ELID を使って 3 次元形状の加工に挑戦

ELID 研削法の

マシニングセンタへの適用

絞りダイ（超硬材）
・SD#1200→SD#4000
・研削後の内径部の表面粗さ
Ra0.0098μm、Rz0.0740μm

はじめに

1．ELID 研削法の原理と原理の拡大

2．新たな ELID 研削法

3．基本設備：ELID ユニット

4．追加設備

5．導入の進め方

想像し創造する

柳下技研株式会社

はじめに

ELID の主要なお客様は精密加工を必要とするメーカーが多く、光学部品、半導体、金型、自動車、医療分野など、業種もさまざまです。

ELID はお客様保有の研削盤などに、「ELID ユニット」（ELID 研削専用の①砥石、②電極・給電体、③電源装置、④研削液、⑤ツルーイング装置、など）を後付けで搭載することによって使用できます。

ELID ユニットは、これまで平面研削盤、円筒研削盤、内面研削盤、ロータリー研削盤、センタレス研削盤、冶具研削盤、などに搭載されてきましたが、近年はマシングセンタ（MC）に搭載されるようになり、量産ラインにも導入されています。

お客様からは「MC に ELID を搭載し、立体的なワーク（自由曲面金型）を研削した後に、研削痕が残った場合には、これを除去するために、機上ポリッシングツール（弊社商品）で磨きまでできれば、手磨きから機械化への課題を一気に解決できるようになる。」と期待されています。

「ELID 研削 総集編」「機上ポリッシングツール“使用説明書”」と合わせて、お読みいただけましたら幸いです。何卒よろしくお願い申し上げます。

2019 年 6 月

目　次

1.ELID 研削法の基本原理と原理の拡大

1.1.基本原理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4

1.2.原理の拡大　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・4

2.新たな ELID 研削方法

2.1.インターバル式 ELID 研削方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

2.2.ノズル式 ELID 研削方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5

2.3.小径軸付砥石による ELID 研削法のマシニングセンタへの適用方法　・・・・・・・・・6

3.ELID ユニット

3.1.ELID 専用軸付き砥石　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

3.2.電極給電体

3.2.1.インターバル式 ELID 研削法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

3.2.2.ノズル式 ELID 研削法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

3.3.電源装置　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・7

3.4.研削液　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・8

3.5,ツルーイング装置

3.5.1.ツルーイング装置本体とコントローラ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

3.5.2.放電ツルーイング用プラス極給電装置　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

3.5.2.ツルーイング方法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・9

4.追加設備

4.1.焼き嵌めホルダ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10

4.2.撮像式工具測定システム　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10

4.3.小型回転テーブル　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

4.4. 研削・研磨用クーラントタンクユニット　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・11

5.導入の進め方

5.1.ELID 搭載アップグレードサービス・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

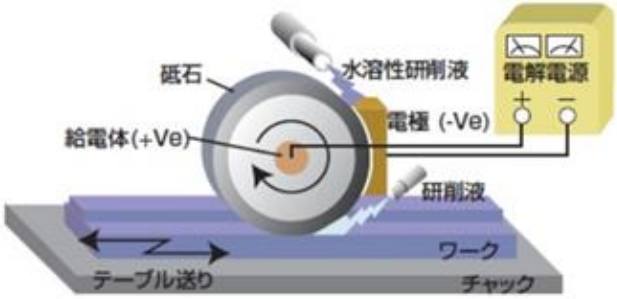
5.2.スケジュール（案）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

