

—ノート—

A1 旋削時の構成刃先についての二、三の実験

高 木 清

Several Experiments for Built up Edges in Turning of Al

Kiyoshi TAKAGI

高力A1第一種丸棒を超硬バイトで旋削した場合の構成刃先の性状を求める為、主として顕微鏡的観察により、実験し得た結果を総合すると次の通りである。

- 1) 構成刃先は切削速度約100m/min以内で生成する。
- 2) 切削時間の構成刃先の高さに及ぼす関係は中速では高さほぼ一定で関係なく、低速に於ては高さの変動甚しく一定の関係を示さない。
- 3) 構成刃先先端部のすくい角は低速に於ては小さく、高速になるに従い大きくなるが一定の傾向は認められない。
- 4) 構成刃先背面の形状は拋物線形をなすが、刃先の成長状態と関連が深い。
- 5) 構成刃先内部の切削線付近では母材の約2.5倍のかたさを有し、溶着状態を示すが、背面尾部に行くに従いかたさは低下し1.5倍程度となり、分裂層状が明白になる。

1) まえがき

切削加工に際し問題となるのは切削抵抗・仕上面の状態および工具寿命等であるが、この場合構成刃先は常に考慮に入れなければならない重要な問題である。

構成刃先に関しては、1892年 A. Haussner⁽²⁾ がそれを観察研究し始めて以来、幾多の研究⁽¹⁾⁽²⁾ がなされ今日に及んで居るが、尚種々の問題例えば構成刃先の発生・成長・脱落の機構等については未だ充分知られていない点がある。このため第一段階として顕微鏡的観察を主体として研究を進めることにして今日迄に得た成果を報告する。

分力をロードセルを利用した測定記録装置により求め、切削温度は工具と被削材とを熱電対として測定する方法を使用した。構成刃先の形状・組織の観察には、手動に依り瞬間離脱を行い、バイトすくい面上に生じた構成刃先をそのまま或はこれを取りはぎ、樹脂にうめ込んで、検鏡試料を作り、これ等に対して形態・硬度・組織をしらべた。被削材は市販の高力アルミニウム第一種丸棒を使用した。その化学成分および機械的性質次表の如し。切削工具は超硬 P20 (G2) (10・10・5・5・14・14・0.2) を使用し、送りを 0.1mm に一定し、切込みおよび切削速度を変え、切削抵抗三分力・切削温度・構成刃先の高さ・

化 学 成 分							機 械 的 性 質				
S _i	M _n	C _u	F _e	M _g	Z _n	C _r	Al	耐 力 Kg/mm ²	引張強さ Kg/mm ²	伸 び %	硬 度 H _B
0.50	0.7	4.06	0.42	0.46	0.14	0.03	残り	33.7	46.3	19.3	110

2) 実験装置と実験条件

使用旋盤は大隈 LS形実用高速旋盤(無段変速機付き)で、常温において普通の三次元切削を行い、切削抵抗 3

形状・硬度等を測定した。

3) 実験結果と考察

測定諸元の結果を第1表、第2表に示す。

第1表 (送り0.1mm一定)

切込み mm	諸元	切削速度 m/min													
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	
0.1	分力 (Kg)	主	1.9	2.2	2.0	1.9	2.4	2.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
		送り	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5
		背	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
	切削温度 (°C)	45	70	95	110	125	140	145	155	160	170	210	245	285	
	仕上面荒さ (μ)	22	24	24	22	17	20	18	17	17	16	15	15	15	
	構成刃先高さ (h _{mm})	0.14	0.10	0.06	0.07	0.07	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	—
	刃先すくい角 (α'度)	47.8	52.1	43.8	43.2	48.2	59.2	57.4	60.7	59.3	62.7	63.7	62.5	—	

0.3	分力 (Kg)	主	4.7	5.3	5.0	5.2	5.4	5.2	5.1	5.2	5.0	5.0	4.9	4.8	4.5
		送り	1.4	1.5	1.6	1.5	1.7	1.6	1.8	1.6	1.8	1.9	1.7	1.9	1.8
		背	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	θ	60	90	115	130	155	170	175	185	195	200	245	285	320	
	μ	19	18	18	18	17	17	17	15	14	13	13	14	14	
	h	0.27	0.20	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.07	0.03	0.03	—	—	
	α'	42.4	57.6	63.0	61.2	62.4	65.0	63.9	70.2	65.1	48.2	60.4	—	—	

第2表 (送り0.1mm切削速度10m/min)

