

論 文

Ca 脱酸鋼の被削性*

佐田登志夫**・宮下 芳雄***・西川 勝彦***

奈良 修録***・耳野 亨***

Machinability of Calcium Deoxidized Steel

Toshio SATA, Yoshio MIYASHITA, Katuhiko NISHIKAWA,
Shuroku NARA, and Tohru MIMINO

Synopsis:

In order to clarify the machinability of calcium deoxidized 0.45% carbon steel, the effect of chemical composition on the machinability was investigated in turning and drilling.

Experimental results in turning with carbide tool showed that the tool wear depends on contents of aluminum, calcium and sulfur in steel, and it is suppressed when the content of sulfur is more than 0.035% and that of aluminum is less than 4.3 times of calcium content in steel.

In this case, a thin oxide layer containing some sulfide phase is always found on the tool face and it is supposed that this prevents the tool wear.

In drilling with high speed steel tool, higher sulfur content in steel is favorable for tool life. But no effect of aluminum or calcium is observed.

(Received June 30, 1970)

1. 緒 言

1962年 OPITZ らにより、Ca 脱酸した鋼を超硬工具で切削した場合、その工具摩耗特性はかなりすぐれていることが報告^{1)~3)}されている。わが国においても主として精機学会切削性分科会が中心になり、Ca 脱酸鋼の被削性に関する研究が精力的に行なわれ、かなりの研究成果が報告^{3)~5)}されてきた。しかしながら、Ca 脱酸鋼の被削性に対して、Al, Ca, S などの化学成分がどのように影響しているかについては、必ずしも明確にされていない。

本報では Ca 脱酸鋼の旋削性、切削機構、穿孔性などにおよぼす化学成分の影響を主体に検討した結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材の作成

供試材としては、S45C (C: 0.42~0.48%, Si: 0.15~0.35%, Mn: 0.60~0.90%, P: 0.030% 以下, S: 0.035% 以下) を基本成分にし、Al, Ca, S 量をいろいろ変えた Ca 脱酸鋼 (Al: 0~0.05%, Ca: 0~0.012%, S: 0.010~0.080%) を溶量 50 kg の高周波炉および

250 kg の低周波炉で溶製した。これらの鋼塊を鍛造比約 4 で鍛造した後、焼ならし処理をして被削性試験の供試材とした。

2.2 旋削試験

LS 600 型無段変速機付高速旋盤を用い、工具は三角スローアウェイ型の超硬工具 P20 (工具形状: -5, -5, 5, 5, 30, 0, 0.4) を用いた。切込み 2 mm, 送り 0.25 mm/rev, 乾式なる条件で切削し、工具の摩耗、切削時の抵抗、工具面上の酸化物層 (Belag) などについて測定した。そのさい、すくい面摩耗深さならびに Belag 高さの測定には触針式深さ計、にげ面摩耗幅の測定には読取り顕微鏡を用い、また切削折抵の測定には工具動力計を用いた。

2.3 穿孔試験

YUD 680 型無段変速機付ボール盤を用い、ドリルとして直径 10 mm の高速度鋼 (SKH-9) で、先端角 118° にげ角 12°, ねじれ角 28° のものを用いた。送りを 0.33 mm/rev とし、切削油として活性硫化鉱油 (ガルフ

* 昭和45年4月本会講演大会にて発表

昭和45年6月30日受付

** 東京大学工学部 工博

*** 日本鋼管(株)技術研究所

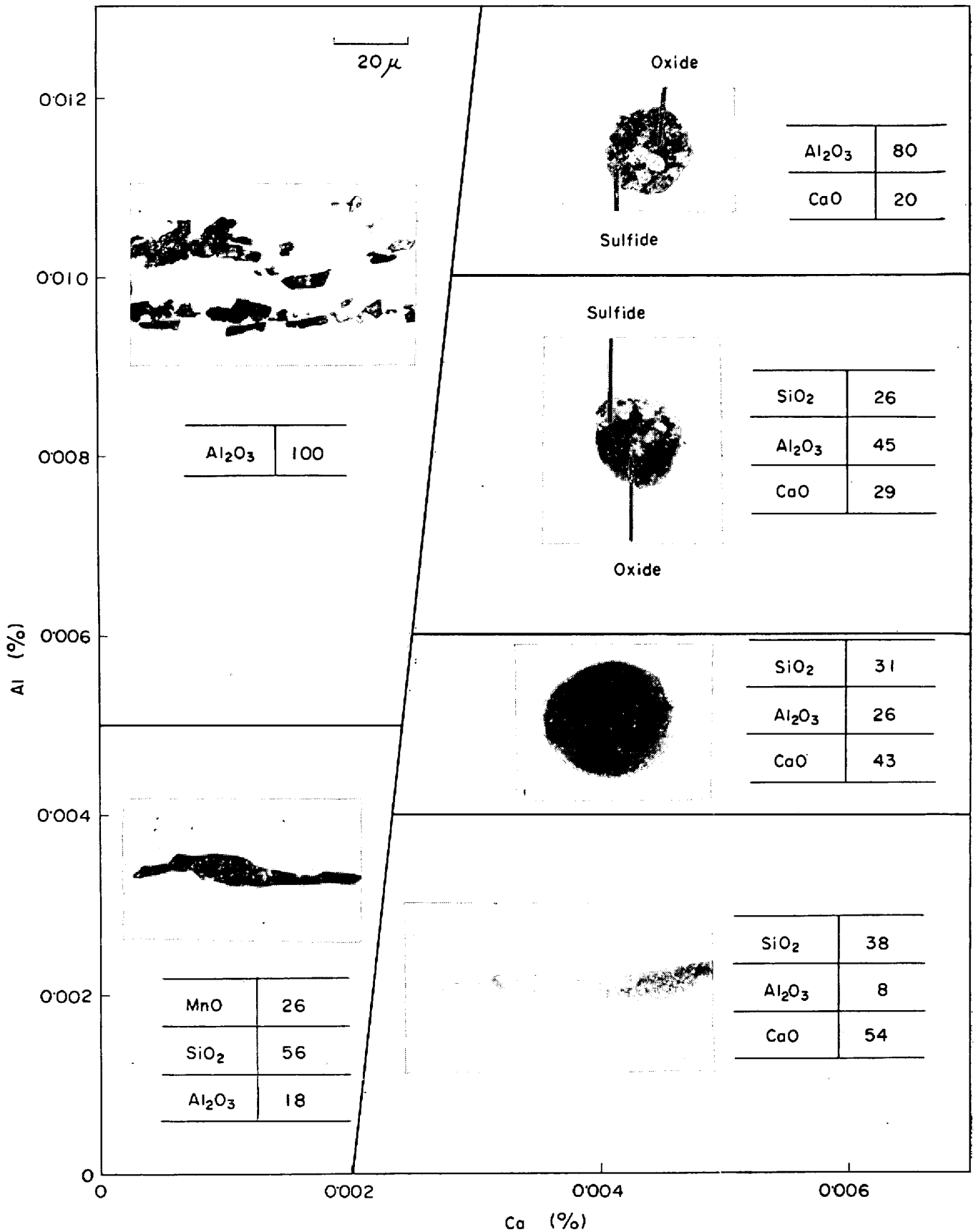


Fig. 1. Relation between shape and composition of inclusions and chemical composition of steel ($S \leq 0.035\%$).