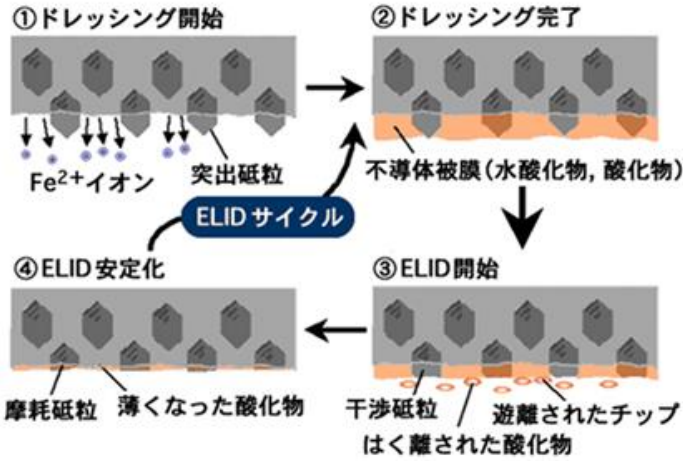
5.3.充実したアフターフォロー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12

1.ELID 研削法の基本原理と原理の拡大

1.1. 基本原理

研削中は電極と砥石の間に電流が流れ、結合剤の鉄が電解によって溶かし出されて行き、砥粒が顔を出します。電解された鉄の表面には、不導体皮膜ができ、いったん電解が止まります。研削作業によって、不導体皮膜が摩耗すると、電気が通りやすくなるため、再び電解によって結合剤が溶かされ、砥粒が顔を出します。





この自律的な目立て制御機能は ELID サイクルと呼んでいます。結合材や研削液の成分や印加パルス電圧の波形や条件を選ぶことによって、ELID サイクルのコントロールが可能で、常に必要な量の切れ味を確保することができます。このように砥石は常に理想的な状態で研削を行うため、加工精度が飛躍的に高まり、**削りながら磨きも出来る**と言う、画期的な手法が生まれたのです。この結果、高能率、高精度／鏡面仕上げを実現しました。

平面研削盤や円筒研削盤などに適用する通常の ELID 研削法は、上述のとおりドレッシング作業を常時行いながら研削します。

1.2. 原理の拡大

次に、上記では対処できなかった内面研削やホーニングに対応させるべく開発されたのが、「インターバル式 ELID 研削方法」です。

更に、小径砥石や総型砥石に対して、電極を近接しづらい状況で考案されたもので、砥石表面に電解された研削液を供給することで、ELID 効果を得る「ノズル式 ELID 研削方法」です。