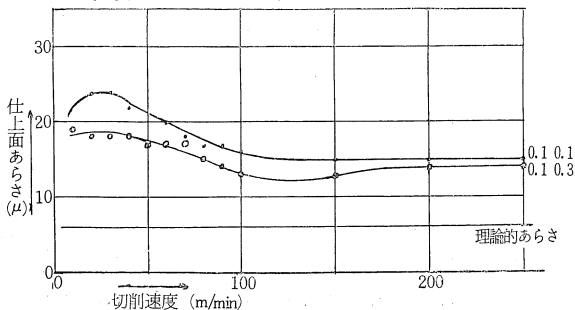
切込み 諸元	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
切削温度 (°C)	45	60	75	95	110	145
主分力 (Kg)	1.3	3.4	5.5	9.5	13.5	18.5
送り分力 (Kg)	0.4	0.8	1.1	1.7	3.0	4.5
背分力 (Kg)	0.3	1.1	2.6	4.8	7.2	8.9
構成刃先高さ (hmm)	0.13	0.22	0.25	0.40	0.40	0.37
〃 長さ (Lmm) (バイトすくい面における)	0.35	0.44	0.52	0.83	0.83	0.72
〃 過切削長さ, (lmm)	0.007	0.02	0.05	0.08	0.10	0.14

切削抵抗3分力と切削速度および切込みの関係第6図の如く、3分力測定記録の一例写真第2に示す。

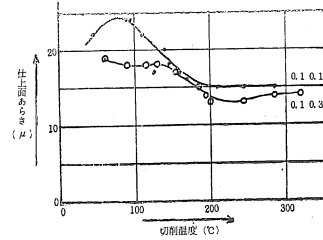
a) 仕上面あらさ

仕上面あらさは構成刃先の生成に密接な関係があり、切削速度の影響を受けることは一般に認められている。第1図によると、切り込みの変化に関せず概ね100m/min以上に於ては、あらさ一定と見做し得られる。すなわち構成刃先の生成脱落は100m/min未満で行われていると見ることが出来る。これは超ジュラルミンの場合及び炭素鋼の場合にほぼ同じである。⑥⑦等

第1図 切削速度と仕上面あらさ



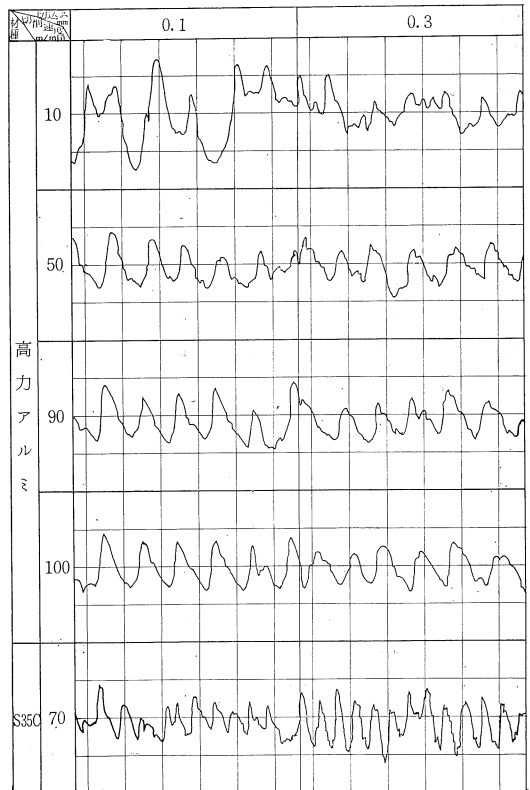
第2図 切削温度と仕上面あらさ



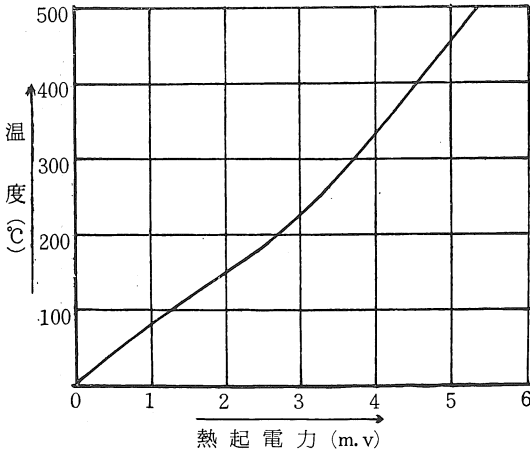
鋭い小起伏は殆んどなく、丸みを帯びた小起伏を含んだ傾斜線となっている。なお切削温度とあらさの関係は第2図の如く、切削速度をそのまま温度に読み換えたような関係を示して居る。温度校正線図第4図、切削速度と切削温度の関係第5図に示す。

