

## うず巻刃超硬ドリルによる穴あけ加工を併用した金型型面の荒加工法

細井 俊 明\*

### 1. はじめに

金型のならい加工では、走査線ならい方式に比べて等高線ならい方式の方が格段に能率的であるが、金型の加工領域が広い場合には、その形状を考慮しつつ、加工領域をいくつかの区画に分割しなければならない。しかし、荒加工の初段階において、型面を創成するために切削除去すべき部分の大半を、ドリルによる重なり穴の加工で除去することができるならば、その後いきなりエンドミルによる型面全体の等高線ならい加工が可能となる。その場合、加工手順が非常に単純化され、その設定に何ら熟練の経験を要しないと思われる。さらにこの加工法は、型面形状を数値的に表現してNCフライス盤で加工しようとする場合にはもっとも有力な加工法の一つであると考えられる。

ところで現在、大半の穴あけ加工は通常の高速度鋼製ツイストドリル（以下、高速度鋼ドリルと呼ぶ）によって行われているが、その切削速度は他の切削加工の場合に比べて格段に遅い。それゆえ、今までにも、ドリルの超硬合金化が試みられてきたが、とくに鋼材の穴あけ加工においてチゼル部の切れ刃が破損しやすいため成功するに至らなかった。しかし、最近著者らが開発した超硬ドリル（以下うず巻刃ドリルと呼ぶ）はチゼル部のない特殊形状刃先のもので、鋼材を安定して高速加工できる。しかも、うず巻刃ドリルは剛性が高く、加工精度もよいので、前述の型面加工法に十分適用できると考えられる。そこで、このうず巻刃ドリルによる穴あけ加工を併用した型面の荒加工法を検討した結果、手順が非常に簡単で、かつ加工能率の高いことがわかった。以下その概要を述べる。

### 2. うず巻刃ドリル

みぞがまっすぐなものと同じれたものの2種類があるが、いずれの場合でも、みぞ断面が高速度鋼ドリルより極端に小さく、したがって格段に剛性が高いと考えられる。うず巻刃ドリルの切れ刃は図1に示すとおりで、M種の超硬チップ2枚がNi-Cr-Mo鋼製のドリル本体にろう付けされている。図でもわかるように、このドリルはチゼル部をもたず、ドリル中心付近まで切れ刃をもっている。ドリル中心付近の切れ刃は円弧状であり、外側では直線状になっている。中心部の切れ刃のすくい角は約 $0^{\circ}$ であり、ドリル中心から離れるに従ってすくい角が増大し、直線状切れ刃でのすくい角は $20^{\circ}$ である。切れ刃全体にわたって $-30^{\circ}$ のネガティブランドが付けてある。このネガティブランドは切れ刃を強化するとともに、安定な構成刃先を発生させ、それによって切削作用を行わせる、ネガティブランドの幅は工作物材質によって最適値があり、たとえば、低炭素鋼では $0.4\text{mm}$ 、中炭

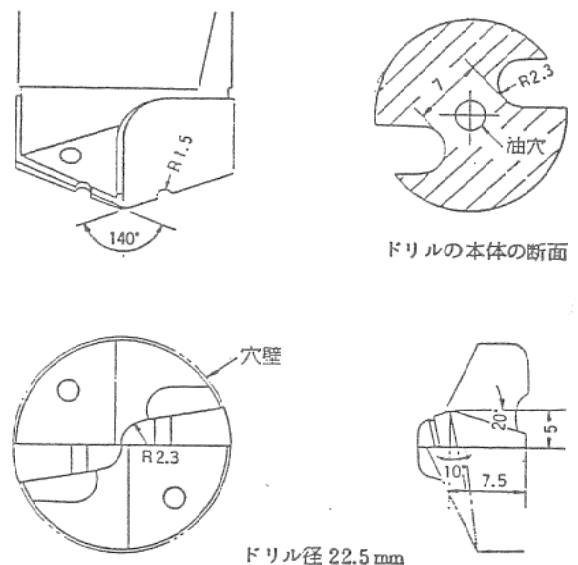


図1 うず巻刃ドリルの刃先形状（直径22.5mm）

\*細井俊明 (Toshiaki HOSOI), 株式会社, 細井工作所, 代表取締役, 工学博士

素鋼では0.2mm 鋳鉄では0.1mmである。うず巻刃ドリルの実用化試験の結果によれば、直径20mm、みぞ長240mmのドリルで、50m以上の工具寿命（寿命判定は逃げ面摩耗幅0.25mm）を保証する推奨加工条件は次のとおりである。