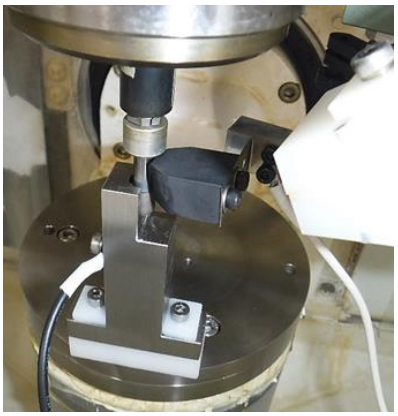
それぞれの研削方法について説明します。

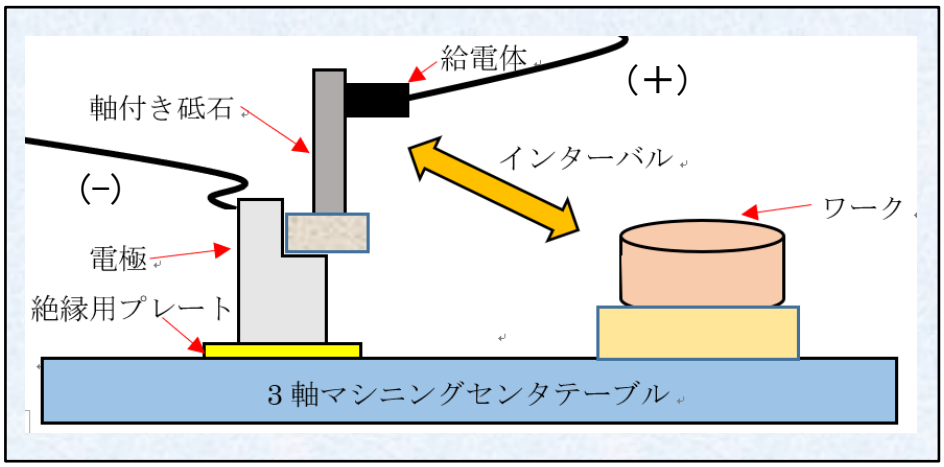
2.新たな ELID 研削方法

2.1. インターバル式 ELID 研削方法

「インターバル式 ELID 研削方法」は、導電性結合の砥石表面を電解することで砥粒突出しを得るドレッシング作業を一定のインターバルによって行いながら研削します。

小径軸付砥石の場合には、下記画像なような電極を製作し、電極にマイナス電流、砥石軸にプラス電流を流し、水をかけると瞬く間に（10 秒程度)、砥石に不導体皮膜が生成されます。

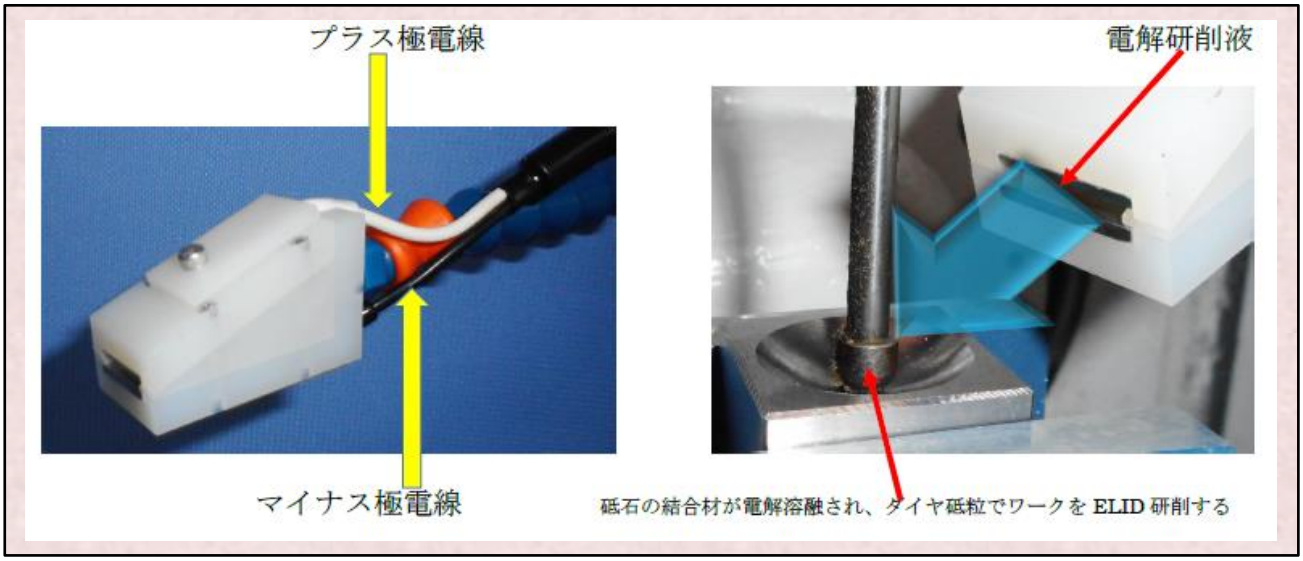




2.2. ノズル式 ELID 研削方法

研削液ノズルの先端部に両極の電極を設置することで実施できます。砥石に電極を近接させず、電解された研削液を砥石に照射することで、ELID と同様のドレッシング効果を得る方法で、イオンショットドレッシング法とも言われています。