b) 構成刃先の生成

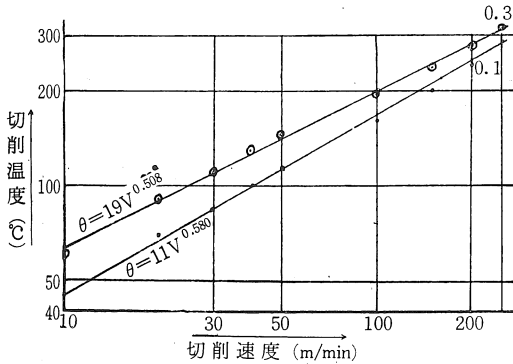
第3図 仕上面あらさ測定グラフ



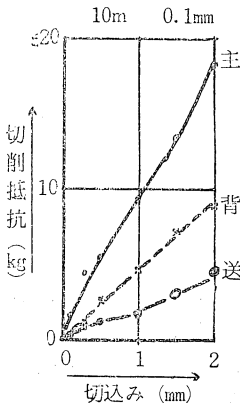
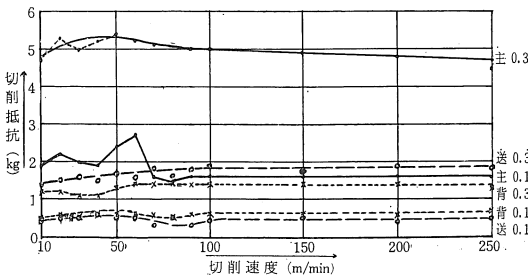
第4図 A1, G2 温度校正線図



第5図 切削速度と温度の関係

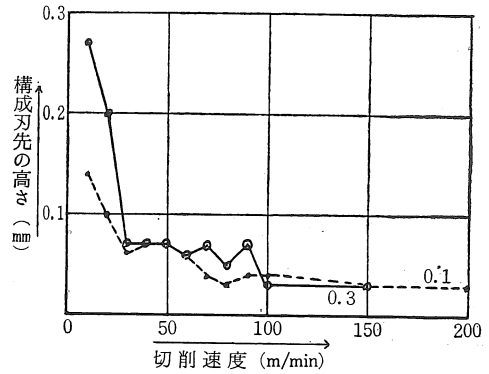


第6図 3分力と切削速度および切込みの関係



構成刃先は供試材に於ては良く発生し典型的なものができた。(第16図・写真第1・第3図参照) 切削速度との関係を求めるために、構成刃先の生成凝着しているバイトすくい面からの垂直高さを測定した結果は第7図の如くで、速度 100m/min未済では概ね 0.05mm以上の高さで、100m以上の速度では 0.03mm程度の層状をなして居ると見做される。これは Schwerd のいう臨界速度に近い値である。

第7図 構成刃先の高さと切削速度の関係



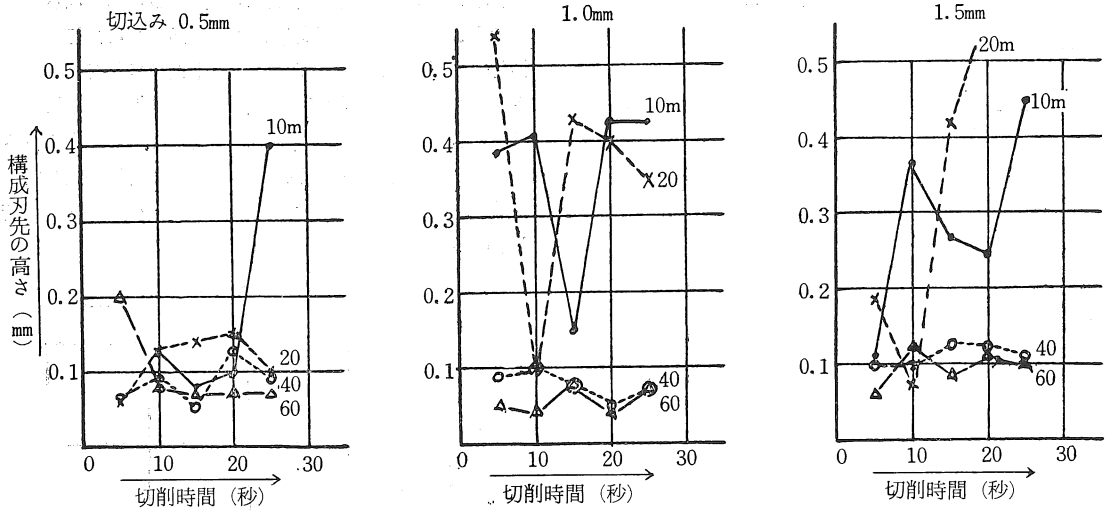
構成刃先は被削材とバイトとの凝着性につき近時多くの研究がなされているが、本実験中に於ては、付着した構成刃先が簡単に離脱するものが相当多く(低速域に於て) 取扱いに大変注意を必要とした。これに関する細部は今後の課題とし、本実験に使用したバイトの表面あらさは2μ程度で(研磨砥石はアサヒ・ダイヤモンド⁵/₁₀H, 1.0 R, 粒度220, 結合度M, 直径185mm, 回転数3000灯油使用) 概ね清浄な表面であった。構成刃先は発生・成長・分裂・脱落の課程を 1/10~1/200秒の周期をもって繰返すといわれるが、本実験においてはこの時間間隔を5秒おきに25秒まで高さを測定した状況によれば第3表および第8図に示す如く切削速度40, 60m/minにおいては切削時間に関係なくほぼ一定値を示すが、10, 20m/minでは変動大きく一定の傾向は認められない。佐久間の実験に示す切削時間の関係はあらわれなかった。

