

加工技術データファイル

財団法人機械振興協会技術研究所

編集委員および執筆者

加工技術データファイル／編集委員会
昭和52年度委員

竹山 秀彦 東京農工大学
浅野 克彦 東芝タンガロイ株式会社
岩田 一明 神戸大学
上原 邦雄 東洋大学
佐藤 素 神奈川県工業試験所
清水 宏純 池貝鉄工株式会社
谷 昌徳 日本特殊技術研究所
中山 一雄 横浜国立大学
根岸 秀夫 三菱金属株式会社
保科 直美 東京芝浦電気株式会社
村田 良司 工業技術院機械技術研究所

総説執筆者

1. 表面品位 (大野幸彦)
 - 1.1. 仕上げ面粗さ (")
 - 1.1.1. 旋削仕上げ面粗さ (")
 - 1.1.4. 正面フライス削りの仕上げ面粗さ (缺)
(杉浦守彦)
 - 1.2. 表面性状 (貴志浩三・江田弘)
2. 加工精度 (佐藤 素)
 - 2.1. 旋削加工精度 (")
 - 2.3. 中ぐり加工精度 (酒井保男)
 - 2.4. Fエンドミル加工精度 (缺) (藤井義也)
3. 工具損傷 (村田良司)
 - 3.1. 旋削における工具損傷 (")
 - 3.4. 正面フライス削りにおける工具損傷 (缺)
(篠崎 襄・中谷征司)
 - 3.4. Fエンドミル削りにおける工具損傷 (缺)
(紺谷康夫、浅野克彦)
4. 切りくず処理 (中山一雄・根岸秀夫)
 - 4.1. 旋削における切りくず処理 (")
5. びびり (星鉄太郎)
 - 5.1. 旋削におけるびびり (星鉄太郎)
 - 5.3. 中ぐりにおけるびびり (")
 - 5.4. フライス削りにおけるびびり (") (缺)
6. バリ・かえり (高沢孝哉)
 - 6.1. 旋削におけるバリ・かえり (")
 - 6.4. フライス削りにおけるバリ・かえり (缺)
(")
7. 切削抵抗・動力 (中山一雄)
 - 7.1. 旋削における切削抵抗と動力 (")
 - 7.4. 正面フライス削りにおける切削抵抗と動力 (缺)
(篠崎 襄)
 - 7.4. Fエンドミル削りにおける切削抵抗と動力 (缺)
(藤井義也)

事例執筆者

浅野 克彦 東芝タンガロイ株式会社
浅野 浩明 豊田工機株式会社
味岡 保徳 東芝機械株式会社
荒木 正文 東芝機械株式会社
糸魚川 克一郎 東京芝浦電気株式会社
井上 邦章 東京芝浦電気株式会社
岩田 一明 神戸大学工学部
上野 滋 (財)機械振興協会技術研究所
江田 弘 宇都宮大学工学部
江波 知重 ヤンマー・サーフトラン株式会社
榎本 真三 千葉県機械金属試験場
大井 真次 静岡県工業試験場
大沢 健滋 東京都立工業技術センター
大槻 幸夫 東芝タンガロイ株式会社
大野 邦雄 (株)山崎鉄工所
大野 幸彦 工業技術院機械技術研究所
大橋 克彦 川崎重工業株式会社
翁 登茂二 (株)不二越
及部 卓 オーエスジー株式会社
垣野 義昭 京都大学工学部
柏川 乙彦 ダイジェット工業株式会社
兼松 弘行 (株)山崎鉄工所
瓦井順一郎 石川島播磨重工業株式会社
神田 元貞 三菱電機株式会社
神田 雄一 (財)機械振興協会技術研究所
貴志 浩三 宇都宮大学工学部
隈部淳一郎 宇都宮大学工学部
黒川 栄一 東芝機械株式会社
小出 栄 田原昭栄機工株式会社
児玉 隼 豊田工機株式会社
小林 久峰 (株)敷島チップトン
小林 重治 (株)不二精機製造所
紺谷 康夫 (株)日本工具製作所
西条 徳行 三菱重工業株式会社
酒井 保男 東芝機械株式会社
坂本 洋 東洋エックスツルードホーン株式会社
向坂 成夫 日立精機株式会社
桜井 信一 東芝機械株式会社
桜本 健一 (株)岡本工作機械製作所
佐藤 真 (株)牧野フライス製作所
佐藤 素 神奈川県工業試験所
沢辺 雅二 工業技術院計量研究所
篠崎 襄 職業訓練大学校
杉浦 守彦 石川島播磨重工業株式会社
須佐 行雄 日立精工株式会社
鈴木 貞正 (株)敷島チップトン
瀬良 満 日本自動変速機株式会社
高沢 孝哉 東京芝浦電気株式会社

初版 昭和51年8月31日

三訂 昭和52年10月30日

高田	孝次	工業技術院機械技術研究所
高野	乾輔	川崎重工業株式会社
田中	一郎	東京芝浦電気株式会社
田中	克敏	東芝機械株式会社
田中	三義	日本タングステン株式会社
辻郷	康生	三菱ノートン株式会社
研井	堅	東洋工業株式会社
鶴田	正雄	ジャパックス株式会社
徳永	孝	(株)オーエム製作所
飛田	孝	日立精機株式会社
中沢	弘	早稲田大学理工学部
根岸	秀夫	三菱金属株式会社
東本	暁美	新日本工機株式会社
福岡	節夫	三井造船株式会社
藤井	義也	新潟大学工学部
藤原	秀之	(株)神戸製鋼所
星	鉄太郎	京都大学工学部
保積	豊	東芝タングロイ株式会社
町野	欣一	東京都立工業技術センター
松浦	宏明	日立造船株式会社
松原	十三生	鳥取大学工学部
湊	喜代士	福井大学工学部
三町	勲	日立精機株式会社
宮沢	伸一	工業技術院機械技術研究所
宮下	滋	日平産業株式会社
村上	邦雄	遠州製作株式会社
森本	重雄	石川県工業試験場
山本	明	大阪大学基礎工学部
横田	裕三	東芝タングロイ株式会社
若狭	秀一郎	(株)日本製鋼所
和田	啓司	和田技術コンサルタント
渡辺	昌知	新東プレーター株式会社