被削材……低，中炭素鋼（HB170～230）  
 切削速度……800～1200rpm  
 (50～75m/min)

送り量……0.25～0.4mm/rev  
 送り速度……200～480mm/min  
 穴深さ……200mm以下  
 切削液……エマルジョン形硫塩化液  
 1 l/min以上

上記の通り速度は高速度鋼ドリルの場合の4～10倍もの高速度あり，エジェクタドリルのそれにも匹敵する。

### 3. 型材が鋳鉄の場合

#### (1) 穴あけ加工

図2に型材とモデルの配置を示す。使用機械は電子ならいフライス盤 HCN-450形（細井工作所）であり，水溶性エマルジョン形の切削液

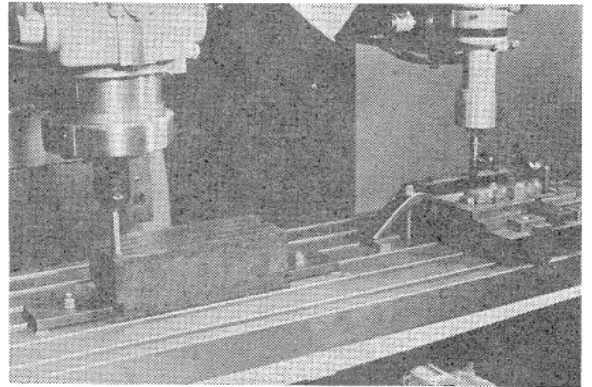
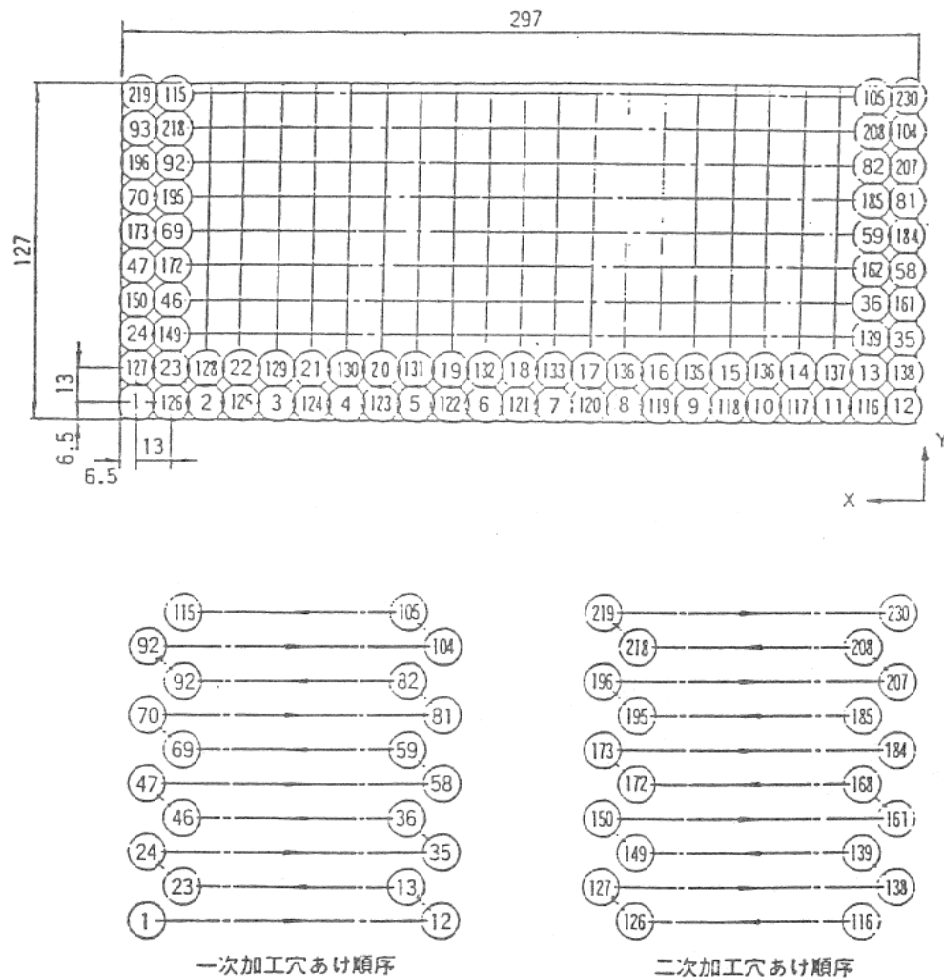