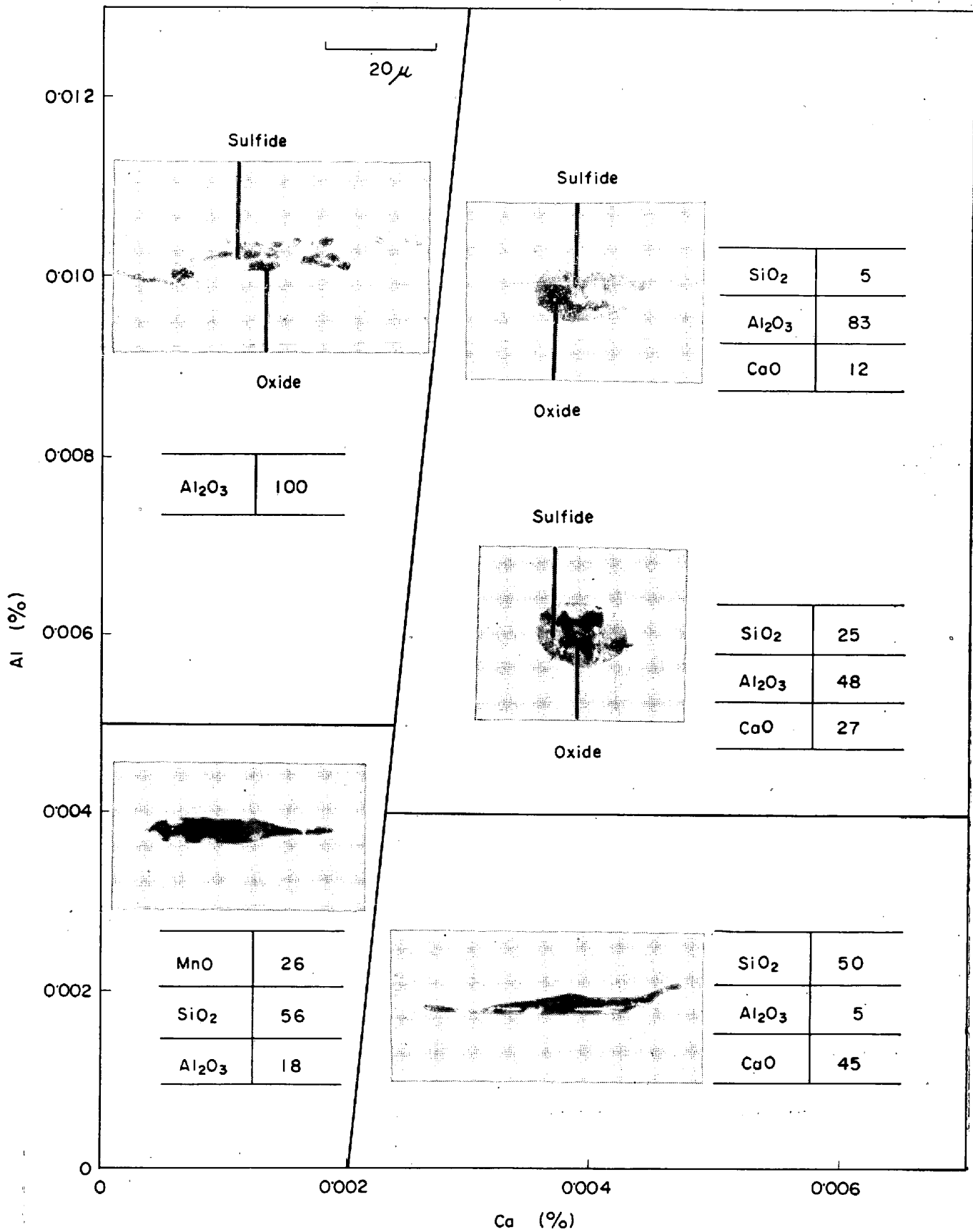


Fig. 2. Relation between shape and composition of inclusions and chemical composition of steels ($S > 0.035\%$).

カット 21A)を 1.5 l/min の流量で用いて長手方向に 30 mmのめくら穴を穿孔し、工具寿命、穿孔抵抗などについて測定した。この場合、工具寿命として切削時の音の変化、消費電力の急上昇、切刃摩耗部の観察などにより判定し、切削不可能となつた時点をも工具寿命とした。また同じ条件で、工具動力計を用いて穿孔時のトルク、スラストを測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 鋼の化学成分と介在物の組成、形状

S45C を基本成分とする Ca 脱酸鋼の酸化物系介在物の組成および形状を支配しているものは、Al と Ca 濃度であることを著者らはすでに明らかにした⁶⁾。この場合、S が 0.035% 前後を境にし介在物の形態が若干異なるため、S が 0.035% 以下の鋼および 0.035% 以上の鋼について、それぞれ Al, Ca 量と介在物の組成、形状の関係を Fig. 1, 2 に示す。以下、Al として酸可溶 Al (Sol. Al) を用い、Ca としては全 Ca を用いて整理した。これらより、介在物の組成、形状は Al, Ca 量によつてほぼ一義的に決まつていくことがわかる。すなわち酸化物系介在物に着目した場合、S が 0.035% 以下の鋼については、Ca が 0.002% 以下かつ Al が 0.005% 以下の領域で比較的良好に延びた MnO-SiO₂-Al₂O₃ の A 系介在物となつていくが、Al が 0.005% 以上になると、純 Al₂O₃ の B 系介在物になつていく。また Ca が 0.002% 以上の領域で、Al が 0.004% 以下の場合には延びた SiO₂-Al₂O₃-CaO の A 系介在物が存在しているのに対し、Al が 0.004% 以上になると鍛造または圧延によつても全く延びない SiO₂-Al₂O₃-CaO の C 系介在物となつていく。しかも Al が 0.006% 以上と多くなるにつれて、介在物の組成に占める SiO₂ の割合は減少し、かつ酸化物相のまわりおよび内部に CaS を主体とする MnS-CaS の硫化物相が共存する介在物になり、さらに Al 量が多くなると SiO₂ 成分が存在しなくなるとともに、硫化物相の占める割合が多い介在物となつていく。

このような傾向は S が 0.035% 以上の鋼においてもほぼ同じであるが、Ca が 0.002% 以上かつ Al が 0.004~0.006% の領域において、すでに酸化物相のまわりに MnS-CaS の硫化物相が現われており、さらに Al 量が多い 0.006% 以上の領域で、硫化物相の占める割合がかなり多くなつていくことが S 量の少ない場合と異なつていく。

なお単独に存在している硫化物系介在物については、S の量に関係なくすべて A 系の MnS となつており、そ

の形状は Al, Ca, S の量によつて変わつていない。また酸化物と共存している硫化物相の組成は鋼中の S 量が多くなるほど、一般的に MnS の割合が多くなつていく。

3.2 超硬工具の摩耗におよぼす Al, Ca, S の影響

超硬工具による高速切削の場合、すくい面摩耗がにげ面摩耗に先行し、これが工具寿命を支配するため、工具摩耗を代表させる要因として、切削速度 $V = 150\text{m/min}$ で 10 min 間切削したときのすくい面摩耗深さ K_T の値を用い、 K_T におよぼす Al, Ca, S の影響について整理した。

まず K_T におよぼす Al の影響として、 K_T と Al 量の関係を Fig. 3 に示す。この場合には Ca 量の有無、S 量の多少により区別して図示してあるが、いずれの場合においても K_T におよぼす Al 単独の影響はほとんどないことがわかる。

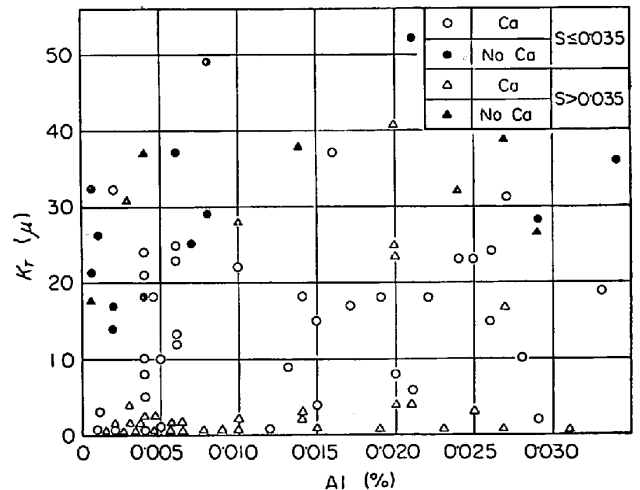


Fig. 3. Effect of aluminum on crater wear K_T .

