillet, L.: p. 30/34
- 22) Stein, K.: Eigenschaften der Automatenstähle. Stahl u. Eisen **56** (1936) S. 993/994
- 23) Stein, K.: (22) S. 996
- 24) W. Dick: Ergebnisse der Schnittdruckmessung bei der Zerspannung verschiedener Stahlsorten. Stahl u. Eisen **52** (1932) S. 17/18
- 25) Rapatz, F.: Prüfung der Automatenstähle auf ihre Zerspanbarkeit. Stahl u. Eisen **56** (1936) S. 612/622
- 26) Oberhoffer, P.: Das technische Eisen 1936 S. 115
- 27) 菊池浩介, 岩藤孟平: トーマス鋼と平爐鋼との材質比較研究. 本誌昭 15-12. 868 頁
- 28) Guillet, L. (17) p. 33
- 29) Stein, K. (22) S. 994
- 30) Rolfe, R. T. Steels for the User 1937 p. 77/82
- 31) Graham G. H.: Grain Size in Relation to Machinability and other Properties of Bessemer Screw Steel. Trans. ASM (1934) p. 934/935
- 32) a) Daeves, K.: S u E 1935. S. 785/786
- 33) Oberhoffer, P. (26) S. 115
- 34) Oberhoffer, P. (26) S. 430
- 35) SAE Hand Book (1,935) p. 254, p. 257
- 36) Cone E. F.: Free Machining Corrosion Resisting Steels for many Uses. Iron Age **26** (1934) p. 18/20
- 37) Palmer, F. R.: A New 18/8 Free Machining Steel with High Sulphur. Iron Age **130** (1932) p. 247
- 38) Franks, R.: Wirkung besonderer Legierungselemente in rost- u. säurebeständigen Stählen: Stahl u Eisen **59** (1939) S. 1,137/1,138
Trans. A S M (1939) p. 505/520
- 39) Guillet, L.: (17)
- 40) Hanel, R. (16)
- 41) Robinson, F. J.: (15)
- 42) a) Gregory, E. & J. H. Whiteley: Examination of a High Sulphur Free Cutting Steel Ingot. Blast Fur. & Steel Pl. Sep. 1941 p. 1,017
- 43) Stein, K.: (22) S. 993/1,000
- 44) Rapatz, F.: (11) S. 580/583
- 45) Rapatz, F.: (6) S. 265/263
- 46) Stein, K.: (22) S. 999/1,000
- 47) Pagel, W.: Anforderung der Verbraucher an die Automatenstähle. Stahl u. Eisen **56** (1936) S. 861/863
- 48) Bonsmann, F. u. M. Kommers: Güteüberwachung des Automatenstahles in der Zieherei. Stahl u. Eisen **56** (1933) S. 952/955

液状滲炭剤デュルヘリットに就て (抄録)

(尾形康夫: 三菱重工名発研報 **4** (昭 16) 565) 國産液状滲炭剤デュルヘリット DT-C3 は殆ど純粹のシアン鹽に少量の炭末を配合せるもの DT-C5 はシアン鹽にバリウム鹽を配合せる、共に中性鹽 DT-CSI 加熱剤で稀釋し、DT-C3 は單獨、DT-C5 は DT-C3 を併用して使用に供す。その滲炭性質はシアンに基づき滲炭と同時に窒化も行はれる。其の程度は青化鹽を單獨に使用する他の青化鹽浴の場合に比較しては少いが、尙各種滲炭鋼共窒素の擴散により心部硬度上昇し、炭素鋼に於ては著しく心部の衝撃抗力を害する。而してこの現象は滲炭温度の低い時に甚だし。しかしその滲炭層組織は兩者共に過剰の遊離セメントタイトの析出を見ず甚

だ良好で焼入後の硬化も充分である。

尙 C5 剤は C3 剤よりも滲炭力は強く窒素の滲透は少いが、浴槽にバリウム溶液を洗滌する缺點がある。

本剤による滲炭層は組織も良好、焼入後の硬化も充分であるが、窒素の滲透により心部もある範圍硬化される爲、航空機部品に對しての一般的使用は困難であるが、力を要せぬ小道具類の表面硬化剤とし、又中性鹽でシアンの濃度が適宜稀釋出来るので高速度工具の刃先窒化硬化槽剤として利用するに便利なるものである。

滲炭剤外觀、實驗方法、實驗結果、組織、心部に及ぼす影響等に就て述べてある。