図2 型材とモデルの配置



(注) 数字は穴あけ順序を示す。

図3 穴あけならい荒加工の穴あけ順序（正方形配列）

(水との稀釈度は1:5)を使用した。直径14mmの直線みぞうず巻刃ドリルと、直径16mmのドリル用スタイラスを組合わせて使用し、図のようにテーブル上面に型材とモデルをX軸と平行に直列に配置し取付けた。そして、スタイラスの先端がモデルの最上部に接しているとき、ドリルの先端も型材の上面に接するようZ軸方向の関係位置を設定した。穴あけの位置決めは、ならいフライス盤に付属しているNC制御装置によって行ったが、穴あけ加工の削り残しを少なくし、次の段階でのエンドミルによる除去作業を容易にするため、直径14mmのドリルに対して穴間隔13mmとして重なり穴をあけた。うず巻刃ドリルではこの程度の重なり穴でも安定して加工することができた。しかしドリルにかかる切削力の均衡を保ち、より安定した加工を行うために、穴あけ順序を図3に示すように選んだ。切刺条件は主軸速度を16,000rpmとし、穴あけ速度を800mm/minとした。

鋳鉄の穴あけ加工では切削温度が比較的低いため、重なり穴のときに生ずる穴壁の開口部から切削液が流出しても何ら支障が認められなかった。また、穴あけ加工が進むにつれて切りくずは被削材上に累積するようになるが、穴あけ開始に先立ち、ドリル先端から噴出する切削液によって排除されて、何ら障害を起さなかった。うず巻刃ドリルはその性能を発揮し、19分で230穴のならい穴あけ加工を終了した。