ノズル内の水の電解（$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$）で生じた水酸化物イオン（$OH^-$）が砥石にかかると、砥石表面の導電材イオンと反応します。すると不導体被膜が形成され、砥粒(切れ刃)が砥石表面に突出し目立てができ、この状態でワークが研削できるようになります。研削が進行すると砥粒が摩耗し、不導体被膜がはがれて、再び OH^-が砥石にかかり導電材が溶けだします。このサイクルが繰り返されることで、いつも同じ量の目立てが行われつつ、ワークが研削されていきます。



また、水酸化物イオン（OH^-）は、同時にワーク表面にもかかり、その表面に薄い酸化層を形成し、これが保護膜となり錆びにくくします。錆びが大敵の金型の材料や、人工歯根・人工関節など各種インプラントの加工にも ELID は最適です。

2.3. 小径軸付砥石による ELID 研削法のマシニングセンタへの適用方法

小径軸付砥石（砥石径Φ4mm からΦ10mm 程度）において、電解条件を変えて繰り返しテストを行った結果、「ノズル式 ELID 研削方法」だけでは、砥石への**初期不導体皮膜の生成**が出来ない（時間がかかる）ことが判明しました。

次に、「インターバル式 ELID 研削方法」を採用したところ、10 秒程度で砥石に初期不導体皮膜が生成できました。ただし、「インターバル式 ELID 研削方法」のみを続けていると、小径軸付砥石の場合には電解により砥石の消耗度が高いことも判明しました。

そこで弊社は、小径軸付砥石の場合には、「インターバル式 ELID 研削方法」と「ノズル式 ELID 研削方法」との併用を推奨しています。具体的な適用方法は次のとおりです。

「インターバル式 ELID 研削方法」により、砥石に不導体皮膜を付けてワークを研削します。更に、「ノズル式 ELID 研削方法」により、わずかに流出する電解された研削液を砥石に照射しながら研削効率を上げます。砥石の切れ味が悪くなるタイミングを見つけて、砥石を自動で電極に移動し、不導体皮膜を付けて目立てを行い、砥石をワークに戻します。

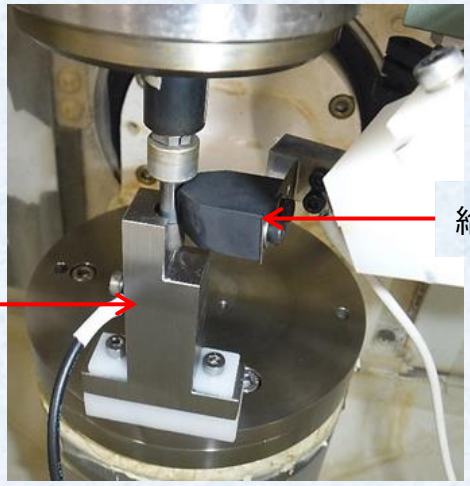
3.ELID ユニット

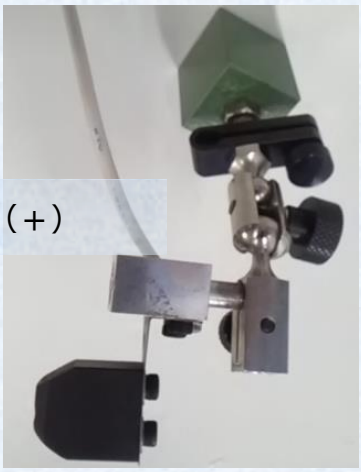
3.1. ELID 専用軸付砥石

・砥粒：CBN、ダイヤモンド
・ボンド材：鋳鉄ボンド、レジンメタルボンド
・砥石番手：#60～#64000
・集中度：75 、100
・シャンク：超硬軸
・砥石形状：各種ご相談を承ります。

