

研摩ベルト*によるプラスチックの研削

大阪大学工学部 長谷川 嘉 雄
花 崎 伸 作

1. ま え が き

プラスチックに対する機械加工の必要性が増すにつれ、研削加工も施されるようになってきたが、その場合にはプラスチックの種類、研削条件などにもよるが、目づまり（削りくずが砥石作業面を覆う状態）が最も大きな障害となっている。

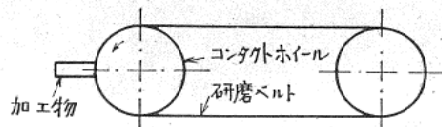
最近研摩ベルトが非常に加工能率のよい加工法として注目され、広く用いられるようになってきた。この研摩

ベルトをプラスチックの研削に用いた場合には、被削材にくい込む砥粒先端の鋭利さによる発熱の抑制、長い作業面による冷却性などの理由で、研削砥石にくらべプラスチックの加工に適した方法と考えられる。しかしこの方面の研究はほとんど行なわれていないのが現状である。

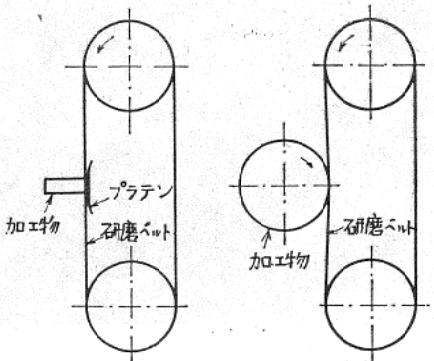
本研究は上記の点にかんがみ、研摩ベルトによってプラスチックを研削する場合の基礎的な資料をうるために、プランジカット研削を行ない、研削量に及ぼす種々の因子の影響についておもにしらべた。

2. 実験方法の概要

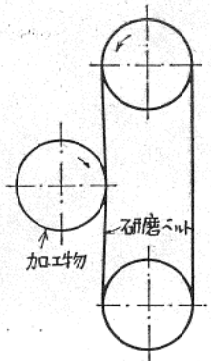
研摩ベルトによるプランジカット研削には図1にその



(a)コンタクトホイール方式



(b)プラテン方式



(c)フリーベルト方式

図1 プランジ研削の3方式

* いわゆるサンドペーパーをベルト状にしたもの

表1 研削条件

研削方式	プラテン	コンタクトホイール
プラテンあるいはコンタクトホイールの種類	サンドパッドカバー 一張プラテン	みぞなし、かたさ H _s 75 ゴムホイール および鋳鉄ホイール 150 ^φ
研摩ベルト	寸法 75×3350 接着剤レジノイド 砥粒 A砥粒 粒度 60, 80番	寸法 100×1525 接着剤レジノイド 砥粒 A砥粒 粒度 30~400番
ベルト速度	15.7~48 m/s	28 m/s
押付力	0.5~5 kg	1~3 kg
研削液	なし	なし

表2 被削材の種類と諸元

被削材の種類	幅 mm×厚さ mm	曲げによる縦弾性係数 kg/mm ²	曲げ破断強度 kg/mm ²
アクリル樹脂	20×9.8	320	13
硬質塩化ビニル樹脂	20×12	270	10
紙入フェノール樹脂	20×15	650	10
ガラス繊維強化フェノール樹脂	20×12.5	1,200	11
ガラス繊維強化エポキシ樹脂	20×9.5	1,850	45
アルミナ入フェノール樹脂	20×11	450	10

原理図を示す3方式が考えられる。実験はコンタクトホイール方式とプラテン方式で行ない、切込みは定荷重で押付ける方式によった。

研摩ベルトには厚手と薄手とがあるが、基材の厚みの影響をしらべる実験以外は、すべて薄手で行なった。

表1、表2はそれぞれ実験条件および被削材の種類を示す。

3. 実験結果

3.1 寿命特性

研摩ベルトの切味鈍化は、定切込研削の場合には研削抵抗の増加を引起こすが、定荷重研削の場合には時間あたりの研削量の低下となって現われる。

研削量と研削抵抗の時間的経過を示すオシログラムから、単位時間あたりの研削量の変化を求め、図示したものが図2である。図(a)はアクリル樹脂、硬質塩化ビニル樹脂および紙入りフェノール樹脂の場合、図(b)はガラス繊維強化エポキシ樹脂とアルミナ入りフェノール樹脂の場合である。