c) 構成刃先の一般形状

構成刃先の背面先端部の被削材に対するすくい角は第9図に示す如く低速域に於ては小さく、高速度域に於ては大きな値となるがこの間には一定の変化は示さないようで概ね43°~65°の範囲にある様である。星の示す工具すくい角に関係なく 50°の値に近似はしているが一致しなかった。

構成刃先先端部の丸み半径(R) は写真第3より、大は27μ小は 3μ平均11μ程度となり、切込みが大なる程 Rも大となり、刃先が成長完了期にあるものは大きく10~27μ、成長過程に於ては 3~8μと小さな値を示すように

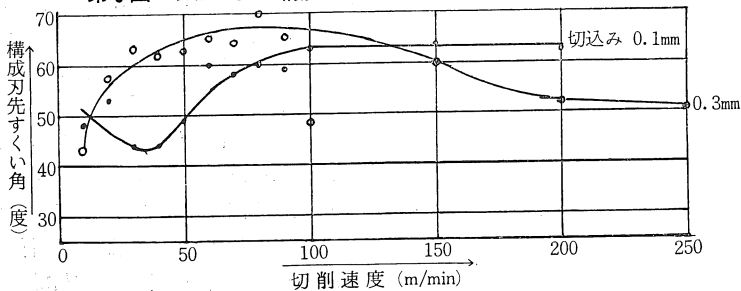
第8図 切削時間と構成刃先高さの関係



第3表 切削時間と構成刃先の高さ。

V m/ min	切時間 秒	切込み0.5mm		1.0		1.5		V m/ min	切時間 秒	0.5		1.0		1.5	
		θ°	h mm	θ	h	θ	h			θ	h	θ	h	θ	h
		10	5	135	—	106	0.39			65	0.11	40	5	223	0.06
10	10	148	0.13	106	0.41	50	0.37	40	10	223	0.09	243	0.10	223	0.10
10	15	148	0.08	72	0.15	—	0.27	40	15	205	0.05	243	0.08	196	0.13
10	20	142	0.12	86	0.43	106	0.25	40	20	196	0.13	223	0.05	196	0.12
10	25	106	0.40	93	0.43	120	0.45	40	25	190	0.10	223	0.07	196	0.11
20	5	156	0.06	156	0.54	156	0.19	60	5	223	0.20	328	0.05	258	0.06
20	10	156	0.13	106	0.10	163	0.07	60	10	223	0.08	307	0.04	243	0.13
20	15	156	0.14	106	0.43	156	0.42	60	15	233	0.07	328	0.08	223	0.09
20	20	180	0.15	106	0.40	148	—	60	20	233	0.07	319	0.04	223	0.11
20	25	156	0.10	156	0.35	72	1.32	60	25	223	0.07	319	0.07	205	0.10

第9図 切削速度と構成刃先すくい角の関係



考えられる。今この刃先丸味半径(R)を切込み t (この場合送り0.1mm とする) の比に取り、 R/t を刃先丸味半径比とすると、最大0.27(切込み2.0mmのとき) 最小0.03となり、これ等の関係を図示すると第10図の如くなる。

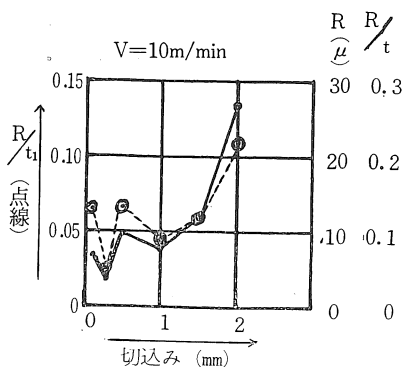
今刃先丸み半径比の切込み t を t_1 として、切込みと過切削長さとの和に置換しても R/t の線に大差ない線になる。古市の示すS45Cの場合 R/t_1 は0.2~0.4であるが本実験では大変小さな値を取ることになる。過切削長さの函を