図4にこの実験によって加工された型材の概観を示すが、林立した削り残しの柱の太さが穴の深さ方向にほとんど変化していない。このこ

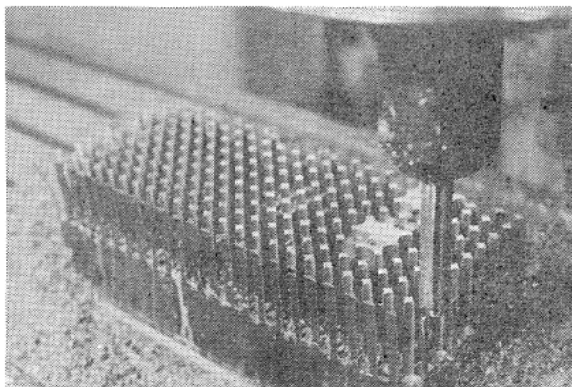


図4 直線みぞうず巻刃ドリルによって穴あけならい加工を終えた型材

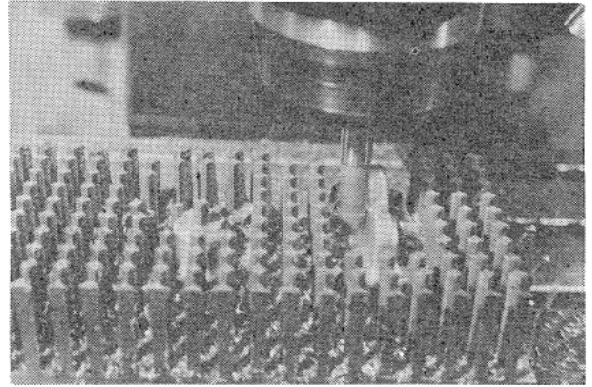


図5 等高線ならい方式による角柱削除状況

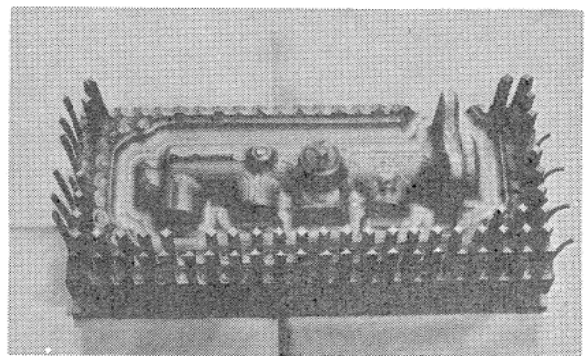


図6 穴あけならい荒加工での型面の削り残しをうず巻刃エンドミルを使って等高線ならい方式で削り取った型面

とから重なり穴にもかかわらず、まっすぐな穴があげられたことがわかる。

#### (ii) エンドミル加工

図5にこの実験の概観を示す。うず巻刃ドリルによってならい穴あけ加工された型面上には、断面が約4mm角の柱状の削り残しが林立している。これに、うず巻刃エンドミルを用いて、型面の最上部から等高線ならい方式により、いきなり型面全体のならい加工を行った。直径14mmのうず巻刃のエンドミルと、半径7.5mmの半球形スタイラスを組合わせて使用し、主軸速度2,000rpm、ならい速度X-Y 1,000mm/min、ピックフィード1mmの条件のもとに行った。

図にみられるように、エンドミルによるならい加工の初期においては、型材上面からの型面の深さが小さいので、削り残しの柱の全体がエンドミルの切れ刃によって切削されている。しかし、型面が深くなると削り残しの柱の根元だけが切削されることになる。しかし、エンドミ

ルの切れ刃の直径がシャンク本体の直径とは余り差がないので、削り残しの柱を切断する以前にその柱がシャンク本体と接触し、エンドミルの送り運動につれて前方あるいは側方に押し倒される。そして、幸いにもこの場合型材が鋳鉄であったので、削り残しの柱は切削途中で容易に折れてしまった。また、切断されて型面上に累積した柱が、エンドミルの切れ刃と型面あるいは隣接して立っている柱との間に介在して、切れ刃を損傷させることが懸念されたが、しかし、それらの柱は切れ刃に接触した瞬間にはねとばされて何ら障害をきたさなかった。

図6にエンドミル加工を終了した型面の外観を示す。このエンドミル加工に31分を要し、先の穴あけ加工との全加工時間は50分であった。このときの平均金属除去率は、 $39\text{cm}^3/\text{min}$ となる。

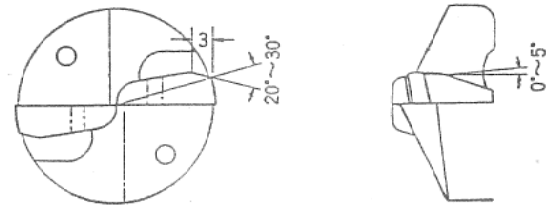
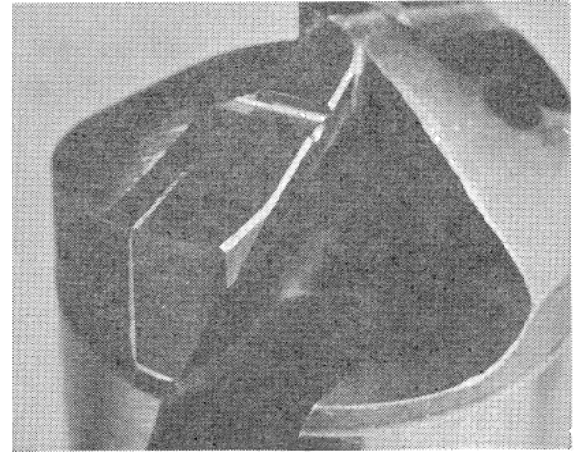