3.2. 電極・給電体

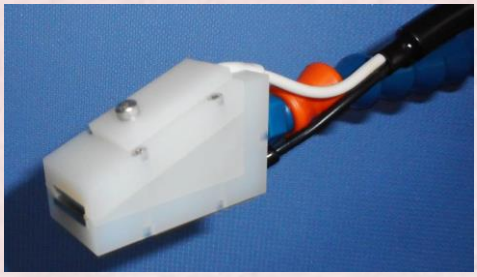
3.2.1. インターバル式 ELID 研削方法





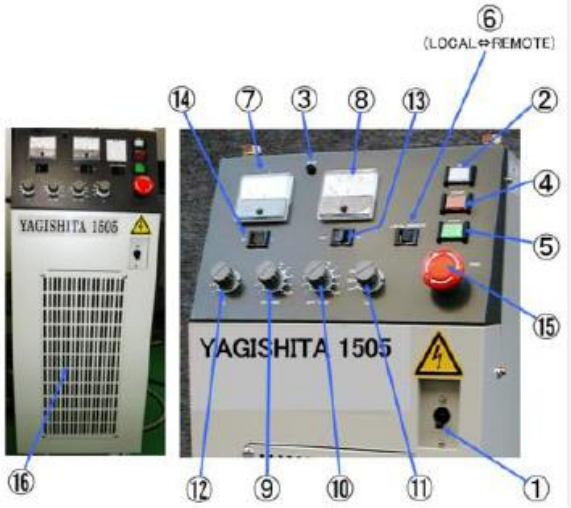
3.2.2. ノズル式 ELID 研削方法

交換用
SUS プレート



3.3. 電源装置　YAGISHITA-1505V

形　式	用　途	パルス電圧	平均電流	パルス幅	一次電源	寸法(mm)重量(kg)
		Eo(V)	Im(A)	τon	V/P/KW	幅/高さ/奥行/重量
1505V	小径砥石(軸付き砥石等) マシニングセンタ、ジグ研、切断用	150	5	1～10	100/1P/0.8	300/800/450/50



番号	品名	番号	品名
①	NFB	⑨	τ on切替スイッチ
②	受電表示灯	⑩	τ off切換スイッチ
③	警報表示等	⑪	出力電圧(Vp)スイッチ
④	運転用押しボタンスイッチ	⑫	出力電流(Ip)スイッチ
⑤	停止用押しボタンスイッチ	⑬	電圧計切換スイッチ
⑥	運転コントロールセレクトスイッチ	⑭	電流計切換スイッチ
⑦	電流計	⑮	非常停止スイッチ
⑧	電圧計	⑯	吸気口

3.4. 研削液

ELID 専用研削液　大同化学工業㈱製シミロン CG7(K)　18L 缶　50 倍希釈

3.5. ツルーイング装置

3.5.1. ツルーイング装置本体とコントローラ

本　体

コントローラ

放電ツルーイング用砥石

ELID研削用
放電ツルーイング装置＆コントローラ
取扱説明書
放電ツルーイング装置
型式 YAGISHITA-TIB
コントローラ
型式 YAGISHITA-TIC
製造元：柳下技研（株）

3.5.2. 放電ツルーイング用プラス極給電装置

板バネ（カーボンに負荷を掛けるための物）

カーボンとシャンクとの間に隙間が出来ると通電しません

3.5.3. ツルーイング方法

ELID 用軸付砥石とツルーイング用砥石の初期隙間を 0.2mm に設定し、軌道上で砥石同士が接触しないことを確認してから、ツルーイングを開始します。隙間 0.15mm ぐらいで、放電火花が「パチッ！」とかすかに出現し、砥石のボンド材が溶け出すのを目視出来ます。ELID 用軸付砥石の色はスカイブルーです。ツルーイング用砥石も放電により、茶色に変色しました。

①手前より開始

②頂点に向かう

③向こう側に回る

④終了した状態

⑤完成した状態（φ8mm、先端 R4）

※条件設定例：SD#325

①ELID用軸付砥石	②ツルーイング用砥石	③Y軸	④X軸	サイクル	ELID電源設定値（1505V）			
回転数	回転数	送り速度	送り速度	回数	Ip10A	Vp90V	ON Time	OFF Time
3000min^{-1}	レベル60（930min^{-1}）	200mm/min	0.1mm	30回	実0.2A	実48V	5uS	5uS