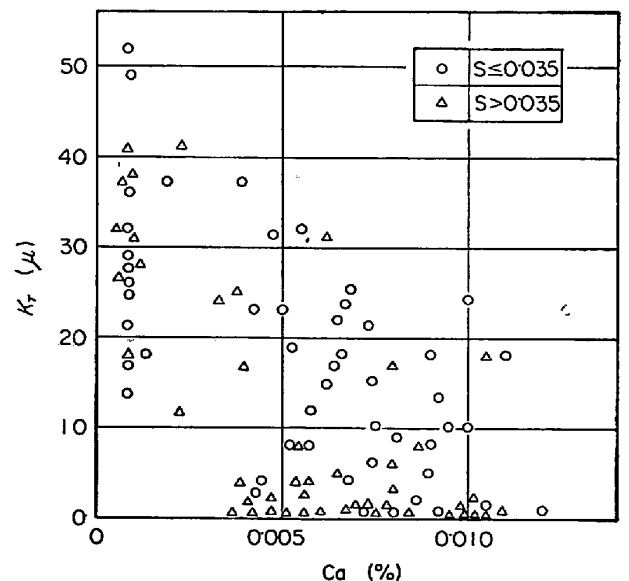


Fig. 4. Effect of calcium on crater wear K_T .

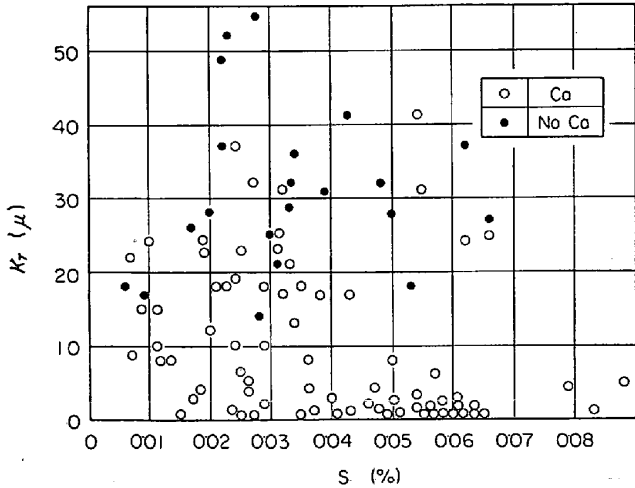


Fig. 5. Effect of sulfur on crater wear K_T .

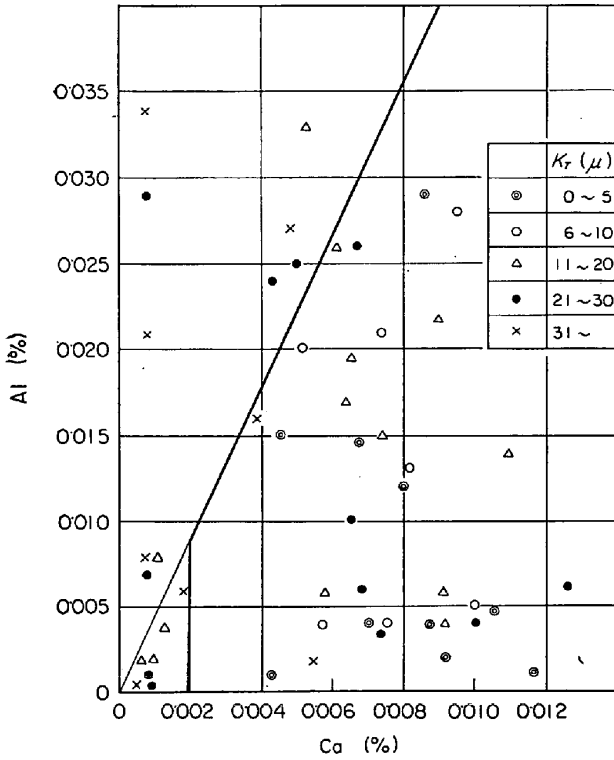


Fig. 6. Relation between aluminum and calcium contents of steel and depth of crater K_T ($S \leq 0.035\%$).

つぎに Ca の影響として、 K_T と Ca 量の関係を S 量の多少により区別して Fig. 4 に示す。いずれの場合にも Ca 量の増加により K_T は小さくなる傾向が見られ、とくに S が 0.035% 以上の鋼については、Ca 量の増加により K_T が小さくなる頻度は非常に多くなっていることがわかる。

さらに S の影響として、 K_T と S 量との関係を Ca を添加したものと添加しないものとに分けて Fig. 5 に示す。Ca を添加していない鋼については、S 量の影響は

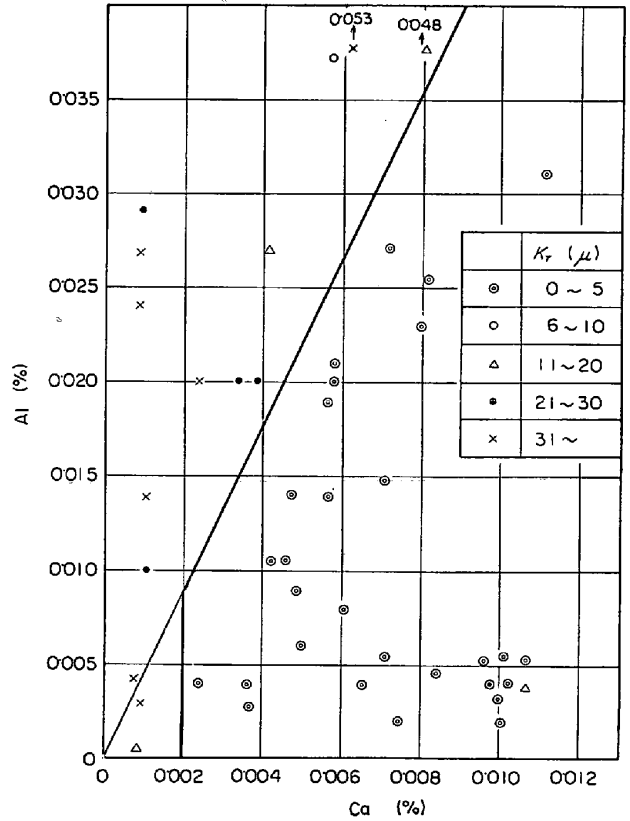


Fig. 7. Relation between aluminum and calcium contents of steel and depth of crater K_T ($S > 0.035\%$).