図7 切れ刃とすくい面の一部を変更したうず巻刃ドリル（直径22.5mm）

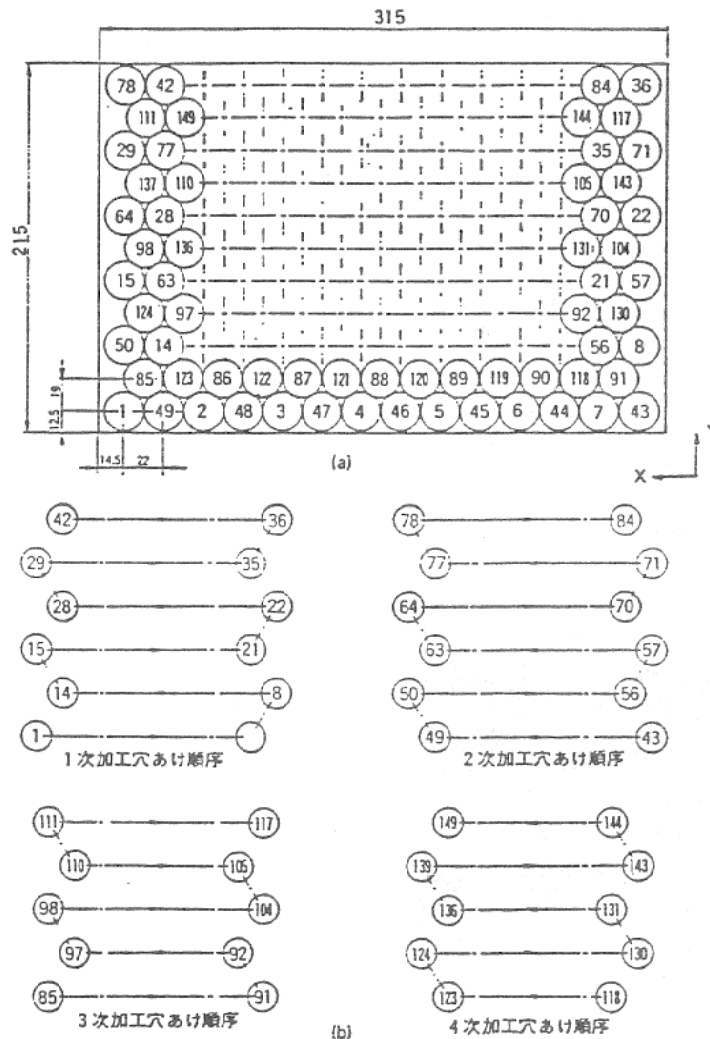


図8 穴あけならい荒加工の穴あけ順序（三角形配置）

以上より、型材が鋳鉄の場合、うず巻刃ドリルとうず巻刃エンドミルを使用することにより、穴あけ加工を併用した型面荒加工法が容易に行なえることがわかった。

#### 4. 型材が鋼材の場合

穴あけ加工は図7に示すように切れ刃の一部を変更した直径22.5mmのうず巻刃ドリルを用い、穴の重なり部分に膜壁ができるように重なり代を0.5mmとした。また、穴の配列および穴あけ順序を図8のようにした。穴あけ加工は、主軸速度1,100rpn, あけ速度352mm/minとし、約50分でこの加工を終えることができた。図9はこれによって加工された型材の外観である。

切削液を確保するための外壁が型材の周囲に残されている。うず巻刃エンドミルによるならい加工に先だち、この外壁を除去することが必要で、直径30mmの1枚刃のうず巻刃エンドミルを用い、主軸速度1,000rpmで送り速度を300