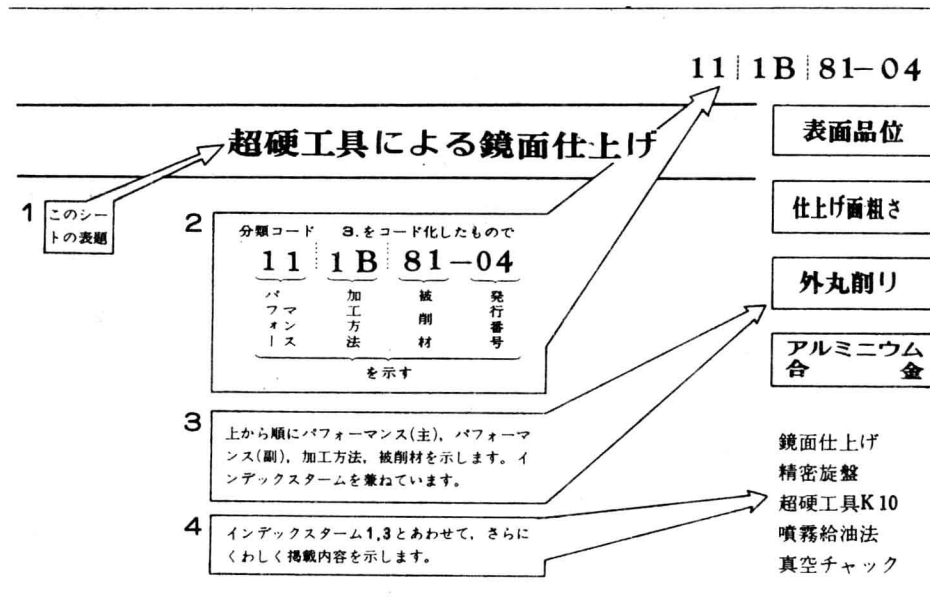
『加工技術データファイル』の使い方

・構成

この「ファイル」は「総説シート」と「事例シート」の二部からなっています。「総説」部分では、切削過程の各種の原因からどのような結果が生じるかについて、現時点で可能な限り体系的に述べ、加工条件の選択やトラブル対策の基本指針を示してあります。この部分は次の7つのパフォーマンスごとに、総合的な問題と各種加工方法に特有の問題とを論じてあります。1. 表面品位, 2. 加工精度, 3. 工具損傷, 4. 切りくず処理, 5. びびり, 6. バリ・かえり, 7. 切削抵抗・動力。「事例」は、加工事例を幅広く収集・整理したもので、エキゾチック材料や特殊な加工物、最先端の切削技術の実施例など一般に入手しにくいデータを積極的に採録しています。また詳細な加工条件や実作業上の注意点、参考文献などを述べ、実務の指針となるよう留意してあります。

・検索用見出しの見方

各シートには下の例のように、全部で4種類の検索用見出しがつけてあります。これらのうち2は次に述べるシートの整理や、クイックインデックスから検索する場合に使用します。3, 4 から何が述べてあるかわかります。この例の場合、アルミ合金材を外丸削りしたときの仕上げ面粗さ、それも、精密旋盤で鏡面仕上げしたデータがのっていること、工具は超硬K10を使用していること、などを示しています。



・整理のし方

- 事例シート/2の番号によってパフォーマンス, 加工方法, 被削材いずれか都合のよい基準で整理できます。たとえば、①2の「加工方法」を示す番号ごとに全体をわけると②同じ加工方法に属するシートは「被削材」を示す番号の順にならべる→③加工方法, 被削材が同じシートは「パフォーマンス」を示す番号の順にならべる→④加工方法, 被削材, パフォーマンスが同じシートは「発行番号」の順にならべる、という風に整理すると加工方法→被削材→パフォーマンスの優先順位で整理ができたことになります。
- 総説シート/パフォーマンス→加工方法の優先順位で整理して下さい。総説シートでは「被削材」を示す番号はどのシートも同じです。

・使用上の注意

- トラブル対策/総説シートにはトラブル対策の一覧表がついていますが、これは基本指針を示すものから、本文や関連事例、総説の他の項目、文献などを参照し、これを出発点としてそれぞれの場合に応じて工夫して下さい。
- 特許/このファイルにはすでに特許となっている情報も含まれていますのでご注意下さい。万一係争が生じても当技術研究所では責任を負いかねます。特許申請中のものも含めて各シート第1ページに【特許】と表示してあります。

分類コード一覧表

パフォーマンス

コード	パフォーマンス
10	表面品位
11	仕上げ面粗さ
12	表面性状
20	加工精度
21	寸法精度
22	形状精度
30	工具損傷
40	切りくず処理
50	びびり
60	バリ・かえり
70	切削抵抗・動力

加工方法

コード	加工方法
00	切削加工
1A	旋削
1B	外丸削り
1C	内丸削り
1D	テーパ削り
1E	総形削り
1F	ならい削り
1G	面削り
1H	突切り
1J	面取り
1K	丸み付け
1L	みぞ削り
1M	二番取り
1N	スカイピング仕上げ
1P	皮むき
1Q	多刃削り
1R	釣合い削り
1S	ローラターナ
1T	曲面削り
1U	2次元切削
1Z	その他の旋削
2A	穴あけ
2B	ドリル加工
2C	深穴ドリル加工
2D	小径ドリル加工
2E	トレパン加工
2F	BTA加工
2G	ガンドリル加工
2H	座ぐり
2J	リーマ仕上げ
2K	ガンリーマ加工
2L	心立て（センタ穴ドリル）
2M	スペードドリル
2Z	その他の穴あけ加工
3A	中ぐり
3B	中ぐり加工
3C	総形削り
3D	面削り
3E	丸み付け
3F	みぞ削り
3G	コアドリル加工
3H	曲面削り
3Z	その他の中ぐり加工
4A	フライス削り
4B	平フライス削り
4C	正面フライス削り
4D	側フライス削り