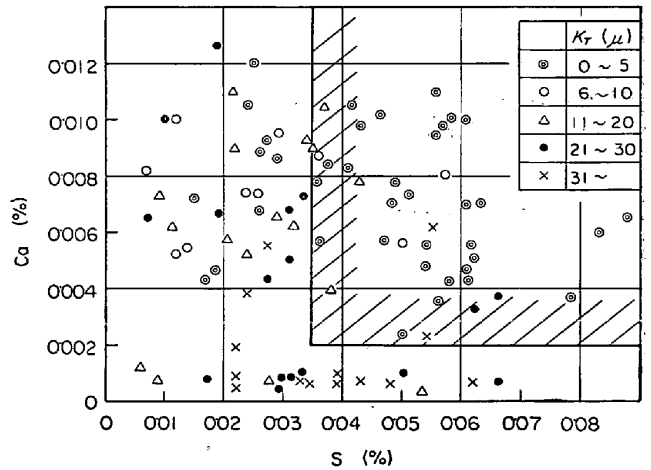


Fig. 8. Relation between calcium and sulfur contents of steel and depth of crater K_T .

まったく見られないが、Ca 添加鋼の K_T は S 量に大きく依存していることがわかる。すなわち S が 0.035% 以上になると K_T が小さくなる頻度が非常に多くなっている。

以上 K_T におよぼす Al, Ca, S 量の単独的な作用について検討してきたが、つぎに Al と Ca の相互的な影響として、S が 0.035% 以下のものについて K_T と Al, Ca 量との関係を Fig. 6 に示し、S が 0.035% 以上の

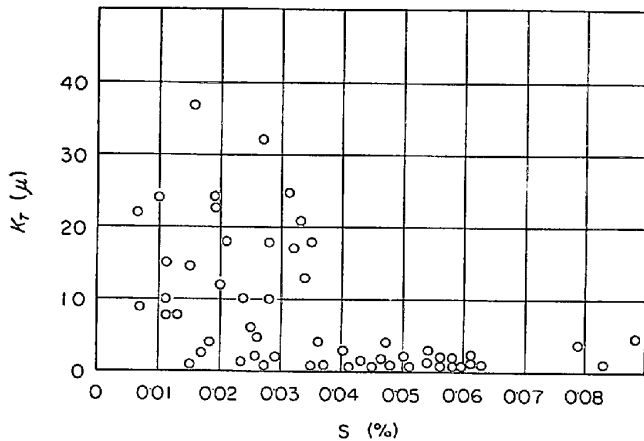


Fig. 9. Effect of sulfur content in Al-Ca balanced steels on depth of crater K_T .

ものについて Fig. 7 に示す。いずれも K_T の値を 5 段階に分け、それぞれの K_T を与えている Al, Ca の量で整理してある。このように整理してみると、 K_T の値は Al と Ca の量によりかなり規定され、 K_T を小さくする Al と Ca の領域があることがわかる。すなわち Fig. 6, 7 に示す結果を総合的に考え、図中に示すような原点を結ぶ直線を引き、その直線の下側でかつ Ca が 0.002% 以上の領域において K_T が小さくなる頻度が多く、その傾向は S が 0.035% 以上の場合において非常に著しくなっている。

また S の相互的な作用について、 K_T と Ca, S 量との関係を Fig. 8 に示す。これより斜線で示した領域、すなわち Ca が 0.002% 以上でかつ S が 0.035% 以上の領域において、 K_T の小さい割合が非常に多くなっていることがわかる。しかしこの斜線の領域内でも K_T がかなり大きなものも存在している。この大きな K_T を与えている鋼の成分を検討してみると、いずれも Al と Ca の関係が Fig. 7 に示す直線よりも上側の領域に存在しているものとなつていく。これらの関係をさらにはつきりさせるため、Fig. 6, 7 に示した直線よりも下側の領域にはいつているものだけについて、つまり Al と Ca のバランスがとれているものだけについて K_T と S 量との関係を Fig. 9 に示す。S の量が 0.035% 以上になると、 K_T は 100% 小さくなつていくことがわかる。

このような工具摩耗におよぼす化学成分の影響については、すでに多くの研究が報告されている。たとえば Al の影響については、Al 量を少なくして、鋼中介在物の組成に占める Al_2O_3 の割合を少なくしたほうが、工具摩耗は少なくなるという報告⁷⁾がある反面、Al 量を若干多くしたほうが工具摩耗は少なくなるという報告⁸⁾もあり必ずしも統一的な見解は得られていない。同様に Ca の

影響についても、工具摩耗をおさえるのに最適な Ca 値があり、Ca 量をあまり多くするとかえつて摩耗は進行するという報告⁹⁾がある反面、Al 量を少なくしさえすれば Ca 量には関係なく工具摩耗は少なくなるという報告¹²⁾もある。これらの研究の中には Ca の影響を添加量で整理しているものもあるが、Ca 合金添加時の歩留りは必ずしも一定でないことを考慮すると、鋼中の Ca 分析値で整理する必要があると考えられる。また S の影響については、同じ Ca 脱酸鋼であってもドイツ材は国産材に比べ Belag が生成しやすく、かつ摩耗が進行しにくいことが一般に認められており、前者の S 値が後者に比べ高いことから、工具摩耗に S が影響することは十分考えられていた。最近垣見らは S 量を多くすることにより Ca 脱酸鋼の工具摩耗量が減少することを報告¹³⁾しているが、摩耗をおさえるのに必要な最少 S 量などについては必ずしも明らかにしていない。さらに Ca 脱酸鋼の工具摩耗に影響する成分の一つとして O をあげ、これが多くなるほど摩耗量は少なくなるという報告⁷⁾もある。

このように工具摩耗におよぼす成分の影響についての研究は多いが、これらは単独元素の影響について整理したものが多く、各元素間を関連させて検討したものは少ない。Belag の生成に関係ある介在物の組成は、Al, Ca, S 量などにより規定されていることを考えても、工具の摩耗はこれら元素間の関連において左右されるものであり、工具摩耗におよぼす成分の影響については総合的に検討する必要があると考えられる。

したがって、Al, Ca, S などの成分値を変えた数多くの鋼を用い、工具摩耗におよぼす化学成分の影響を総合的に解析した結果、工具のすくい面摩耗は Al, Ca, S 量によつて大きく左右されており、Ca 量を少なくとも 0.002% 以上含有させ、しかも Al と Ca を Fig. 6 に示す直線の下側の領域にはいる値にすれば摩耗量が少なくなる確率は高くなり、さらに S を 0.035% 以上にするにより確実に摩耗はおさえられることが理解される。

このような傾向は切削速度が 150m/min の場合だけでなく、100~250m/min の切削速度範囲でほぼ同じであり、またにげ面摩耗幅 V_B についても同様の現象が認められている。なお著者らの実験においては、O が 0.003~0.010% の範囲において、工具摩耗と O 量の間にははつきりした関係を認めることはできなかった。