4.追加設備

加工の高能率・高精度・高機能化は至上命題であり、寸法・形状精度、仕上げ高品位そしてコスト低減への要求は止まることはないようです。加工設備に対しては、高速・高精度や安定性・再現性の高さといった機械の基本性能のみならず、機上測定などの周辺アプリケーションの高度化の要求も高まっているように思います。ELID を導入されているお客様が使用されている設備の一部をご参考までに紹介します。なお、弊社の取扱製品ではありません。

4.1. 焼き嵌めホルダ

安定した振れ精度を実現する為に、ホルダと工具（超硬）の熱膨張率の差を利用し、工具を強力かつ高精度にチャッキングする焼き嵌めホルダが使用されています。

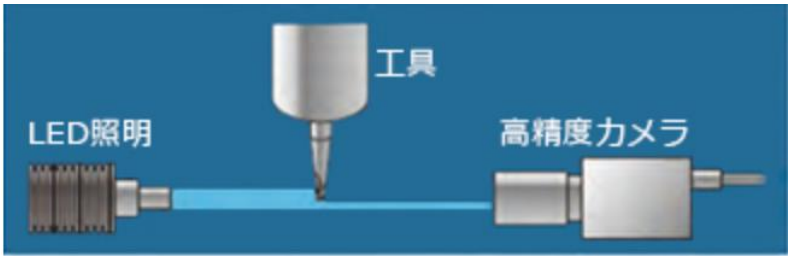
引用：スリムラインホームページ

4.2. 撮像式工具測定システム

ワークを創成するのは、工具とワークが接触する点です。工具測定により、この位置の正確な把握と制御ができなければ、いくら機械単体の位置決め精度が良くても高精度な加工はできません。たとえば複数の工具を用いて金型加工を行う場合、正確な工具測定を行わなければ、工具の形状や回転速度の違いによる相対誤差（段差）を発生させてしまうことがあります。この段差を手仕上げで修正すると、手間がかかるだけでなく形状精度の悪化にもつながります。

このことから、工具測定は、精度を求められる加工において重要な工程といえます。

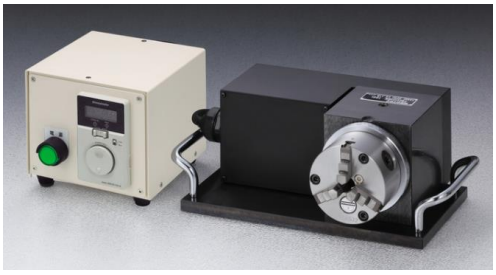
撮像式（非接触式）の測定原理は、「LED 照明と高精度カメラの間に回転状態の工具を入れ、高速シャッターで連続して画像を取得。それを高速デジタル処理し、位置情報を把握する」というもので、その測定精度はわずか 0.1μm 単位です。



引用：三菱重工ホームページ

4.3. 小型回転テーブル

MC のテーブル上に置いて、ワーク材を回転させながら、主軸を XY 軸方向に動かすことができるため、２軸稼働でプログラム作成が簡単です。



引用：榮精機株式会社
精密研削用円筒装置
RT-3C/MD

4.4. 研削・研磨用クーラントタンクユニット

研削・研磨の切り屑、切り粉（研削や研磨の際に発生する工作物の破片のこと）の形状は、工作物の材質のほか、加工に使った工具・砥石によっても異なりますが、主として「流れ形（流線型）」「せん断形」「亀裂形」「むしれ形」「きょ歯形」などが知られています。