コード	加工方法
4E	総形フライス削り
4F	エンドミル削り
4G	組合せフライス削り
4H	回しフライス削り
4J	みぞ削り
4K	ならいフライス削り
4L	形彫り
4M	すりわり
4N	クランク軸フライス削り
4Z	その他のフライス削り
5A	直線削り
5B	平削り
5C	形削り
5D	立削り
5Z	その他の直線削り
6A	ブローチ削り
6B	内面ブローチ削り
6C	平面ブローチ削り
6D	キームブローチ削り
6E	総形ブローチ削り
6Z	その他のブローチ削り
7A	のこ引き
8A	歯切り
8B	創成歯切り
8C	ホブ切り
8D	歯車形削り
8E	歯車シェーピング削り
8F	荒歯切り
8G	歯車面取り
8Z	その他の歯切り
9A	ねじ立て・ねじ切り
9B	旋削ねじ切り
9C	タップ立て
9D	ダイスねじ切り
9E	中ぐりねじ切り
9F	ねじフライス削り
9G	チューザねじ切り
9H	旋回ねじ切り
9Z	その他のねじ立て・ねじ切り
01	研削加工
02	特殊加工

初版 昭和51年11月30日

分類コード一覧表

被削材

コード	被削材（相当 JIS 記号または例）
10	铸铁
11	普通铸铁（FC）
12	可鍛铸铁（FCM）
13	球状黒鉛铸铁（FCD）
19	その他
20	铸鍛鋼
21	炭素鋼铸鋼品（SC）
22	炭素鋼鍛鋼品（SF）
23	合金鋼铸鋼品
29	その他
30	炭素鋼
31	機械構造用炭素鋼（S××C）
32	一般構造用炭素鋼（SS）
39	その他
40	合金鋼
41	ニッケルクロム鋼（SNC）
42	ニッケルクロムモリブデン鋼（SNCM）
43	クロム鋼（SCr）
44	クロムモリブデン鋼（SCM）
45	マンガン鋼（SMn）
49	その他
50	工具鋼
51	炭素鋼工具鋼（SK）
52	高速度鋼（SKH）
53	合金工具鋼（SKS, SKD, SKT）
54	軸受鋼（SUJ）
59	その他
60	ステンレス鋼
62	SUS 200番台
63	" 300 "
64	" 400 "
66	" 600 "
67	耐熱鋼（SUH）
68	超耐熱合金
69	その他
70	特殊金属材料
71	超硬合金，サーメット
72	特殊金属（W, Ta, Mo）
79	その他
80	非鉄金属材料
81	アルミニウム合金
82	銅合金
89	その他

コード	被削材（相当 JIS 記号または例）
90	非金属材料
91	プラスチック
92	無機材料，セラミックス
99	その他

- 注） ・ 快削材料はベース鋼と同じコードである。
 ・ 13：チル铸铁を含む。
 ・ 49：高張力鋼を含む。
 ・ 68：Ni 基超合金，Ti を含む。
 ・ 79：磁石鋼，アンバー，エリンバーを含む。
 ・ 被削材一般を表示するコードは「00」です。

初版 昭和51年11月30日
 改訂 昭和52年3月30日

1. 表面品位

切削加工により生成される表面の品位を、仕上げ面粗さ、うねり、光沢、残留応力、加工変質層、化学的性質などを媒介として評価できる。

仕上げ面粗さは、被加工面の幾何学的特徴を表すものであり、工具刃部形状および送りにより形成される理想粗さを基本としている。しかし、一般的には理想粗さに対して、切削機構、工具摩耗あるいは振動などによる擾乱が影響し、最終的に仕上げ面粗さが形成される。一般に、粗さとは短い周期でおうとつが連続している状態であるのに対し、表面のうねりとは工作機械の回転精度あるいは振動などの影響で、表面が粗さより長い周期で変動する状態である。実際には、粗さとうねりとを区別せず、表面の基準長さ(粗さの大きさに対して決められている測定長さ)の中に含まれるすべてのおうとつを、仕上げ面粗さとしており、値の小さなものほど表面の品位は高い(JIS B 0601 参照)。

これに対し、光沢とは表面の反射の性質をあらわすものであるが、切削加工面、特に表面が曲率を有する場合の光沢を有効に測定する方法は確立されていない。一般に、光沢の大きい面として鏡面とにじ面をあげることができる。表面がこれらの性質を示すのは、いずれも、仕上げ面粗さの値が小さな場合であり、光沢がよくなるに従って、表面の品位は高くなると評価できよう(JIS Z 8741 参照)。

切削加工時の、高い圧力および高い温度などによって、加工面表層部の結晶構造および組織などに変化が生じ、かつその部分にひずみが残留し、内部素地とは物理的・化学的性質が異なる層が形成される。これは加工変質層と呼ばれており、内部素地よりかたさは高いが、微細な亀裂や非結合部を含む脆い構造である。これらの部分は生成直後は活性の高い面で他の元素と結合しやすく、表面の腐食性が増すために表面品位は低下する。また、表面に作用する高い圧力により、表層部には応力が残留し(残留応力)、被加工物の寸法および形状変化などに影響するために表面品位は低下する。残留応力の種類は加工方法および加工条件など

により異なり、圧縮あるいは引張り応力となる。

切削加工により生成される表面の化学的性質の主要なものとして、酸化、腐食およびぬれを考えることができるが、これらは主に被加工物材質固有の性質の影響を受け、切削加工方法あるいは切削条件により表面の化学的性質が変化するケースは比較的少ない。

表面品位

パフォーマンス(主)

仕上げ面粗さ

パフォーマンス(副)

1.1. 仕上げ面粗さ

切削加工により生成される仕上げ面粗さと各種入力および要因との間には、図 1.1 に示す関係がある。

同図で、 R_{geo} は幾何学的粗さ（理想粗さ）、 $\Delta R'$ は第一次要因の影響による仕上げ面粗さの増加量、 $\Delta R''$ は第二次要因の影響による仕上げ面粗さの増加量である（ただし、第一次要因の

中にも第二次要因に似た作用をするものもあり、図 1.1 に点線で示した）。したがって、出力である仕上げ面粗さ値（ R_{max} ）は、幾何学的粗さと各種要因による粗さの増加量（ $\Delta R' + \Delta R'' = \Delta R$ ）の和、 $R_{max} = R_{geo} + \Delta R$ に切りくずの擾乱が加わった形であらわすことができる。