アブレイシブな材料を含まない図(a)の場合には、研削

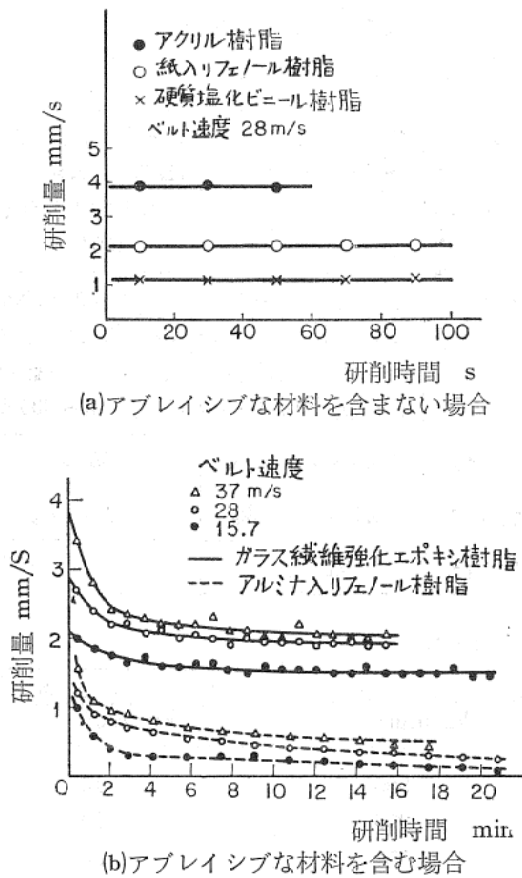


図2 研摩ベルトの寿命特性
 押付力 3kg
 粒度 60番 (ただし塩ビは80番)
 プラテン方式

時間1分間の単位時間あたり研削量はほとんど変化しない。これに対してアブレイシブな材料を含む図(b)の場合には、研削初期における切味の劣化が著しく大きく、その後切味は一定の割合でゆるやかに低下している。図(b)に示すようなアブレイシブな材料を含むプラスチックを研削する場合の寿命特性は、軟鋼を研削する場合の寿命特性⁽²⁾と類似の傾向を示す。またこの傾向は砥粒を静電電着した研磨ディスクによる軟鋼研削時の寿命特性⁽³⁾とも同傾向である。

研摩ベルトの切味劣化の原因としては、砥粒の脱落、切りくずの目づまり、砥粒先端の鈍化が考えられる。

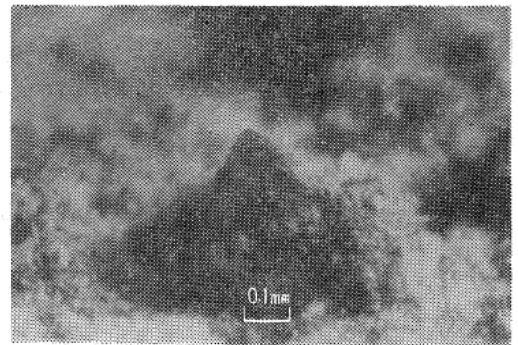


図3 使用前研摩ベルトの砥粒 粒度80番

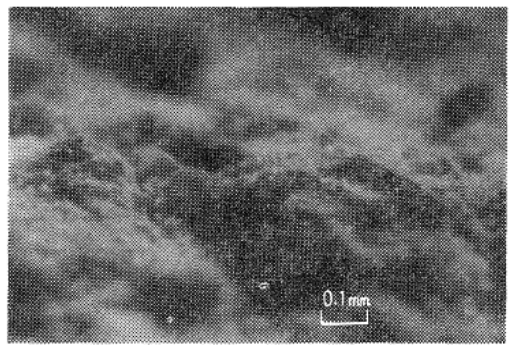


図4 先端が鈍化した砥粒
 粒度 80番
 被削材 ガラス繊維強化フェノール樹脂
 ベルト速度 28m/s
 押付圧 1.2 kg/cm²
 研削時間 20 min

