

実践報告・資料

# スキー先端部射出成形金型の製作

青森職業訓練短期大学校 中田英次

Making a part of Injection Mould which Produces the Trip of Ski

Eiji Nakada

**要約** 当校は、職業訓練短大としてスタートして以来、向上訓練、共同研究などを通じて地域の企業等に貢献すべく努力をしている。筆者は、スキーを製造している地元企業から、スキーの先端部を射出成形する金型の効率のよい加工法について相談を受けたことから、この金型の製作法を検討し、新しい製作法によって実際に製作を行ってみた。本製作方法は、金型の形状、加工時間短縮、加工精度の均一化の点からNC工作機械による加工を取り入れたものにした。

本製作法による試作の結果、実際に型として使用できるものが得られ、新しい製作法の工程、その作業内容、加工時間など貴重な資料を企業に提供することができた。

## I はじめに

当校の学内公開を行った際（昭和63年11月）、スキーを製造している地元企業（A社と呼ぶ）からスキーを成形する金型の加工法についての相談を受けた。相談の内容は、「現在、スキー先端部の金型製作を手仕上げ作業を中心とした加工法で行っているが、非常に時間がかかるのでNC工作機械による加工等の製作法の検討をしている。筆者にそれについての意見を聞かせてほしい」というものであった。筆者は、以前より地域の企業に技術的な面での協力ができればと考えており、また型の形状に於いても非常に興味深い課題であったので、その製作法について検討し、新しい製作法により実際に製作まで行ってみることにした。

本製作法による試作の結果、一定の成果を得たのでその内容を報告する。

## II 製作計画

スキーを射出成形する金型の中で、先端部の型は、図1に示すようなものである。これは、スキーの先端部の形状となる部分（スキー輪郭部と呼ぶ）とスキーの素材である樹脂を注入するための溝（樹脂注入溝部と呼ぶ）とからなり、全体的に湾曲（曲率半径200mm）して

いる。A社では、この部分を図2のような工程と方法によって行っている。

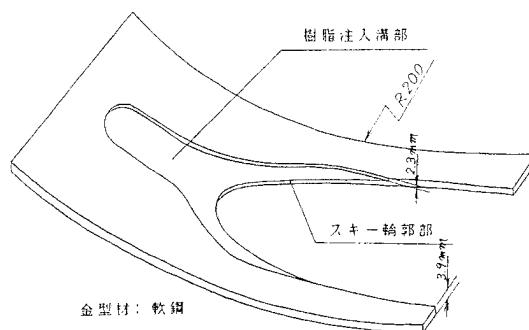


図1 スキー先端部射出成形用金型

### 工程および作業内容

- 1、2枚の型材（スキー輪郭形状用 厚さ1.6mm、樹脂注入溝用 厚さ2.3mm）にそれぞれ輪郭形状をけがく
- 2、R200に曲げ加工する
- 3、メタルソーでそれぞれの形状の荒取りをする
- 4、2枚を重ね溶接する
- 5、模範型に合わせながら、ヤスリで仕上げる

### 作業時間

全体で約12時間

図2 A社の工程

型の樹脂注入溝部およびスキー輪郭部は、ともに3次元の曲線形状になっており、特にスキー輪郭部の加工が難しく時間がかかるということであった。筆者は、この両部分の加工に、その形状、加工時間の短縮、加工精度の均一化の点からマシニングセンターによるNC加工を取り入れることにした。

本課題の製作手順としては、形状精度の点から最適な方法として、最初に型となる母材を曲げ加工し、次に曲げられたワークをその曲面の中心をもって回転させながら樹脂注入溝部とスキー輪郭部を切削加工する方法がある。しかし、この方法で行うためにはNC機と連動できる円テーブルが必要になり、この装置が当校にはないため、この方法は不可能であった。そこで筆者は、図3のように最初に樹脂注入溝部を板材がフラットな状態で切

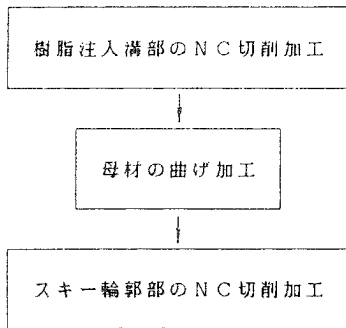


図3 工程

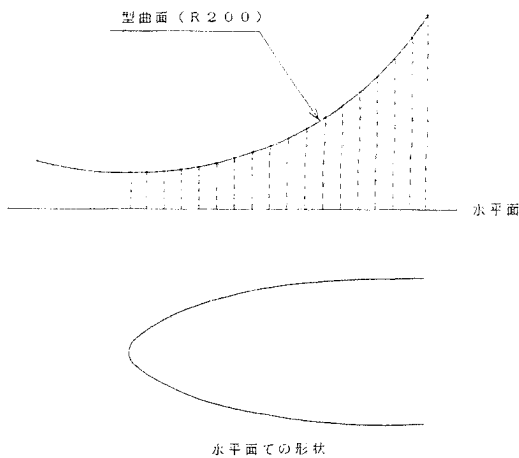


図4 スキー輪郭部加工形状

削加工し、次にワーク全体の曲げ加工を行い、最後にスキー輪郭部の切削加工をする工程で行うことにした。ここで曲げ加工の前にスキー輪郭部の切削加工まで行くと、曲げ加工のときにスキー輪郭部の端部が広がってしまう恐れがあるので上記の様にした。