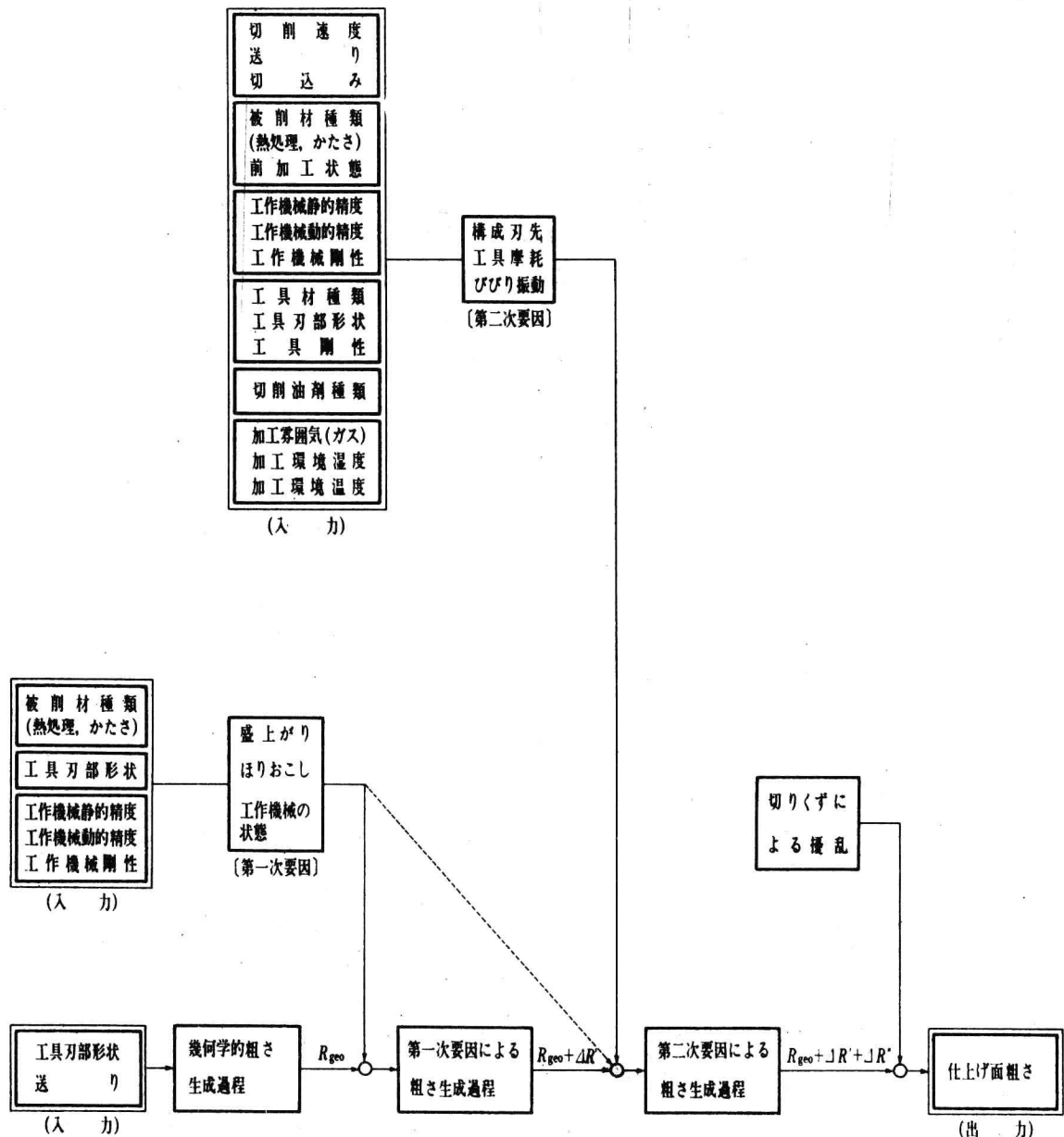


図 1.1 切削仕上げ面粗さ生成過程における入・出力の関係

1.1.1. 旋削仕上げ面粗さ

表面品位

仕上げ面粗さ

旋削

図 1.2 に、旋削仕上げ面粗さ生成における入・出力の関係を示すが幾何学的粗さ、第一次要因および第二次要因とは次のような意味である。

(a) 幾何学的粗さ (R_{geo})

旋削加工における幾何学的粗さとは、設定条件で得られる最小の粗さ値であり、次式で表すことができる (図 1.3 参照)

$$(i) f = 2R \sin r$$

$$R_{geo} = \frac{f^2}{8R} \times 10^3 (\mu m) \quad (1.1)$$

$$(ii) 2R \sin r \leq f \leq \frac{R(1 - \sin(\beta - r))}{\cos \beta}$$

$$R_{geo} = R(1 - \cos r + T \cos r - \sin r \sqrt{2T - T^2}) \times 10^3 (\mu m) \quad (1.2)$$