図3は実験に用いる前のベルト面の砥粒の状態であって、砥粒先端は鋭利な状態にある。

図4はガラス繊維強化フェノール樹脂を研削した後のベルト面の砥粒の状態で、かなり鈍化した状態にある。ガラス繊維強化樹脂やアルミナ入りフェノール樹脂を研削した場合には、このように先端の鈍化した状態の砥粒が多くみられる。

ガラス繊維強化エポキシおよびフェノール樹脂の場合には、実験の範囲内ではこのような砥粒先端の鈍化のほ

かには、砥粒の脱落、目づまりともに全く生じていない。

アルミナ入フェノール樹脂では砥粒先端の鈍化は激しく生じており、また目づまりもかなり激しく生じている。しかし砥粒の脱落は生じていない。

アクリル樹脂、紙入フェノール樹脂では砥粒の脱落、目づまりはなく、砥粒先端の鈍化も急速に切味を低下させるほどではなく、ベルト面を観察しても鈍化した砥粒はほとんど認められない。また硬質塩化ビニル樹脂では砥粒の脱落、先端の鈍化はアクリル、紙入フェノール樹脂と同様に生じないが、ところどころにリベット状の目づまりを生じた。この目づまりは粒度の細かいベルトに生じる目づまりや研削砥石上の目づまりと異なり、砥粒先端に付着して溶融した形跡は認められない。

3.2 研削特性

3.1節で述べたようにアブレイシブな材料を含まない場合には、研摩ベルトの切味劣化は目だたないから、研削量の比較は研削開始後のどの時点で比較してもよい。

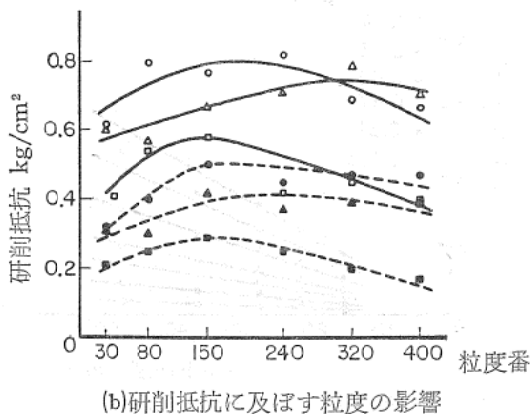
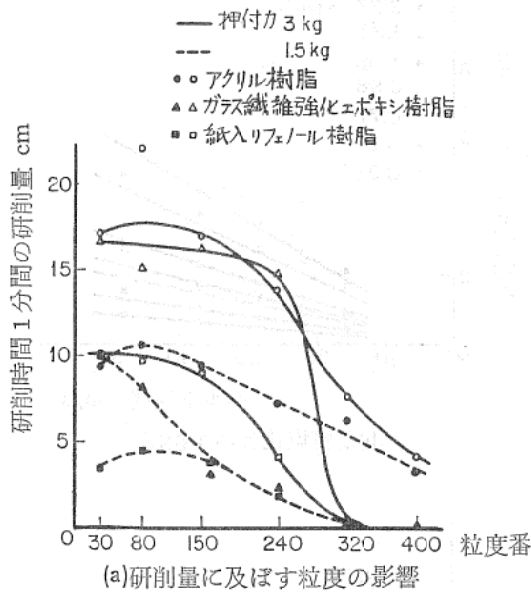


図5 研削量、研削抵抗に及ぼす粒度の影響
ベルト速度 28m/s
研削方式 コンタクトホイール方式

しかし以下の実験ではアブレイシブな材料を含む場合も、ともに新しい研摩ベルトで研削量その他の比較を行なった。

(I) 研削量、研削抵抗に及ぼす砥粒の粒度の影響

図5は砥粒の粒度が研削量と研削抵抗に及ぼす影響を、最初の1分間の研削について比較したものである。この図から次のことがわかる。ガラス繊維強化エポキシ樹脂の場合には、押付力 3kg では粒度 240 番を境にして研削量が急減しているのに対して、押付力 1.5kg では粒度30番から漸減している。