図示すれば第11図の如し。

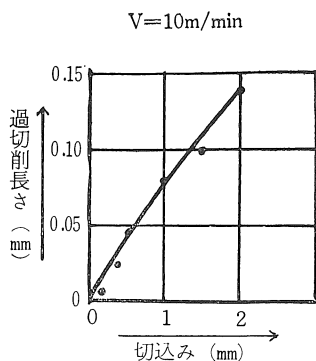
d) 構成刃先背面の形状及び剪断角

送り 0.1mmに一定し切込みを種々に変化して得た構成刃先を、切屑流出方向に直角に切断して得た形状の一例を写真第3に、その外形を画いたものは第16図の如くで、背面の形状を抛物線とし星の示す $y=x^2/4t$ の式にあてはめ、係数 4t を求めると第4表、第12図の如くで、切込みの増大に従って 4t の値も増大する傾向を有し理論値よりも少い。(ここに 4t の理論値は 4×切込み量(mm)であるが本三次元切削に於いては送りを 0.1mm に一定し切込みを変化させて行ったので $t=0.1mm$ とした)。なお 4t の値は成長完了近くでは大きな値を、成長中途或は分裂中途・分裂終り時期では小さな値(平均0.24)を取る様である。構成刃先背面形状線図の一例を第15図に示

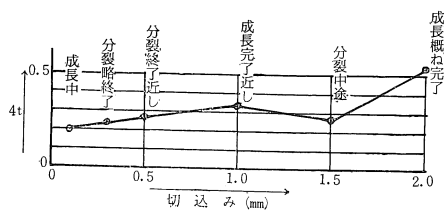
第10図 切込みと刃先丸み半径(R)との関係



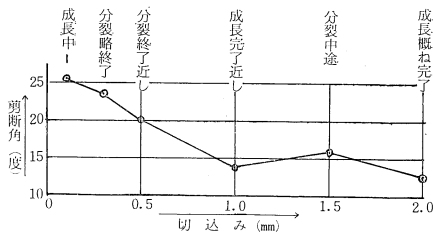
第11図 切込みと過切削長さの関係



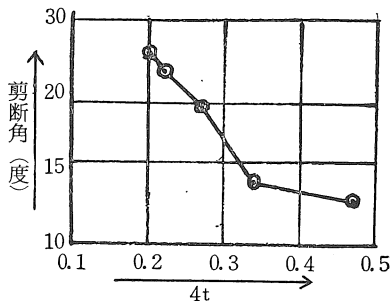
第12図 構成刃先背面形状抛物線の 4t 相当値



第13図 切込みと剪断角の関係



第14図 4tと剪断角の関係



第4表

切込み		0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
		4t	0.20	0.22	0.27	0.34	0.27
		理論値 0.4					

第5表

切込み	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
剪断角	25.5	23.5	20.0	13.8	15.8	12.5

第6表

切込み測定個所	0.1	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
a	156	161	148	146	144	146
b	182	174	165	160	158	150
c	172	146	149	150	147	148
d	—	135	125	143	139	141
e	—	145	150	148	146	145
f	134	125	128	123	125	125
g	119	109	118	110	121	117
h					121	

す。バイト刃先と剪断点との関係は剪断角をもって表わし、佐田の示す $\alpha < 15^\circ$ の時 $\phi = 15^\circ$ を採用して、上述の拋物線形を適用した場合の、剪断角の値を求めると第5表及び第13図の如くで、切込み1.0mm以上では 15° 付近の値

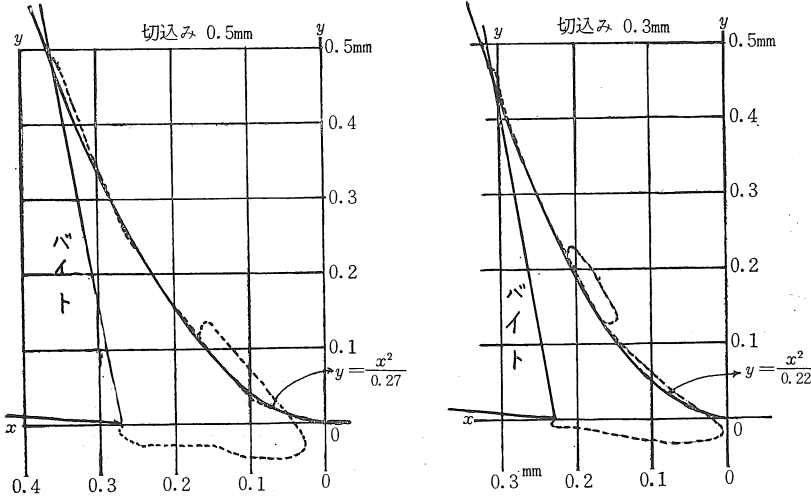
を示し切込み小なる場合は $20^\circ \sim 25^\circ$ を示している。