ここで、 f : 送り (mm/rev), R : コーナ半径 (mm),

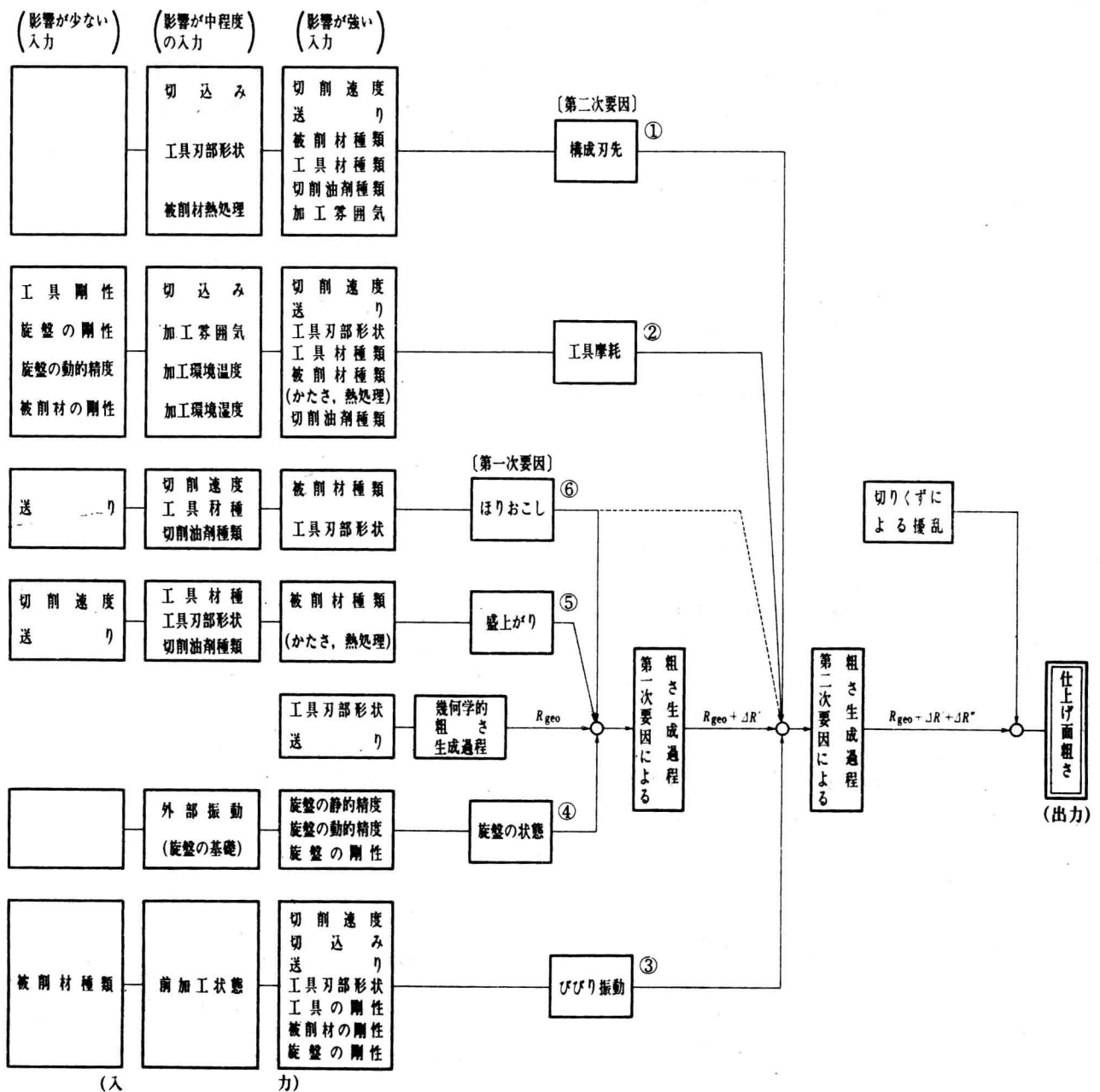


図 1.2 旋削仕上げ面粗さ生成過程における入・出力の関係

γ : 前切れ刃角 (deg), β : 横切れ刃角 (deg),

$T = f \sin \gamma / R$ である。

前切れ刃角が零あるいは送りが非常に小さくなると、コーナ部切れ刃の粗さが、仕上げ面粗さの値に大きく影響するようになる。したがって上記 2 式は、切れ刃の粗さが、ほぼ零の場合にだけ成立するので、注意が必要である。

(b) 第一次要因

旋削仕上げ面粗さ生成過程において、制御が困難な要因（ほりおこし、旋盤の精度および盛上がり）。ここでほりおこしは第一次要因として考えているが、第二次要因としての性質もそなえており、図 1.2 では点線で示した。

(c) 第二次要因

旋削仕上げ面生成過程において、制御が比較的内容易な要因（構成刃先、前逃げ面境界摩耗およびびり振動）。ただし、旋削加工では切りくずにより表面が損傷を受ける場合があり、図 1.2 に示したように第一次および第二次要因とは別な擾乱要因として考える必要がある。

(d) 要因の優先順位

図 1.2 の各要因の右上端に付記した番号は、旋削仕上げ面粗さに対する要因の、影響度の順位で

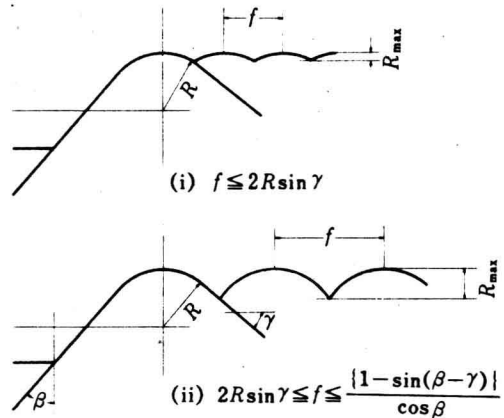


図 1.3 切削条件と工具刃部形状による仕上げ面粗さの変化

ある。たとえば構成刃先が生成される切削速度領域では、これによる影響度がもっとも大きいが、構成刃先が生成されない場合には前逃げ面境界摩耗の影響の順位が高くなる。

しかし、正確な順位設定は入力である各種条件が設定されて始めて可能となるので、付記した番号は単なる目安となるものでしかない。

1.1.1.1. 諸要因と旋削仕上げ面粗さの関係

(1) 構成刃先

(a) 構成刃先生成の基礎条件

工具すくい面に堆積物が固着し、それが本来の切れ刃にかわりうる程度のかたさを有して切削機構に有意な変化をもたらす時、固着物を構成刃先と呼んでいる。

図 1.4 に典型的な構成刃先を、図 1.5 には諸入力と構成刃先の関係を示す。

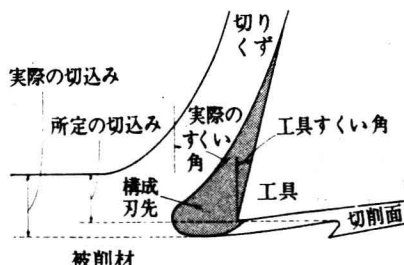


図 1.4 典型的な構成刃先による切削状態

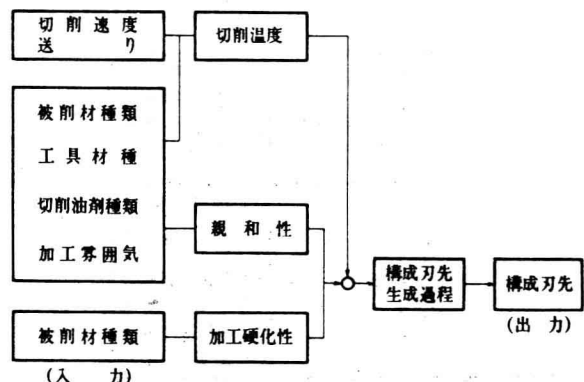


図 1.5 構成刃先の生成における入・出力の関係

親和性：親和性とは工具と被削材(切りくず)との間での物理的・化学的反応の大きさを示すものである。たとえばチタン合金をK10, M10, P10, およびサーメットで切削した場合、K10以外の工具材種で、工具寿命がいちじるしく短くなるのはM10, サーメットなどTiCが多量に含まれている超硬合金が、被削材のチタンに対して親和性が大きいと説明されている。しかし、親和性の大小を定量的にあらわすものはなく、仕上げ面粗さあるいは切りくず生成状態などを媒介して評価するのが一般的である。