アクリル樹脂の場合にはいずれの押付力に対しても研削量は極値を示した後漸減し、紙入フェノール樹脂の場合には粒度 320 番を境にして研削量はほとんど零になっている。

研削抵抗はいずれの場合も極値を持つようであるが、研削量の少ない、粒度の細かい領域でも大きな値を示している。

(II) 研削量に及ぼすコンタクトホイールのかたさの影響

定切込みで研削するトラバースカット研削では、コンタクトホイールがやわらかくなれば弾性変形のために切残量が大きくなる。定荷重によるプランジカット研削では、図6に示すように研削量の差となって現われる。図からわかるようにガラス繊維強化フェノール樹脂では、铸铁ホイールの場合のほうがゴムホイールの場合の約2倍の研削量がある。これに対してアクリル樹脂の場合には、逆にゴムホイールのほうが研削量が多くなっている。

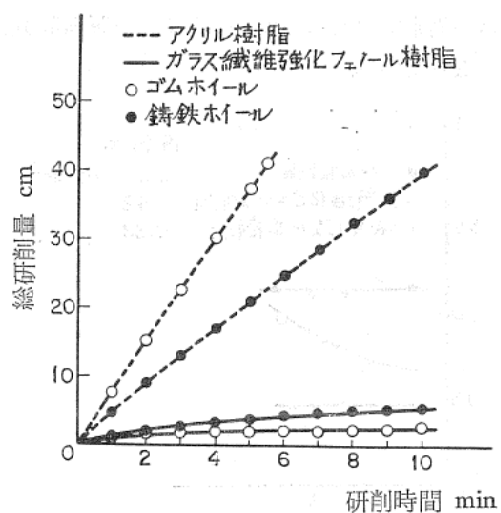


図6 铸铁プーリとゴムプーリの研削量の比較
粒度 80番
ベルト速度 28 m/s
研削方式 コンタクトホイール方式
押付力 1 kg

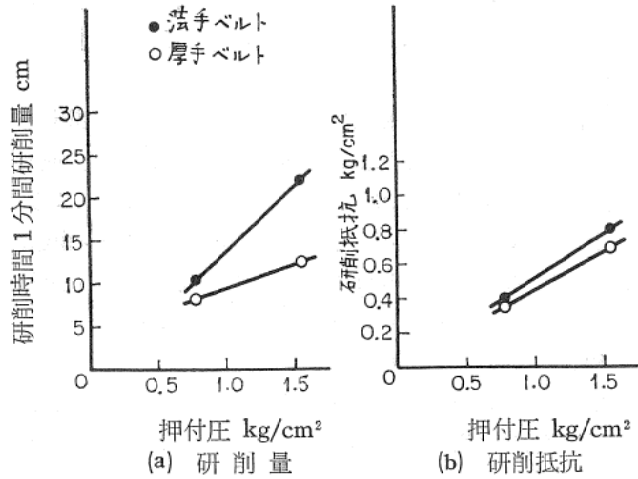


図7 研削量に及ぼす研摩ベルト厚さの影響
被削材 アクリル樹脂
粒度 80番
ベルト速度 28 m/s
研削方式 コンタクトホイール方式

(Ⅲ) 研削量に及ぼす研摩ベルト基材の厚さの影響

図7は研摩ベルトの基材の厚みによって研削量，研削抵抗にどのような影響があるかをしらべたものである。図からわかるように，薄手のベルトのほうが研削量が大きく，とくに押付力の大きい場合に研削量に大きな差を生じている。しかし研削抵抗では押付力を変化させても研削量に現われたような大きな差は生じていない。