3.3 超硬工具面上の付着物

Ca を含有させた鋼を超硬工具 P 20 で切削した場合、工具のすくい面上あるいはにげ面上に Belag と称する酸

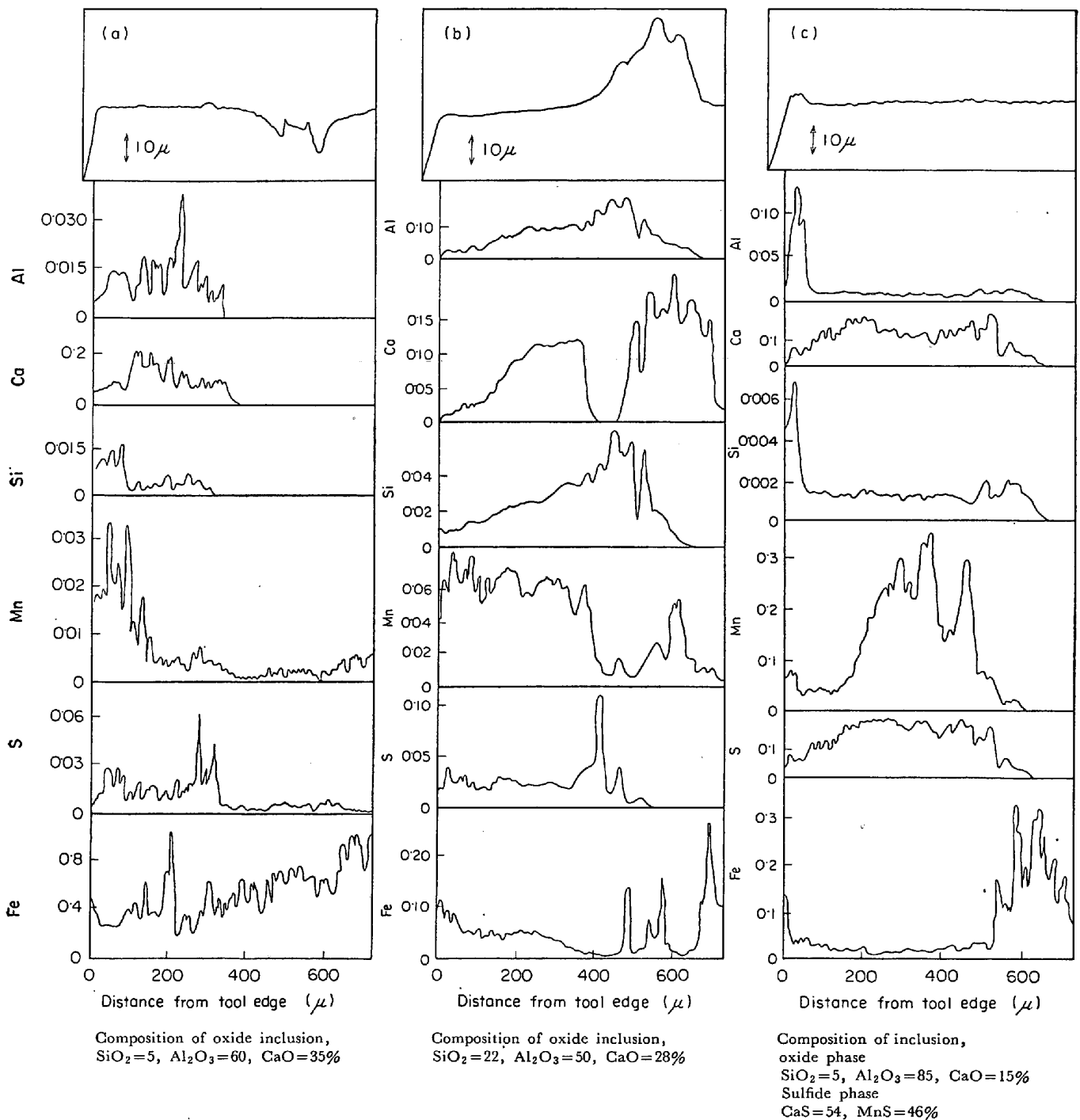


Fig. 10. Profile of tool face and relative intensity of K_α X-ray of each element in the layer.

化物が付着する現象はよく知られている²⁾¹⁴⁾。

ここで Al, Ca, S 量の異なる種々の鋼を切削速度 $V=150\text{m/min}$ で 20 min 切削した工具のすくい面上を触針型あらさ計によつて走査しかつ XMA で線分析し、その代表的な結果を Fig. 10 (a), (b), (c) に示す。(a) は深く摩耗しており、Belag が付着していない工具について示したので、XMA の分析結果でも Fe がすくい面の全体にわたり多量に認められ、Mn, Al, Ca など

は刃先のみを検出され摩耗が問題となる場所には検出されていないものである。(b) は摩耗せず逆にもり上がっている工具、すなわち Belag が付着している工具について示したもので、工具面上に幅広く Si, Al, Ca などが付着しているものである。その組成は位置によりかなり変わっており、必ずしも一様な組成を求めることはできないが、摩耗が発達しやすい刃先より 500μ 付近の組成は $\text{SiO}_2=15$, $\text{Al}_2\text{O}_3=45$, $\text{CaO}=30$, $\text{MnO}=5\%$ で、ほぼ

介在物の組成と似ている。また(c)はSが0.035%以上のCa添加鋼を切削したさいに見られるもので、摩耗ももり上がりも見られない工具であるが、XMAによる線分析の結果によればMn, S, Caがかなり幅広い範囲にわたって認められているものである。この場合にも、その組成は位置により若干異なっているが、刃先より400 μ 付近でCaS=50, MnS=50%となっており、酸化物系介在物中に認められる硫化物相の成分に近い組成となつている。

このFig. 10よりもわかるように、 K_T の大きい場合にはBelagは全く見られず、 K_T の小さい場合にのみBelagが生成しており、その組成はSiO₂, Al₂O₃, CaOあるいはMnS, CaSで、鋼中に存在している介在物の組成と比較的近い組成となつていることがわかる。したがって高S量の鋼を切削したさいのBelagは介在物組成に占めるS量が多いため、比較的S量の多い組成となつている。またSが0.035%以上のCa添加鋼の切削時には、Belagが検出されなかつた工具でも K_T の小さいものにはCa, S, Mnなどが検出され、鋼中の介在物組成とほぼ同じ組成のごく薄い付着物が生成していることがわかる。

Belagの高さと工具摩耗との関係については、一般にBelagが厚く付着している場合にのみ工具摩耗は少なくなると考えられていたが¹³⁾最近、酸化物層が顕著に生成していなくても工具摩耗が抑制されていることも報告¹⁰⁾されている。

切削速度 $V=150\text{m/min}$ で10min間切削したときの K_T とBelag高さの関係をFig. 11に示すが、Sの値にかかわらず K_T の小さい場合には必ずBelagが生成していることがわかる。しかもSが0.035%以上でCaを含んだ鋼の場合には、Belagと呼ばれる厚い層が生成していなくても K_T が小さく保たれる場合があり、そのさいには必ず薄い付着物層が生成している。したがってBelagと呼べないほどのごく薄い付着物が生成している場合も K_T は小さくなつており、付着物層さえしつかり生成していればその厚さは工具摩耗の進行に影響を与えないものと考えてよい。

またBelagあるいは薄い付着物層の組成が鋼中の介在物組成と比較的似ていることから、鋼中の介在物が切削時に工具のすくい面上に堆積し、Belagまたは薄い付着物層として存在しえたものと考えられる。この場合、つぎの3つの仮定をもとにして、鋼中の介在物がどの程度の割合でBelagになりうるかを試算してみる。

- (1) 被削材中のO量は0.005%とする。
- (2) 鋼中OはSiO₂介在物として存在し、その密度

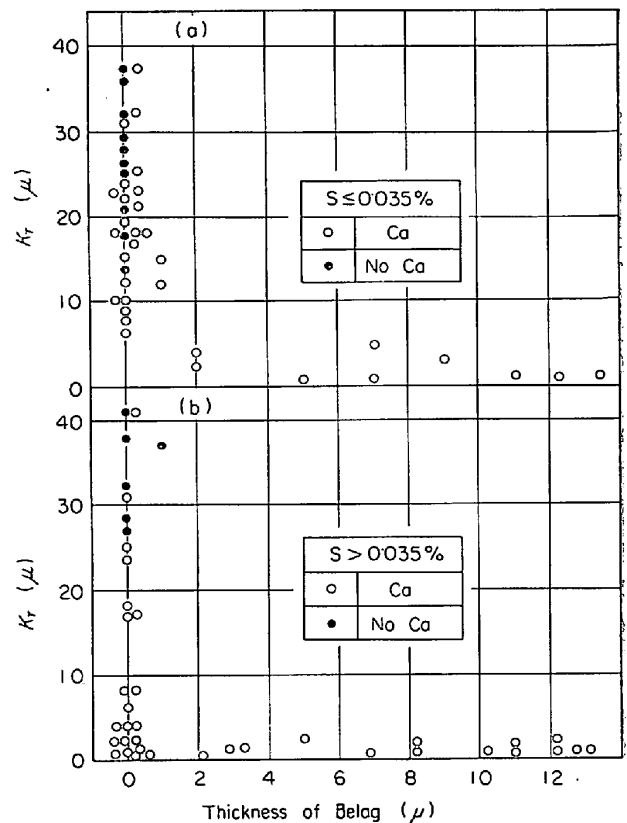


Fig. 11. Relation between thickness of Belag and crater wear K_T .