又4t実験値と剪断角の関係を第14図に示す。

e) 構成刃先の内部

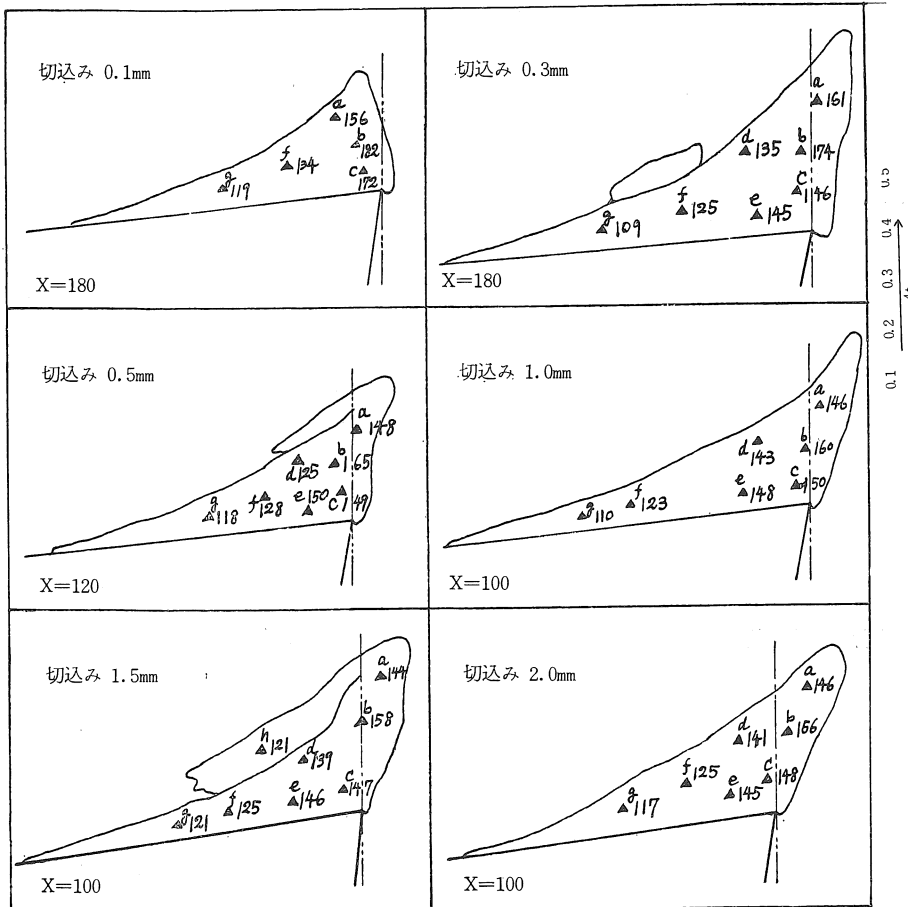
構成刃先内部のかたさを測定した結果は第6, 7表及び第16図の如くで、切削線に近い部分のかたさは母材のかたさ(平均67.4)の約2.5倍で、これを遠ざかるに従い減少し、背面尾部付近では約1.5~2倍程度となる、これは写真第3, 4の断面の縞模様が発生状況より当然であると思われる。又第7表より切込みが増大するに従い、切削線近くの主として切削抵抗を受けもつ部分のかたさが低下するのを示している。これは構成刃先の断面積の増大に関連があるように思われる。

第15図 構成刃先背面の形状線図



第16図 構成刃先の形状および内部のかたさ

切削速度10m/min すくい角 10° 送り0.1mm



第7表

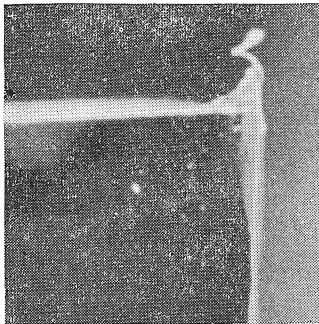
切込み	a, b, c 点 の平均Hv 50g	d, e, f, g 点 の平均Hv 50g
0.1	170	127
0.3	160	129
0.5	154	130
1.0	152	131
1.5	150	133
2.0	148	132

刃先背面の分裂縞模様は、切屑に接する背面に於て、 $25\mu\sim 30\mu$ 程度の厚さで切屑に附着して流れ去り、その下部に於ける層の厚さは、分裂時期の近いものでは、大体同じ程度の厚さを有し、成長期にあるものは数分の一の厚さの集合体の如く見える。(写真第3.4参照)