(Ⅳ) 研削量に及ぼす被削材の厚さの影響

図8は押付圧を一定に保ち，板厚を変化させたとき研削量に影響があるかどうかをしらべたものである。アクリル樹脂，紙入りフェノール樹脂は板厚50mmまでの範囲では，板厚によって研削量に差を生じていないが，硬質塩化ビニル樹脂では板厚の大きいところで研削量がかなり大きくなっている。

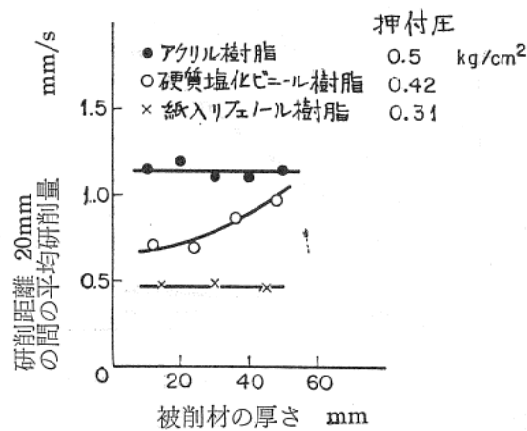


図8 研削量に及ぼす被削材の厚さの影響
粒度 60番
ベルト速度 28 m/s
研削方式 プラテン方式

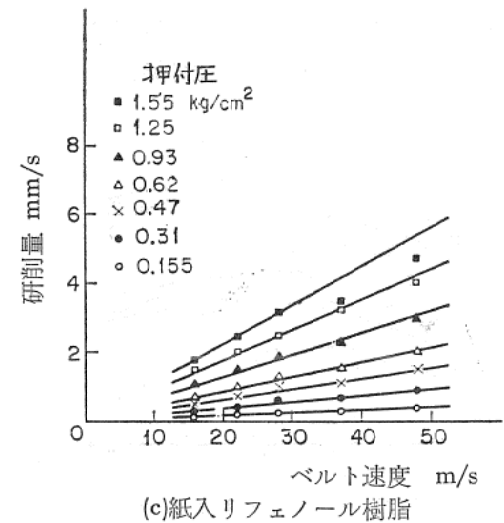
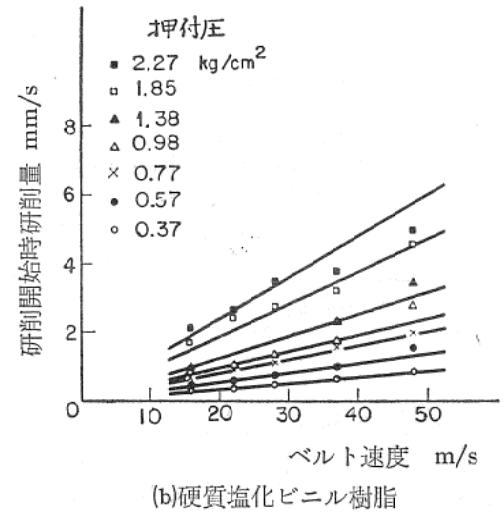
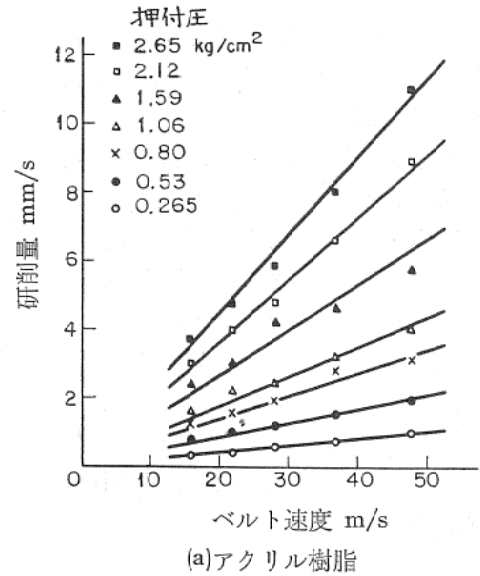