この切り屑は、研削や研磨では非常に重要な要素の一つで、特に砥石を使った研磨においては、砥石の性能を大きく左右する項目がこの「切り屑」です。**切削加工であれば、金属を旋削すれば丸まった切り屑が出てきます**が、砥石の場合の切り屑は流線型のものであっても大きさが微細なものになります。砥石でものが削れるのは、砥石の表面から無数の砥粒が頭を出しているからですが、切削工具と違って、砥石の場合はこの切れ刃となる砥粒がうまく生え変わることで対象の表面を削り取っていきます。この生え変わりを自生作用といいますが、それを起こす主役の一つがこの切り屑です。砥石の切れ刃は、ボンドと呼ばれる結合材によって固められていますが、切り屑は研磨中にこれを削っていきます。つまり砥石自体を「研ぐ」作用が起きています。

ダイヤモンド砥石は総じてこのような原理で研磨を行なっていますので、切り屑の材質と、ボンドの材質の相性も見る必要があります。　一般に、セラミックス、ガラス、石材、超硬などの硬くて脆い、いわゆる**硬脆材料の場合の切り屑は「粉」のようになります**。一方、ステンレスや炭素鋼、工具鋼などの鉄鋼材料系をはじめ、多くの金属材料では流れ形、比較的細長い流線型のような形状の切り屑になる傾向があります。金属系の材料の切り屑はたいてい粘りがあり、硬脆材料系は粉といっても、鋭い刃のような部分に近いイメージです。

従って、切削用と研削・研磨用のクーラントタンクユニットは別にした方がよく、また、研削・研磨では防塵対策を施す必要もあります。

5.導入の進め方

5.1. ELID 搭載アップグレードサービス

弊社は、ELID ユニットの販売と ELID ユニットをお客様の機械に搭載する ELID 搭載アップグレートサービスを受託しています。ご相談を頂いてから、お客様の機械を拝見させて頂き、お見積り、受注、ELID 搭載アップグレード施工、取り扱い説明・指導等の手順で進めさせて頂きます。

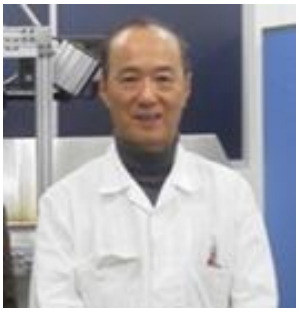
5.2. スケジュール（案）

作業項目および納品物件	常備	スケジュール			
	在庫品	1カ月	2カ月	3カ月	4か月
現地調査・お打合せ		▲			
御見積書の提出		▲			
注文書の受領		▲			
ELID専用軸付砥石手配　入荷まで概ね2～3カ月		▲	----	----	▼
電極・給電体（インターバル式）：設計・製造			――	――	▼
電極・給電体（ノズル式）	◎				▼
電源装置YAGISHITA-1505V	◎				▼
ツルーイング装置（ツルーイング用砥石含む）	◎				▼
放電ツルーイング用プラス極給電装置：設計・製造			――	――	▼
現地設置取付・操作指導					▼

5.3. 充実したアフターフォロー

弊社の活動はお客様に ELID ユニットを購入して頂くだけではありません。

弊社は導入までに有益な意見交換をさせて頂き、導入後は十分に活用頂けているか、もしそうでないならば課題は何かといったことを明らかにして、適切なサポートを行います。弊社のモットーは充実したアフターフォローです。誠心誠意お客様と一緒に取り組ませて頂き、お客様で成果が出るまでしっかりとフォローさせて頂きますので、よろしくお願い申し上げます。

開発・製作　柳下技研株式会社
【お問合せ先】ご遠慮なくご連絡ください。
新倉工場　精密部品事業部　久保貴義
〒351-0111　埼玉県和光市下新倉 3-22-60
TEL:048-466-8372　FAX:048-466-8374
URL http://yagishitagiken.sub.jp/
E-mail　kiyoshi-kubo@yagishitagiken.jp
携帯電話 080-7758-7069

【技術者紹介】
YG テクニカルセンター
ELID 研削技師
一瀬　哲也