を 2.5g/cm^3 とする。

(3) 工具との接触面より 1μ 以内に存在している介在物はBelagとして工具面上に堆積しうる。

切削速度 $V=150\text{m/min}$ で切削した場合、1min間の切削において被削材の1cm幅当たり、工具に接する面より 1μ 以内に存在する介在物の体積 V_{IN} はつぎのように求めることができる。

$$V_{IN} = \frac{7.9 \times 0.00005 \times [(28+32)/32]}{2.5}$$

$$\times 10^{-4} \times 1.5 \times 10^4 = 4.45 \times 10^{-4} \text{cm}^3$$

これらの介在物が工具のすくい面上に400 μ の長さで付着するとすれば、その高さは112 μ になる。すなわち一般的な現象として切削速度 $V=150\text{m/min}$ で切削した場合、長さ300~400 μ 、高さ10~30 μ 程度のBelagが生成するのに3min程度必要であることを考慮すると、工具に接する面に近い鋼中に含まれる介在物のうちほんの一部分だけが工具面上にBelagとして堆積したものと考えてよい。

また工具が摩耗する原因として、一般にAl₂O₃などの硬い不純物により研削されて摩耗する場合と、高温の切くずと工具がつねに接することにより、工具の成分であるCo, W, Cなどが切くず中に拡散し、また切くず

中の Fe が工具の中に拡散して、工具自身の強度を弱めることにより摩耗される場合とが考えられている。したがって定性的には、工具面上に Belag あるいは付着物層が存在することにより、切くずと工具表面間とで起こる Co, W, C, Fe などの拡散が阻止されることは十分考えられるため¹⁵⁾¹⁶⁾、工具摩耗がかなりおさえられるという考え方は妥当なものと考えられる。この場合 Fig. 11 より明らかなように、Belag のみならずごく薄い層でも十分有効な働きをしているものと考えてよい。

3.4 Ca 脱酸鋼の切削機構

超硬工具 P20 (形状: 0, 0, 6, 6, 30, 0, 0.4) を用い、切込み 2 mm, 送り 0.25 mm/rev なる 2 次元的な

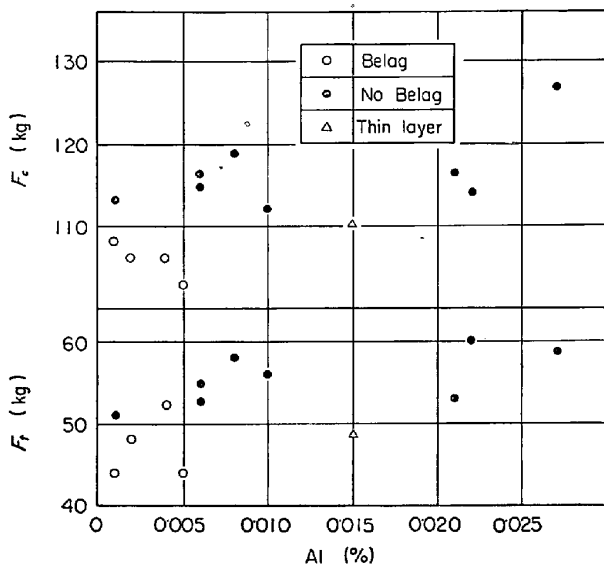


Fig. 12. Effect of aluminum on cutting forces F_c , F_t .

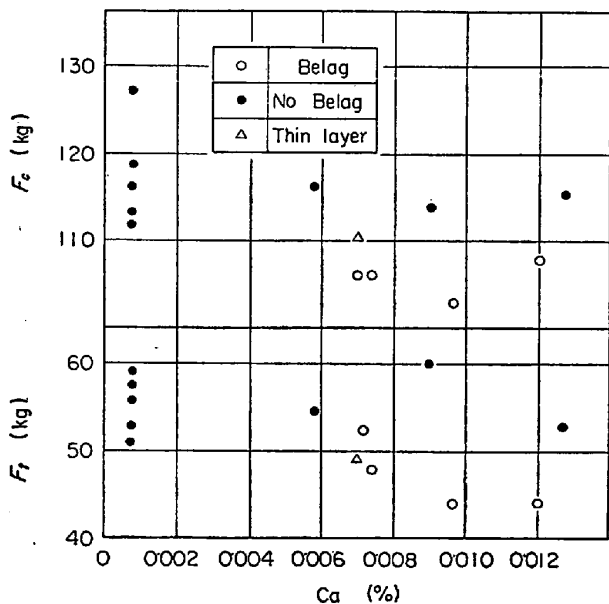


Fig. 13. Effect of calcium on cutting forces F_c , F_t .

条件で切削し、切削抵抗 F_c (主分力), F_t (送り分力) を工具動力計により測定した。また切くずの厚さを測定して、せん断角 ϕ をも算出した。

切削抵抗 F_c , F_t は切削速度の上昇につれて減少し、せん断角 ϕ は逆に増加する傾向が見られるが、ここで切削抵抗を代表させる要因として切削速度 $V = 150\text{m/min}$ における F_c , F_t の値をとり、この F_c , F_t の値におよぼす Al, Ca, S の影響について整理した。

F_c , F_t と Al 量の関係を Fig. 12 に示す。ここでは 150m/min の切削速度で 3 min 間切削したとき、Belag あるいは付着物層が生成している場合とこれらが生成していない場合とに分けて示してあるが、Belag などの生成の有無にかかわらず、切削抵抗 F_c , F_t におよぼす Al の影響はほとんど認められないことがわかる。

同様に F_c , F_t におよぼす Ca の影響を Fig. 13 に示すが、この場合にも Belag の有無にかかわらず Ca の影響はほとんど認められない。すなわち Ca 添加鋼であっても、Belag が生成していない場合の切削抵抗は通常鋼とまったく変わらないことがわかる。この場合、Belag が生成している場合について Ca が 0.007% 付近のところで F_t が若干高い値を示しているが、これは S 量が少ない場合の値であり、後述するように S の影響をも合わせて考える必要がある。

Fig. 14 に F_c , F_t と S 量との関係を示すが、Belag のない場合については S の影響はまったく認められない。また Belag のある場合についても F_c については S の影響は認められないが、 F_t については S 量の少ないところでばらつきが大きく、 F_t がかなり大きな値になる場合もあることがわかる。

さらに Fig. 15 に F_c , F_t と Belag 高さの関係を示

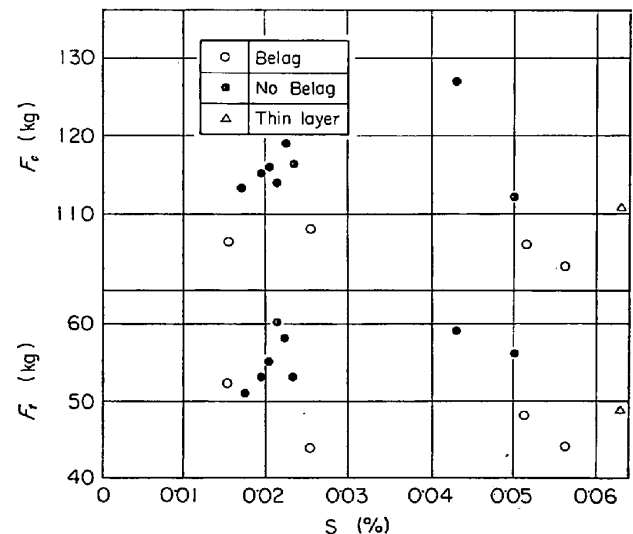


Fig. 14. Effect of sulfur on cutting forces F_c , F_t .