図1.6に、炭素鋼S25C(焼ならし)を各種の切削工具材種を用いて、同一条件で切削した時に生成された仕上げ面粗さを示す。サーメットおよびセラミック工具の場合に仕上げ面粗さが小さくなっているが、これは被削材に対する親和性が低いためであると考えることができよう。

加工硬化性：材料の引張り試験で、塑性域においてひずみが増加するに従って、単位ひずみに対する圧力が増加する現象を被削材の加工硬化といい、加工硬化指数あるいは加工硬化係数でその大きさをあらわす。

切りくずが形成される時のひずみあるいはひずみ速度は非常に大きく、切りくず状態での加工硬化指数を材料試験から推定することには問題があるが、材料試験から算出した加工硬化指数と、その材料を切削したときに生成された仕上げ面粗さの関係を示したのが図1.7である。

同図に示す加工硬化指数は、400℃に加熱した試料の応力-ひずみ曲線から求めたものである。一方仕上げ面粗さは、平均切削温度が約400℃

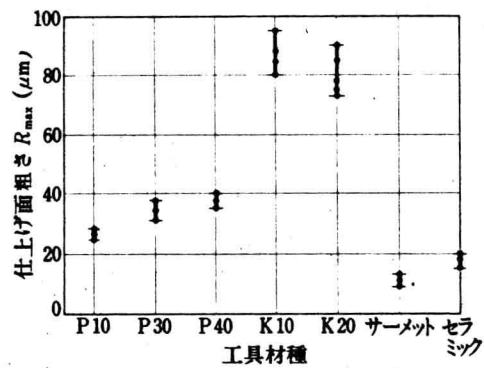


図1.6 各種工具材種による旋削仕上げ面粗さ(大野)
被削材: S25C(焼ならし),
刃部形状: (0, 0, 6, 6, 0, 15, 0)
切削速度: 40m/min, 送り0.2mm/rev,
切込み: 0.5mm

になるように切削速度を調節しながら切削したときに生成されたものである。同図から加工硬化指数の大きい被削材ほど、構成刃先が大きくなることが理解できる。

材料の加工硬化指数は、温度が上昇すると低くなるのが一般的である。

(b) 構成刃先生成に影響を及ぼす主要入力と旋削仕上げ面粗さの関係

① 切削速度

送りを一定とした場合、切削速度と仕上げ面粗さには、図1.8に示す関係がある。同図の仕上げ面粗さは切削方向に測定した値であり、粗さ値の変化は構成刃先の大きさにほぼ対応すると考えることができる。

粗さ値の変化の傾向を、三つの切削速度領域に大別し、構成刃先生成の基礎条件と対応づけて考えてみよう。

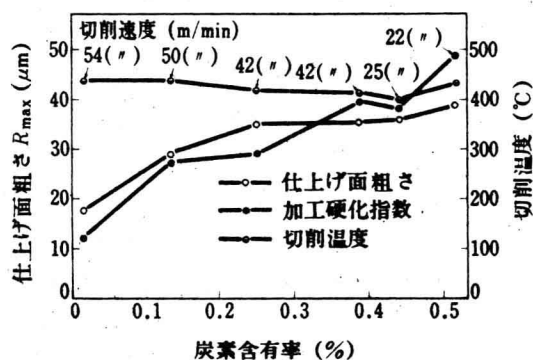


図1.7 被削材の加工硬化指数と仕上げ面粗さの関係(竹山)
工具: 超硬K10(0, 0, 6, 6, 0, 15, 0),
送り: 0.2mm/rev, 切込み: 0.5mm

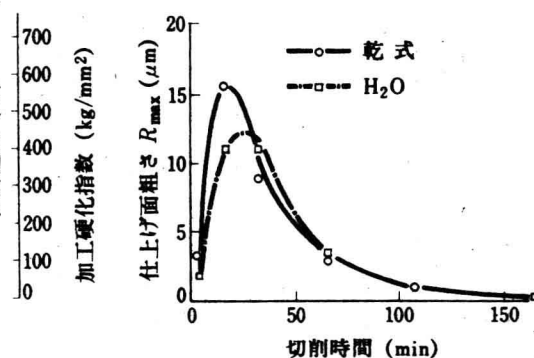


図1.8 切削速度と仕上げ面粗さの関係(臼井)
被削材: 0.08% C炭素鋼
工具: 高速鋼(15, 0, 10, 10, 0, 0, 0.17)
切削厚さ: 1.2mm, 切削幅: 2.54mm

極低切削速度領域：切削温度が低いために、工具一切りくず間での物理的・化学的反応が発生しにくく、親和性が低下する。このために、構成刃先の核となる部分の生成が抑制され、構成刃先による擾乱が少なくなる。

高切削速度領域：切削温度が高く工具一切りくず接触面での親和性は大きくなる。しかし、切りくずの加工硬化性が低下するために工具すくい面に凝着した金属が構成刃先として作用せず、仕上げ面は擾乱を受けない。

中間切削速度領域：構成刃先生成の基礎条件が満足される切削温度となり、仕上げ面は構成刃先による擾乱を受ける。

② 切削油剤種類

図 1.9 に、切削油剤の種類による仕上げ面粗さの変化の状態を示す。同図では、いずれの切削油剤を用いても、乾式切削の場合より仕上げ面粗さが改善されている。これは、切削油剤を供給することにより、工具一切りくず間での親和性が低下して構成刃先の生成が抑制されるためであろう。したがって、一般的には粘性の高い不溶性油剤の方が効果が大きいと考えることができよう。