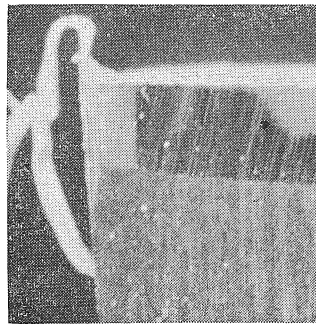
軟鋼の構成刃先は累積層状をして居るのにくらべ、高力A1に於ては累積層状は殆んど見られず、概ね溶着状態にあるものと思われる(写真第4参照)但し低速で切削温度の大変低い場合については不明である。

構成刃先尾部に於ては分裂層状が明白に認められ、この部位では切削抵抗の受け持ちは、尾部末端に行くに従

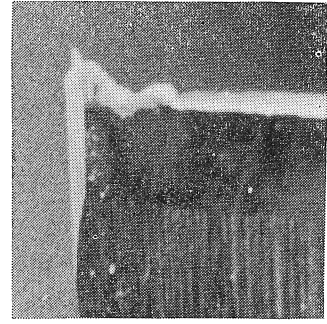
写真 第1. バイトに付着した構成刃先の状況



V=40m/min $t_1=0.1\text{mm}$
h=0.07mm

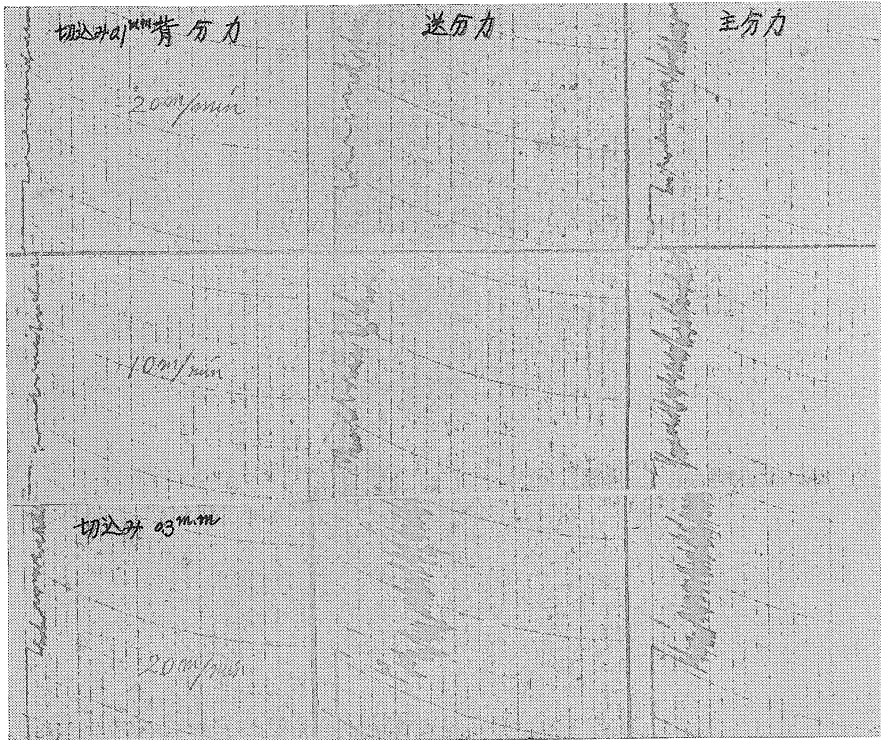


V=60m/min $t_1=0.1\text{mm}$
h=0.06mm



V=60m/min $t_1=0.3\text{mm}$
h=0.06mm

写真 第2.3 分力測定記録



いほとんど零に近ずき，切屑の流れに伴い摩擦（溶着力も含む）により分裂層を持ち去るものと思われる。

4) 結 言

以上の実験値から考察すると高力AIの三次元切削に於ける構成刃先に関して次のことが明らかとなったといえる。

- a) 背面構成刃先の形状は概ね鋼の場合と同様に抛物線形をなしている。
- b) 内部組織については鋼の場合は層状の累積である

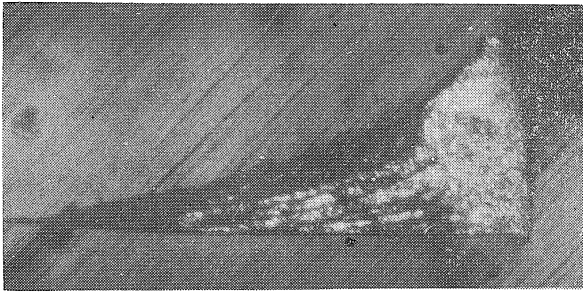
のに比し高力AIに於て明白な累積層状は認められなかった。

- c) 内部のかたさは切削線付近に於ては母材の約 2.5 倍背面尾部にいくに従い母材とのかたさの差は大変少なくなる。

以上の外バイトすくい面と構成刃先の凝着特にバイトすくい面あらさとの関係は今後更に研究を必要とする。

最後に本学関係諸先生方特に河本章徳先生の御指導に深甚なる感謝の意を表します。

写真 第3. 構成刃先断面の形状



$V=10m/min$

送り 0.1mm

切込み 0.1mm

X=300

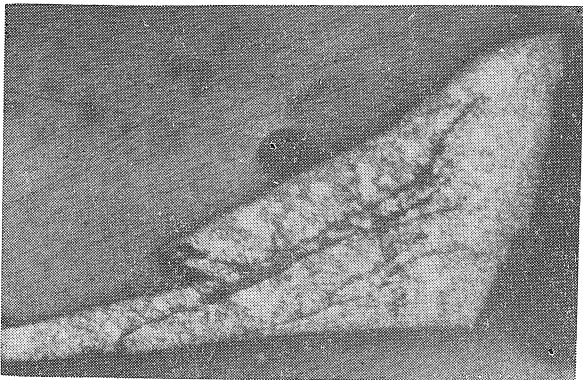


$V=10m/min$

送り 0.1mm

切込み 0.5mm

X=210



$V=10m/min$

送り 0.1mm

切込み 1.5mm

X=170