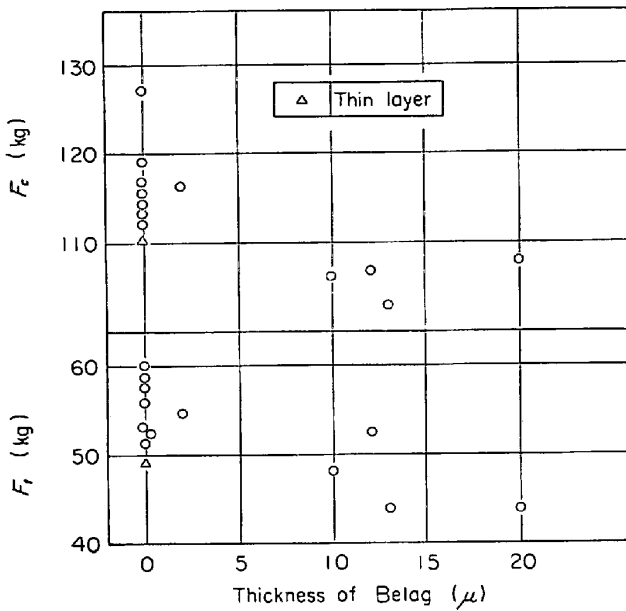


Fig. 15. Effect of Belag on cutting forces F_c , F_t .

すが、 F_c , F_t ともに Belag の存在によりかなり小さい値になっており、しかも Belag の高さにはほとんど関係していないこともわかる。

このように切削抵抗におよぼす Al, Ca, S あるいは Belag 高さの影響について整理してみると、 F_c , F_t が小さな値になっている場合は必ず Belag が生成しており、しかも S 量が多い鋼のほうが、その傾向は安定していることがわかる。また薄い付着物層も F_c , F_t を若干小さくする作用があることもわかる。

一般に切削時に切削油などの潤滑剤を使用する場合、 F_c , F_t は小さくなり、 ϕ は大きくなるのが知られている。すなわち工具のすくい面上に Belag が存在している場合の切削現象は潤滑剤を使用したときに見られる切削現象と似ており、すでに報告されているように Belag は一種の固体潤滑剤的な作用をしているものと考えられる。しかもこの作用は付着物層の量、組成によつて若干異なるため、安定して固体潤滑剤としての作用を発揮させるためには数 μ 以上の厚さで付着させ、かつ組成的にも S を多く含ませることが望ましいと考えられる。

3.5 穴あけ加工性におよぼす Al, Ca, S の影響

工具寿命 ($V-L$ 曲線)、穿孔抵抗を測定した結果より穴あけの各特性を代表させる要因としてつぎの値を定義し、これらの値におよぼす Al, Ca, S などの影響について整理した。

- $V_L=2000$: 穿孔総長さが 2000 mm になる切削速度
- $T_{hV}=30$: 切削速度 $V=30\text{m/min}$ のスラストの値
- $T_V=30$: 切削速度 $V=30\text{m/min}$ のトルクの値

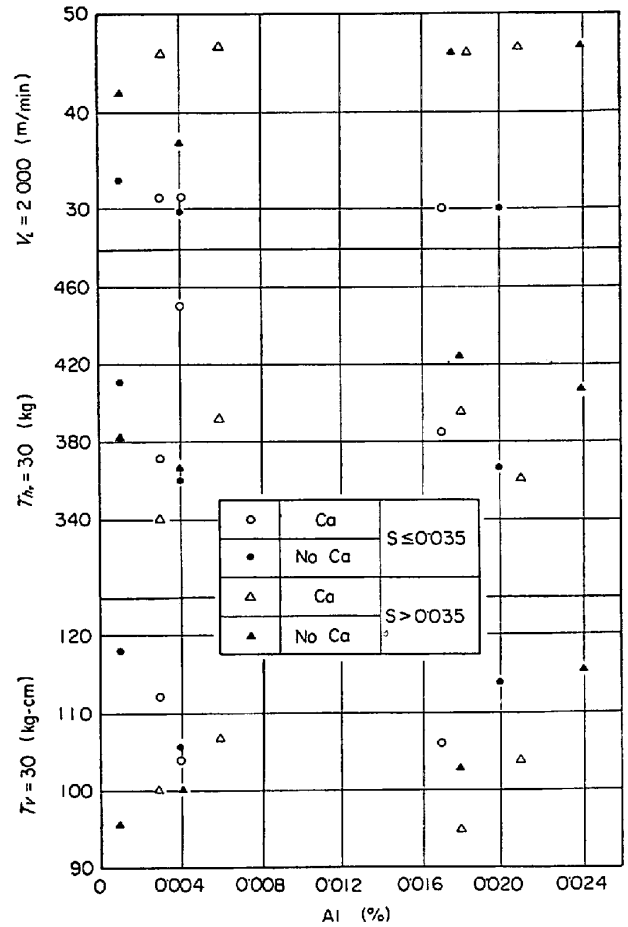


Fig. 16. Effect of aluminum on drilling properties, $V_L=2000$, $T_{hV}=30$, $T_V=30$.

まず $V_L=2000$, $T_{hV}=30$, $T_V=30$ と Al 量との関係を Fig. 16 に示す。この場合、Ca, S の値の大小にかかわらず、穴あけ特性は Al 量によつて影響をうけていないことがわかる。

同様に穴あけ特性値におよぼす Ca 量の影響を示す Fig. 17 から、穴あけ特性は Ca 量によつて影響をうけていないことがわかる。

また Fig. 18 に穴あけ特性値におよぼす S 量の影響を示す。工具寿命を表わす $V_L=2000$ は S が 0.04% 以上になると、かなり大きな値になっている。またスラストについては S 量の影響は認められないが、トルクは S 量の増加により若干小さな値になっていることがわかる。

このような実験結果より、穴あけ特性に対しては S のみが影響し、Al, Ca はほとんど影響していないことがわかる。しかも S 量の増加によりトルクが若干小さくなり、工具寿命が顕著に延長していることもわかる。この穴あけ特性におよぼす S の影響に関する最近の報告¹⁸⁾¹⁹⁾では、S 量の増加により穿孔抵抗が減少し、それにつれて工具寿命が延長するとしている。しかし本実験では、