スキー輪郭部の切削加工において、スキーの先端となる部分の加工断面は、曲面と垂直でなければならない。また形状模範との隙間は、0.2mm以下でなければならないという条件があった。この条件を満たし、かつ製作可能な方法として、図4のように3次元形状のスキー輪郭部をスキー先端部を水平面とする2次元平面に投影し、その平面形状を加工形状として行うことにした。またこの部分の加工においては、ワークを取り付けるために治具を使用することし、その治具も製作することにした。

### III 製作

#### 1 樹脂注入溝部の加工

型寸法に切断されたフラットなワークをテーブル上に平行台及び締め金具を用いて固定し、輪郭形状に従って加工プログラムを作成し、溝加工をした。このとき、プログラム作成及び加工準備時間を除いた加工時間（純加工時間と呼ぶ）は、約40分であった。

#### 2 曲げ加工

スキーの先端にそりをつけるため、型に曲げをつけるものであるが、この曲げ加工は、従来の加工法と変わらないので、A社で加工をした。（純加工時間約30分）

#### 3 スキー輪郭部加工用治具の製作

曲げ加工したワークは、バイスなどでは保持できないので、図5のような取り付け用の治具を製作した。

ワークの曲面部を固定する面（R200の部分）は、NCワイヤ放電加工機を用いて加工し、取り付けを確実にするため、固定用ボルト（8カ所）のネジ穴心が、曲面の中心に向くように製作した。製作時間は、延べ6日間であった。

#### 4 スキー輪郭部の加工

スキー輪郭部の図面は図6に示すように、曲面上のものを平面上に展開したもので、円周方向に沿ってあるピッ

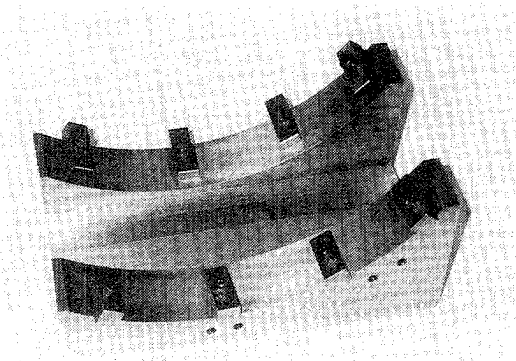


図5 ワーク取付け用治具

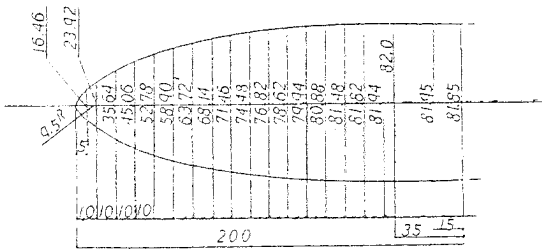


図6 図面

チでスキーの先端からの長さや幅が決まっている。

スキー輪郭部は実際には3次元形状であり、輪郭上の各点の座標も3次元座標(X, Y, Z)になるが、前述のように平面上に投影したものを加工形状として行うこととしたので、各点の座標は平面座標(X, Y)になる。

スキーの先端部を原点とし、Y座標は図面の寸法をそのまま座標に置き換え、X座標は図面の寸法を曲面に沿った円弧座標(x)にいったん置き換え、さらに次式により求めた(図7参照)。

Z軸方向

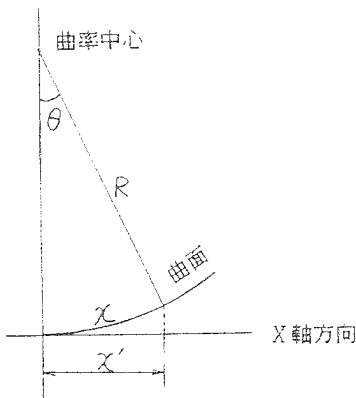


図7 加工平面上的X座標

$$x' = R \sin \theta$$

$$\theta = x/R \quad (\text{rad})$$

$x'$  : 加工平面上的X座標

$x$  : 図面上の各点のX座標(先端からの円弧の長さ)

$R$  : 曲面の曲率半径(200mm)