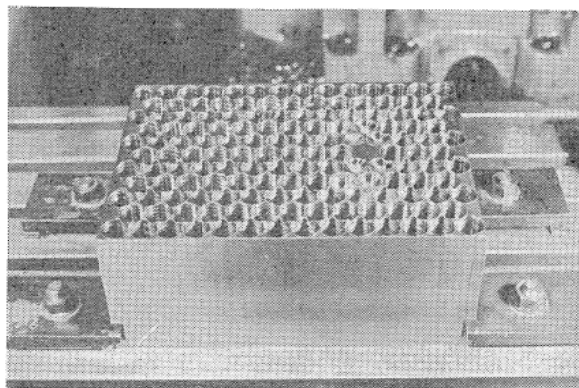


図9 ねじれみぞうず巻刃ドリルによって穴あけならい荒加工を終えた型材

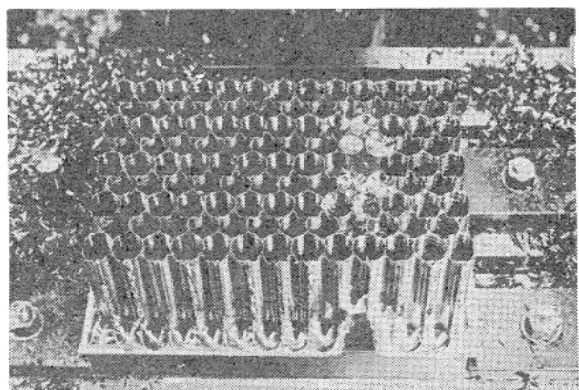


図10 外壁の削除加工を終えた型材

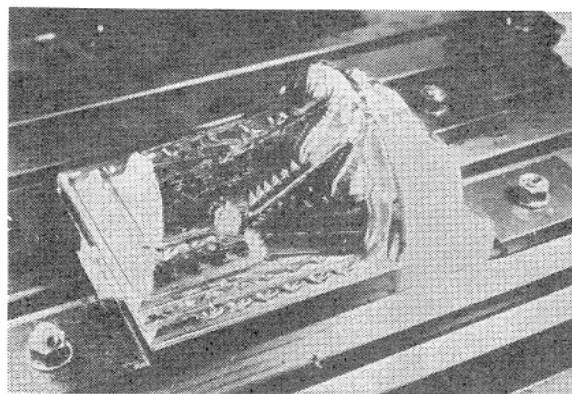


図11 穴あけ荒加工の削り残り削除加工を終えた型面

mm/min, 1周ごとの切込みを6mmとし、NC制御によって行った。この工程の加工時間は60分であった。図10は外壁を削り取られた型材である。この場合の削り残りとしては、うすい膜壁が蜂の巣状に存在するが、正方形配列の場合に比べて角柱状の削り残り三角柱は格段に細くなっている。引続いて、同じうず巻刃エンドミルを用いて主軸速度1,000rpm, 等高線ならい速度300mm/min, ピックフィード3mmでならい加工を行った。この工程の加工時間は75分であった。図11にこの実験によってならい加工された型面を示す。結局、本実験における全加工時間は185分であり、平均金属除去率は約30cm<sup>2</sup>/minとなる。

以上のように、型材が鋼材の場合でも、うず巻刃ドリルの切れ刃を一部変更し、穴の重なり率を小さくすることによって重なり穴の安定した切削が可能になること、穴あけ位置を正方形配列から三角形配列にすることにより削り残しが格段に減少し、安定したエンドミル加工が可能になることが明らかになった。

#### 5. おわりに

うず巻刃超硬ドリルによる穴あけ加工を併用した金型型面の荒加工法は、加工効率がよく、経験の浅い非熟練者でも容易に実行できるうえに、NC制御によって型面加工する場合もっとも有力な加工法と考えられる。経験と熟練を要し非能率的であった金型加工の改善に役立てば幸甚である