図9 研削量とベルト速度との関係
粒度 60番
研削方式 プラテン方式

(V) 研削量, 研削抵抗に及ぼす押付圧, ベルト速度の影響

図9はアクリル樹脂, 硬質塩化ビニル樹脂, 紙入フェノール樹脂について, 単位時間あたり研削量とベルト速度との関係を示したものである。図からいずれの被削材もほぼベルト速度に比例して削れていることがわかる。図(b)の硬質塩化ビニル樹脂の場合に図(a), (c)と異なり, 縦軸が研削開始時研削量となっているのは, 図10に示す

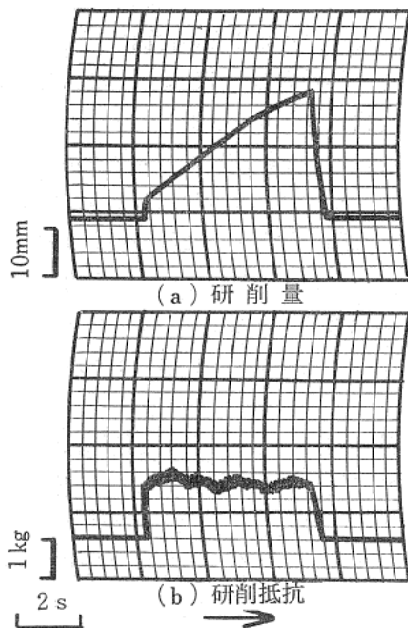


図10 研削量, 研削抵抗の時間的变化
 粒度 60番
 押付力 4 kg
 ベルト速度 48 m/s
 被削材 硬質塩化ビニル樹脂
 研削方式 プラテン方式

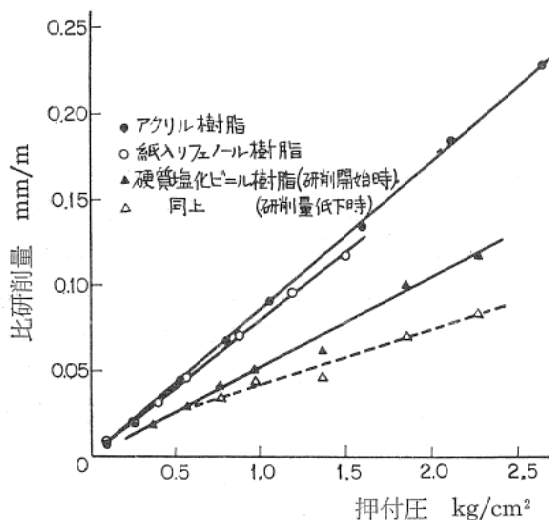


図11 比研削量と押付圧の関係
 粒度 60番

研削量と研削抵抗のオシログラムからわかるように, 研削の途中で単位時間あたりの研削量が低下して, 初期値と異なるためである。

図9の中の直線群のこう配は, 研摩ベルト作業面単位長さあたりの研削量すなわち比研削量を示すから, 押付圧に対する比研削量の変化を図示すると図11をうる。図から 研削量はほぼ押付圧に比例して増大していることがわかる。硬質塩化ビニル樹脂の研削量低下時の値は押付圧が大きくなるほど初期値との差が大きくなっている。またこの図からアクリル樹脂と紙入フェノール樹脂はほぼ同じ比研削量を示しているが, 硬質塩化ビニル樹脂はかなり低くなっているのがわかる。