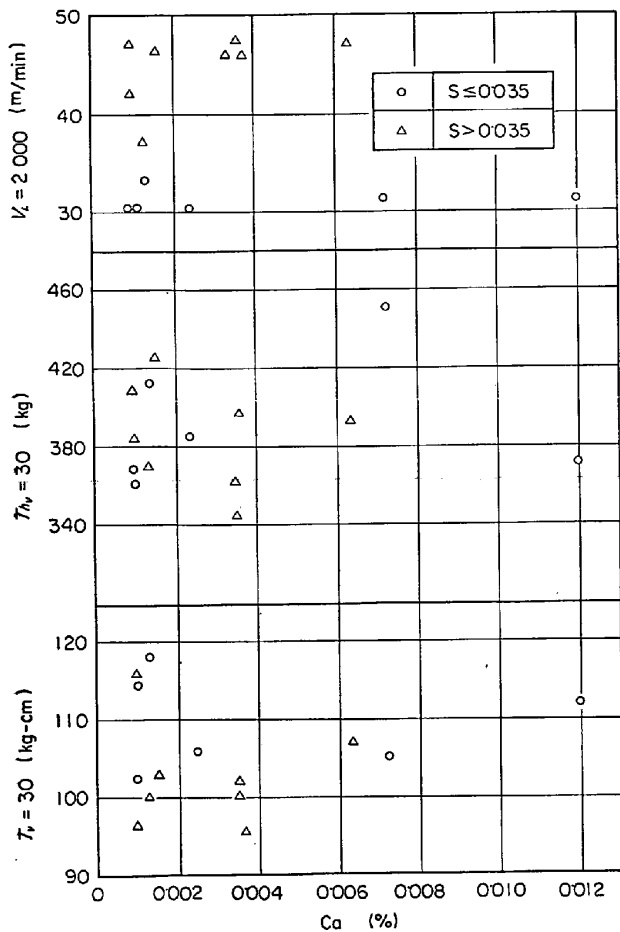


Fig. 17. Effect of calcium on drilling properties, $V_L=2000$, $T_{hV}=30$, $T_V=30$.

S量の増加によりトルクが減少している量は 10 kg-cm 程度であり、これによつて工具寿命の延長をすべて説明するには問題がありすぎる。したがつて工具寿命におよぼす S の影響については、まったく別の角度から検討する必要があると考えられる。

4. 結 論

実験炉により、S45Cを基本成分にして Al, Ca, S 量を変えた鋼を溶製し、被削性におよぼす Al, Ca, S の影響について検討した結果、つぎのことが明らかとなった。

(1) 酸化物系介在物の組成、形状は Al, Ca, S 量により顕著に変化し、通常の SC 材の Al 濃度においては、Ca 量の増加にしたがつて B 系の純 Al_2O_3 組成の介在物から、MnS-CaS 相を含む C 系の Al_2O_3 -CaO 組成の介在物に変わる。

(2) 工具のすくい面摩耗量は Al, Ca, S の量によつて左右され、Al と Ca をバランスさせることにより、工具摩耗が少なくなる確率を高くすることができる。

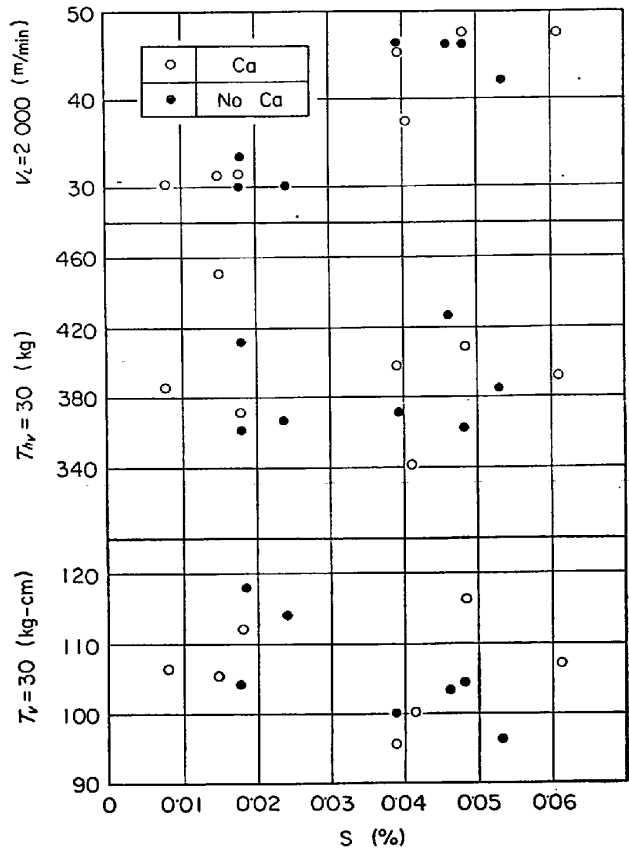


Fig. 18. Effect of sulfur on drilling properties, $V_L=2000$, $T_{hV}=30$, $T_V=30$.

さらに S を 0.035% 以上にすることにより、工具摩耗を確実に少なくすることができる。

(3) Belag あるいは薄い付着物層が工具表面に生成している場合には、工具摩耗は必ず少なくなつており、逆に工具摩耗が少ない場合には必ず Belag あるいは薄い付着物層が認められる。

(4) Belag の組成は鋼中の介在物組成に比較的近い値となつている。

また S 量が多い Ca 添加鋼の切削時にのみ見られる薄い付着物層の組成は Ca, S, Mn より成つており、酸化物系介在物中に認められる硫化物相の組成に近いものとなつている。

(5) Ca 脱酸鋼の切削機構は Belag の存在によつて変わり、Belag の固体潤滑作用により、切削抵抗は小さくなる。

(6) Ca 脱酸鋼の穴あけ性については、S 量の増加によりトルクが若干減少し、かつ工具寿命は顕著に向上するが、Al, Ca の影響はまったく認められない。

終わりに、本実験の穿孔試験にあたり種々助言、協力していただいた工業技術院機械試験所金井企画官に深く感謝いたします。

文 献

- 1) H. OPITZ and W. KÖNIG: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962) 12, p. 831
- 2) H. OPITZ, M. GAPPISCH, W. KÖNIG, R. PAPE and A. WISCHER: Arch. Eisenhüttenw., 33 (1962) 12, p. 841
- 3) 精機学会切削性分科会: 精密機械, 34(1968) 10, p. 680
- 4) 精機学会切削性分科会: 精密機械, 35(1969) 3, p. 169
- 5) 精機学会切削性分科会: 精密機械, 35(1969) 4, p. 227
- 6) 宮下, 西川: 日本金属学会シンポジウム講演予稿秋期大会 (1969) 10, p. 82
- 7) A. WICHER and R. PAPE: Stahl u. Eisen, 87 (1967) 21, p. 1262
- 8) 武田, 浜端: 鉄と鋼, 55 (1969) 11, p. 629
- 9) E. SCHMEER: Arch. Eisenhüttenw., 39(1968) 4, p. 277
- 10) 鳴滝, 岩田, 山本, 山口: 鉄と鋼, 56(1970) 3, p. 391
- 11) 木村, 伊藤: 電気製鋼, 39 (1968) 6, p. 349
- 12) 田阪, 赤沢, 片山: 昭和43年度精機学会秋季学術講演会前刷, p. 15
- 13) 垣見, 田村, 岡田, 加藤, 浜端: 住友金属, 21 (1969) 3, p. 368
- 14) A. WICHER and R. PAPE: Stahl u. Eisen, 87 (1967) 20, p. 1169
- 15) 奥島, 鳴滝: 精密機械, 35 (1969) 2, p. 28
- 16) 奥島: 精機学会, カルシウム脱酸鋼に関するシンポジウム (昭和43年2月16日)
- 17) 佐田, 平尾: 昭和46年度精機学会秋季学術講演会前刷, p. 233
- 18) 山本, 藤田, 山口, 萩原: 昭和45年度精機学会春季学術講演会前刷, p. 261
- 19) 田阪, 赤沢, 黒岩: 鉄と鋼, 56 (1970) 4, S 191