写真 第4a. 高力Al母材の顕微鏡組織 X=800

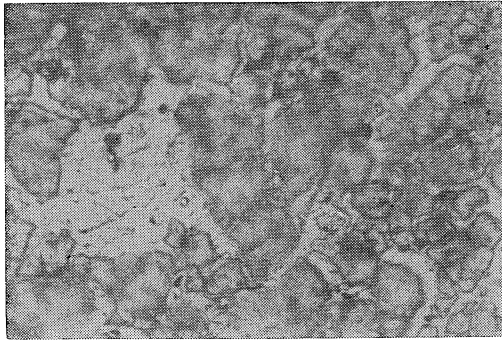


写真 第4b. 構成刃先の顕微鏡組織



参考文献

- ① 改訂精密工作便覧, 4版, 精機学会編, コロナ社, P9.10.
- ② 金属切削(構成刃先について), 星光一著, 工業調査会, P1.70.
- ③ 構成刃先の過渡的挙動と工具材種, 佐久間敬三外, 第48期機械学会講演論文集 №700-14, 昭45.10.P25.
- ④ 切削現象に及ぼすふん囲気の効果(ふん囲気が構成刃先に及ぼす影響について) 古市亮蔵外, 第49期機械学会講演論文集 №710-11. 昭46.10.P17.
- ⑤ 切削工具面の摩擦と切削機構, 佐田登志太, 日本機械学会論文集, 1955年, 21巻106号.
- ⑥ 金属切削技術, 星光一, 星鉄太郎, 工業調査会, P10.14.22.
- ⑦₁ 金属凝着に関する研究—構成刃先について, 鳴瀧良之助外, 日本機械学会論文集, №168. 昭42.4.P37.
- ⑦₂ 構成刃先の生成脱落機構に関する研究, 鳴瀧良之助外, 日本機械学会論文集, 36巻290号 昭45.10. P1754.
- ⑧ アルミニウム加工技術便覧, 同便覧編集委員会, 日刊工業新聞社, P267.
- ⑨ 高速切削(セラミック工具による加工) 藤井義也, 工業調査会, P82.
- ⑩ 切削初期現象に影響を及ぼす二、三の因子について, 勇田敏夫, 精密機械Vol.37 №2.1971年 P39
- ⑪ アルミニウム合金の正面切削における切削温度の考察, 財満鎮雄外, 昭和46年度精機学会春季大会前刷 昭46.4.P15
- ⑫ アルミニウムの切削機構に関する二、三の考察, 財満鎮雄外, 日本機械学会論文集35巻277号. 昭44.9.P1940.
- ⑬ 金属切削における構成刃先の研究, 佐久間敬三外, 日本機械学会講演論文集 №195 昭43.8.P17
- ⑭ アルミニウム合金の切削における構成刃先の挙動について, 財満鎮雄外, 日本機械学会東海支部講演前刷 昭42.3.P81.
- ⑮ 金属切削における削り速度—切削力の関係について, 大草喜太雄外, 日本機械学会関西支部第44期定時総会講演論文集, №44-10, 昭44.3.P28.