なお水溶性切削油剤を比較的切削速度の高い領域で使用すると、本来は構成刃先の影響のない切削温度に達していても切削油剤により温度が下げられ、構成刃先の擾乱をうける結果となることもありうるので十分な注意が必要である。

③ 送り

図 1.10 に、仕上げ面粗さが、構成刃先の擾乱を受けない正常領域と、擾乱を受ける非正常領域の境界曲線を、機械構造用炭素鋼(S15C～S55C)の場合について示す。切削速度を一定とした場合、送りの小さな領域では構成刃先の擾乱を受けるが、送りが大きくなるに従って構成刃先の影響は少なくなり、ある値以上になると擾乱を受けなくなる。たとえば仕上げ削りである送りの値(0.1mm/rev)を設定したとすれば、切削速度は曲線より上の値(130 m/min 以上)を選定すればよいことになる。

ここで、図 1.10 の境界曲線は次のような実験手続きにより求められた。

被削材および工具刃部形状を一定として、仕上げ面粗さと切削速度の関係を、送りを媒介変数にして求めると、たとえば図 1.11 が得られる。各送りとも、ある切削速度以上になると仕上げ面粗

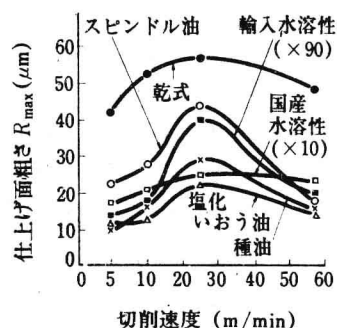


図 1.9 切削油剤の種類 (正野崎)
被削材：0.17% C 炭素鋼，工具：高速度鋼，すくい角：13°，切削厚さ：0.09 mm

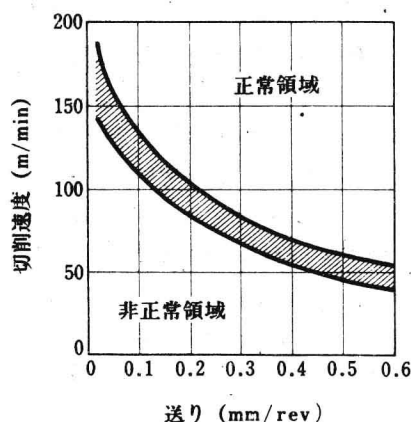


図 1.10 正常・非正常領域の境界曲線 (竹山)
被削材：機械構造用炭素鋼，工具：P30 (0, 5, 6, 6, 15, 15, 0.8)

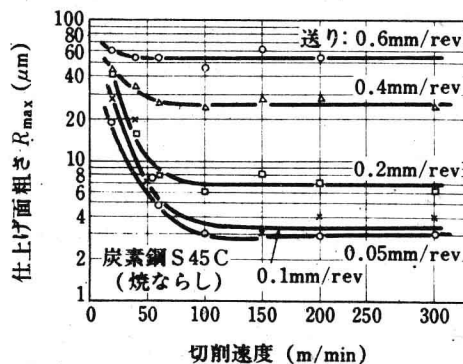


図 1.11 切削速度と仕上げ面粗さの関係 (竹山)
工具：P30 (0, 5, 6, 6, 15, 15, 0.8)

さの値は一定値を示すようになる。同図で送りが 0.2mm/rev では約 100m/min である。これは臨界切削速度といわれているが、この値をすべての送りに対して求め、切削速度と送りを座標にしてプロットすると図 1.10 が得られる。同図は帯状の境界曲線となっているが、10種類の炭素鋼の値が含まれているためである。

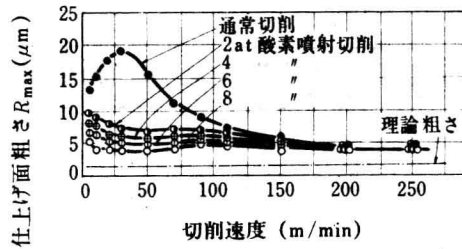


図 1.12 酸素噴射による仕上げ面粗さの改善 (奥島)

被削材: S35C, 工具: P10, 送り: 0.1 mm/rev, 切込み: 0.5 mm

④ 被削材種類

各種被削材について、図 1.10 に示したと同様な正常・非正常領域の境界曲線が求められている。被削材の種類により境界曲線の形が異なり、同一切削速度、送りの組み合わせでも構成刃先による擾乱を受ける場合と受けない場合とがある。

⑤ 工具材種

同一切削条件を選定した場合でも、工具材種を変えると構成刃先の生成状態が異なり、仕上げ面粗さに差が生じる (図 1.6 参照)。これは、前述したように、被削材に対する親和性が工具材種により異なるからである。

⑥ 加工雰囲気

被削材の寸法的な制限あるいは工作機械の仕様上の制約から切削速度を高くできず、構成刃先が生成されやすい切削速度を選ばざるをえない場合がある。このような条件において、仕上げ面粗さを改善する方法として、前述した切削油剤を用いる方法と切削点に酸素を供給する方法とがある。

図 1.12 に、各切削速度において酸素を供給せずに切削した時の仕上げ面粗さの値と、酸素を供給した時の値との比較を示す²⁾。

切削速度 200 m/min までは、いずれの切削速度においても酸素を供給する効果がみられ、仕上げ面粗さは通常の切削の場合より小さくなっている。

旋削加工において切りくず-工具の接触面は高温状態にあり、酸素を供給すると接触面に工具材含有成分の酸化物が生成されると報告されている。これにより工具-切りくず間の親和性が低下し構成刃先の核となるべき凝着物の発生が抑制されるために構成刃先の生成が少なくなり、仕上げ面粗さが改善されると考えることができる。