図11に対応する研削抵抗の変化を示したものが図12である。実験の結果研削抵抗はベルト速度によって変化し

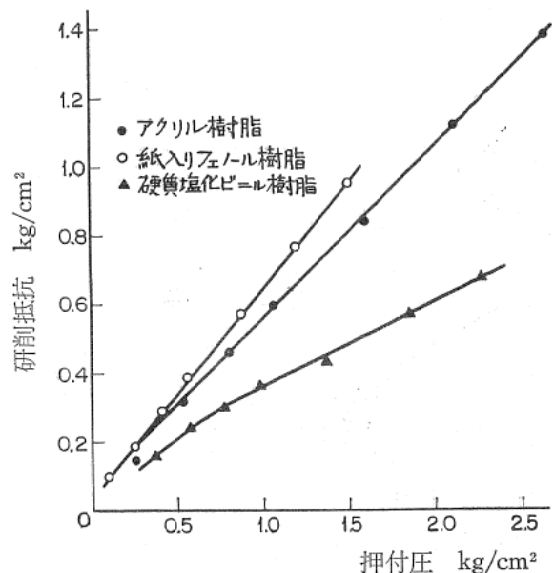


図12 研削抵抗と押付圧の関係
 粒度 60番

なかったため, 一つの被削材について1本の曲線で示してある。この図からわかるように, 硬質塩化ビニル樹脂では他の樹脂にくらべて研削抵抗が小さい。研削量も小さいことから考えて, この樹脂では砥粒が被削材にくい込みにくいものと思われる。

4. 考察

4.1 研削量に及ぼす粒度の影響

被削材にくい込む砥粒先端の曲率半径は零ではなく, 必ず有限の丸みをもっている。したがって砥粒が被削材にくい込むには有限の押付力を必要とする。

砥粒の大きさが変化してもその形状がかりに相似形であるとすると, 切りくずによってチップポケットが飽和する粒度(押付力によって変化する)を境にして研削量

の変化するようすが異なる。すなわちこれよりあらい砥粒では、砥粒が大きくなって砥粒1個あたり被削材にくい込むに要する力は大きくなるが、砥粒総数が減少するため、合力としては一定となり研削量も一定となる。一方砥粒が上述の粒度よりも細くなるとチップポケットに比例した量だけしか切りくずを排出できないため、砥粒が細くなるにつれてその代表寸法に比例して、すなわち、砥粒の粒度と代表寸法との間に反比例の関係があれば、粒度に逆比例して研削量は低下する。この状態を示したものが図13の実線である。

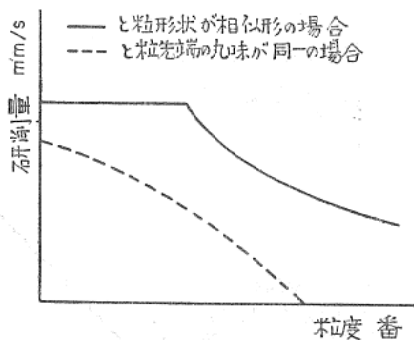


図13 研削量に及ぼす粒度の影響

また砥粒先端の丸みが粒度に無関係に一定になると仮定すれば、研摩ベルトの作業面単位面積あたり、被削材にくい込むに要する力は砥粒の数に比例する。すなわち砥粒の代表寸法の逆数の自乗に比例することになる。したがって押付力のうち研削のため有効に使われる部分は $(1-kn^2)$ に比例することになる。ここで、 k は比例定数、 n は粒度(番)である。この状態を示したものが図13の破線の曲線である。

なお図9からわかるように、粒度320番以上のガラス繊維強化エポキシ樹脂、紙入フェノール樹脂は研削量がほとんど零であるにもかかわらず、かなり大きい研削抵抗を示している。この条件では研削抵抗はほとんど摩擦成分によって占められている。

4.2 研削量に及ぼすコンタクトホイールのかたさの影響

研摩ベルトによる研削では、一般にコンタクトホイールのゴムかたさに比例して研削量が大きくなるとされている⁴⁾。したがって図6におけるガラス繊維強化フェノール樹脂の結果は、上述の理由により納得できる。アクリル樹脂の場合に逆の傾向を示しているのは次の理由による。