(c) 構成刃先の抑制による仕上げ面粗さの改善

構成刃先生成の物性的基礎条件である工具-切

りくず間の親和性、切りくずの加工硬化性およびそれらに影響を及ぼす切削温度を制御することにより、構成刃先を抑制して、良好な仕上げ面を得ることができる。

① 親和性の制御

- ・切りくずに対して親和性の低いサーメットあるいはセラミックを使用する (図 1.6 参照)。

- ・適切な切削油剤を使用する (図 1.9 参照) か酸素を切削点に供給する (図 1.12 参照)。

- ・切削速度を、工具-切りくず間で物理的・化学的反応が起こりにくい極低切削速度領域に設定する (図 1.6 参照)。

② 切削温度の制御

- ・切削速度あるいは送りを大きくし、切削温度を高くする (仕上げ削りでは比較的小さな値の送りが選定されるので、切削速度を高くするのが一般的である) (図 1.10 参照)。

- ・切削点を外部熱源で加熱しながら切削する。

③ 加工硬化性の制御

- ・②と同様な方法で実現できる。

(2) 工具摩耗

切削工具には種々の形態の工具摩耗 (図 1.13 参照) が形成されるが、仕上げ旋削において仕上げ面粗さに直接的な影響を及ぼすのは、前逃げ面境界摩耗である。

したがって、この項においては前逃げ面境界摩耗についてのみ言及し、工具摩耗全般についての詳細は別項で解説する。

(a) 前逃げ面境界摩耗生成の基礎条件³⁾

図 1.14 に、諸入力と前逃げ面境界摩耗の関係を

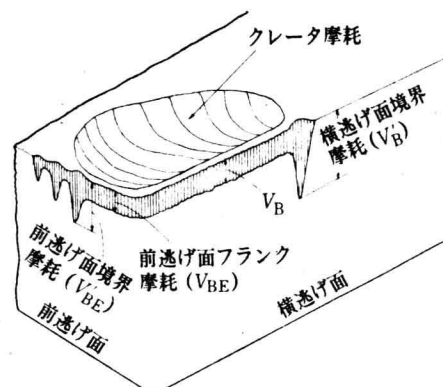
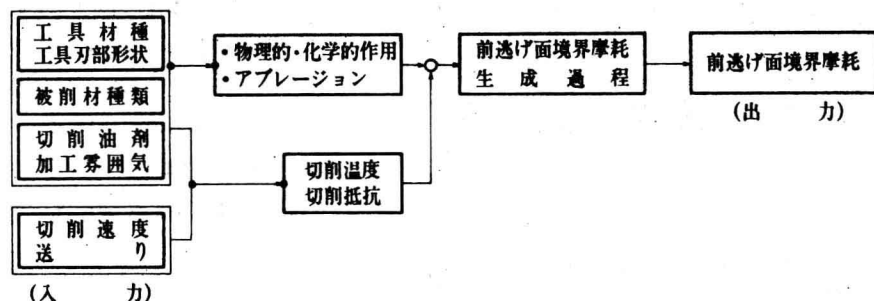


図 1.13 工具摩耗の模型

図 1.14
前逃げ面境界摩耗の
生成における入・出
力の関係



示す。基礎条件として工具表面における拡散あるいは酸化などの物理的・化学的作用およびそれに付随するアブレーションが考えられる。一方、切削温度の高低および切削抵抗の大小は、前述した二つの基礎条件の発生しやすさに直接的に影響する。したがって、切削過程において基礎条件が満足されなければ、前逃げ面境界摩耗は生成されないと考えられる。

以下、二つの基礎条件について説明する。

物理的・化学的作用：これの主なものとして、前逃げ面における拡散と酸化が考えられる。

図 1.15 は、外部から各種の気体を供給して切削雰囲気を変えたときに、形成された前逃げ面の工具摩耗幅と切削時間の関係を示したものであるが、フランク摩耗幅は雰囲気中の気体の種類を変えてもほとんど変化しないのに対し、境界摩耗幅は空気中あるいは活性な酸素を供給した場合と、アルゴンガスあるいは炭酸ガスを供給した場合とでは明確な差異がある。

被削材と高温状態で接触している工具の表面では、結合剤として含有されているコバルトと炭素の拡散が起こる可能性がある。このような表面状態が空気中の酸素と接触するかあるいは外部から酸素が供給されると工具表面に酸化物層が形成される。抽象的な実験で、確かめたところでは、この酸化物層は WO_3 と $CoWO_4$ で構成されている。これらの酸化物は、工具表面から被削材との接触で容易に脱落する程度の安定性しかなく、脱落・生成が繰返されて摩耗生成が促進される。

このように、境界領域における酸化反応が前逃げ面境界摩耗の生成に大きく影響を及ぼすと考えることができる。

アブレーション：被削材のマクロなかたさは切削工具のそれよりはるかに低い、局所的にはかたさの高い部分があり、これにより工具がすりへら

されて摩耗が生成される。この現象はアブレーションといわれている。前逃げ面境界摩耗生成にも被削材のかたさの高い部分によるアブレーションが影響するが、それ以外に境界摩耗部分に生成される前記の酸化物が被削材との接触で脱落しアブレーションとして作用する。境界部分で酸化物によるアブレーション作用がなければ、フランク摩耗とは形状も大きさも異なるみぞ状の境界摩耗は形成されないものと考えられる。

(b) 前逃げ面境界摩耗と旋削仕上げ面粗さの関係

前逃げ面にフランク摩耗のみで境界摩耗が生成されない場合には、仕上げ面粗さは式 (1.1) あ

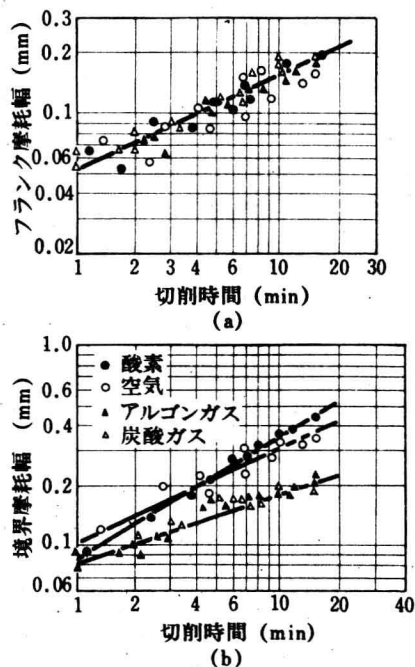


図 1.15 加工雰囲気と工具摩耗幅の関係 (大野)
被削材: S25C (焼ならし), 工具 P30,
切削速度: 250 m/min, 送り: 0.2 mm/rev,
切込み: 0.5 mm