ゴムコンタクトホイールを用いて研削を行なった場合には、ベルト接合部を含めて切りくずの溶着は全く起らず、正常な研削が行なわれたが、鋳鉄ホイールを用いた

場合には接合部に激しい溶着を生じ、同時におもりによって定荷重を加えている台車全体が前後に振動し、ベルト全周が正常な研削を行なっていないためである。

一方ガラス繊維強化フェノール樹脂では、接合部は砥粒が脱落し、ベルトの厚みが均一となって台車の振動が生じず、鋳鉄ホイールを用いた場合もほぼ正常な研削が行なわれた。

4.3 研削量に及ぼす研摩ベルト基材の厚みの影響

一般にベルト基材が厚くなると、次の二つの理由により研削量が低下することが考えられる。すなわち、(I) 遠心力によって研摩ベルトが研削面に押しつけられる作用が強くなり、押付力の一部はこの遠心力でさええられるため、押付力のうちコンタクトホイール自身の受持つ割合が小さくなり、それだけコンタクトホイールのかたさの影響が小さくなり、実質的にかたさが低下したことになる。(II) 軸間距離を一定に保つ機械(本実験に使用した機械はこの方式である)では、遠心力による研摩ベルトの伸びのために、運転中ドライブプーリとベルトとの間の接触が弱くなりすべりを生じてベルト速度が低下する。

3.2節(III)で述べたとおり研削抵抗には大きな差が認められないのに対して研削量(特に押付圧 1.5 kg/cm^2 の場合)では極端に大きな差が現われている。3.2節(V)で述べたようにベルト速度が変化しても研削抵抗が変化しないことから考えて、押付圧 1.5 kg/cm^2 、厚手研摩ベルトの場合には、研摩ベルトとプーリの間のすべりに基づくベルト速度低下の影響が大きいものと考えられる。

4.4 研削量に及ぼす被削材の厚さの影響

被削材の厚みを変えた場合に現われる現象としては次の2点が考えられる。

- (I) 削りくずが増加し、チップポケットが飽和する。
- (II) 研削面の平均温度が高くなる。

チップポケットが飽和すると研削量(mm)は低下する。実験の範囲内では研削量の低下は現われておらずこの現象は生じていない。

次に研削面の温度について考える。研摩ベルト上の一点を考えると、被削材にくい込み始める瞬間には十分冷却された状態にある。この点は被削材の厚さにわたって連続的に研削を続け、同時に連続的に加熱されしだいに温度が上昇する。このことから考えてマクロ的にみた場合、研削面の温度は研削方向に高くなり、また被削材の厚さが大きくなれば高温領域が増し、平均温度が高くなるものと思われる。

3.2節(V)で述べたように硬質塩化ビニル樹脂では砥粒が被削材にくい込むにくい。ところが上述のように研削面の温度が上昇した結果、軟化部が現われ、砥粒がく

い込みやすくなり、研削量が増加して図8のような結果を示したものと思われる。

5. 結 論

本研究によりえられたおもな結論は次のとおりである。

(1) アブレイシブな材料を含むプラスチックのプランジカット研削では、軟鋼の場合と同様研削初期における切味の低下が激しいが、アクリル樹脂や紙入フェノール樹脂では切味の低下は目だたない。

(2) アクリル樹脂や紙入フェノール樹脂では、押付圧一定で研削するとある粒度よりもあらいベルトでは研削量に大きな差はないが、その粒度よりも細くなると研削量は低下する。ガラス繊維強化エポキシ樹脂では、押付圧の大きい場合には上と同様であるが、押付圧の小さい場合には粒度が細くなるにつれて研削量が漸減する。

(3) ガラス繊維強化フェノール樹脂では、かたいコン

タクトホイールを用いると研削量が大きくなるが、アクリル樹脂では研摩ベルトの接合部のために目づまりを生じ、逆の結果になる。

(4) ベルトの厚みは薄いほうがプランジカット研削における研削量が多くなる。

(5) 被削材を厚くしてプランジカット研削を行なうと被削材の種類によっては研削量 (mm) が増す。

(6) アクリル樹脂、紙入フェノール樹脂、硬質塩化ビニル樹脂は、プランジカット研削における研削量がベルト速度、押付圧にはほぼ比例する。

文 献

- 1) 長谷川・ほか2名, 機械学会論文集, 35—276 (昭44),
- 2) 津和・ほか2名, 精密機械, 33—5 (昭42), 319.
- 3) W. A. Mohum, Trans. ASME, Ser. B, 84-4 (1962-11), 442.
- 4) 砥粒加工技術便覧, 砥粒加工研究会編, (昭40), 479, 日刊工業新聞社.