自動プログラミング装置を利用してこれらの座標点列を滑らかに結び、2次元の加工用輪郭プログラムを作成した。

この方法においては、ワークに厚みがなければ形状誤差はでないが、ワークに厚みがあるので誤差を生じる。そこでこの方法による形状の誤差についてみると、いま図8-aに示すように対物の下部が原点から $\theta_i$ をなす $P_i$ 部を切削するとき、ワーク上面部においては $R_i$ を切削することになり $\widehat{Q_i R_i}$ だけずれていることになる。ワーク上面部のこのずれを図面上で表すと図8-bの $\Delta x$ となり、 $\Delta y$ がこのときの加工誤差になる。この $\Delta y$ を次式により求めると

$$\angle Q_i P_i R_i = \theta_i$$

$$\widehat{Q_i R_i} = \widehat{P_i Q_i} \tan \theta_i = \Delta x$$

$$\Delta y = \Delta x \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}}$$

(曲線 $P_i P_{i-1}$ を直線と見なす)

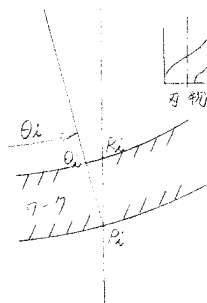


図8-a  
ワーク上面部のずれ

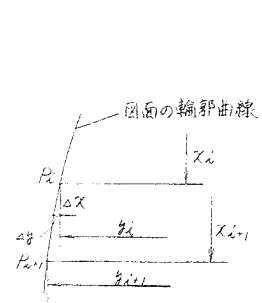


図8-b  
加工誤差

$P_i$	$X_i$ (mm)	$Y_i$ (mm)	$\theta_i$ ( $^\circ$ )	$\Delta X_i$ (mm)	$\Delta Y_i$ (mm)
$P_0$	0	0	0	0	0
$P_1$	5.0	8.230	1.433	0.0975	0.0727
$P_2$	10.0	11.960	2.865	0.1952	0.1456
$P_3$	20.0	17.820	5.730	0.3913	0.1843
$P_4$	30.0	22.530	8.595	0.5895	0.2275
$P_5$	40.0	26.390	11.460	0.7906	0.2419
$P_6$	50.0	29.450	14.325	0.9959	0.2400
$P_7$	60.0	31.860	17.190	1.2065	0.2666
$P_8$	70.0	34.070	20.055	1.4237	0.2363
$P_9$	80.0	35.730	22.920	1.6490	0.2737
$P_{10}$	90.0	37.390	25.785	1.8841	0.1928
$P_{11}$	100.0	38.410	28.650	2.1308	0.1918
$P_{12}$	110.0	39.310	31.515	2.3913	0.1678
$P_{13}$	120.0	39.970	34.380	2.6684	0.1254
$P_{14}$	130.0	40.440	37.245	2.9651	0.0890
$P_{15}$	140.0	40.740	40.110	3.2853	0.0559
$P_{16}$	150.0	40.910	42.975	3.6336	0.0218
$P_{17}$	160.0	40.970	45.840	4.0161	0.0241
$P_{18}$	165.0	41.0	47.273	4.2223	0.0053
$P_{19}$	185.0	40.975			

図9 形状誤差

となる。これを図面の各点について求めると図9のようになり、 $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$ ,  $P_7$ ,  $P_8$ ,  $P_9$ においては許容誤差を越えている。しかし本加工においては、スキーのエッジとなる型の下部の形状が重要であり、この方法では、下面部においては誤差がなく、最も誤差の大きい型上面部においても大きく外れてはいないのでこの方法で加工を行うことにした。

またこの加工プログラムは、刃物の形状（刃径16mm、刃長65mm）からまだ不十分であり、刃物等の干渉及び刃物の切削部分をも考慮して、図10のようにZ軸方向に階段状の切込みを入れた加工プログラムにした。

加工においては、コンターマシン（立型帯鋸盤）を使用し、削り代として2mmぐらいを残して輪郭部の粗どりを行い、これを製作した治具に取り付け、マシニングセンターで中削りおよび仕上げ削りをした（図11）。切削中に部分的にビビリを起こすところがあったが、これは刃物の径に対して突き出し量が多いことによるもの

であった（突き出し長さ70mm）。純加工時間は約1時間であった。

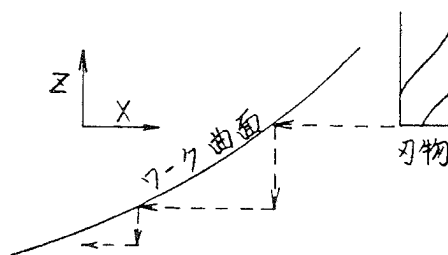


図10

最後に、本製作の取り付け用治具のNCワイヤ放電加工において、御協力いただいた本校の池田氏に厚くお礼申し上げます。

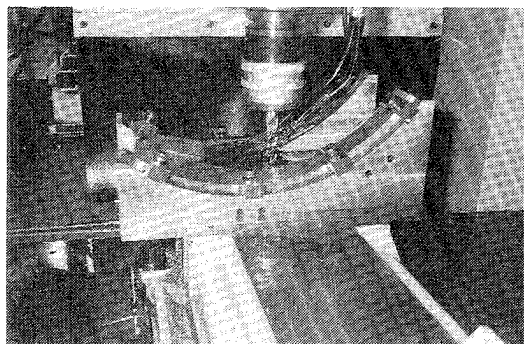


図11 スキー輪郭部加工状況

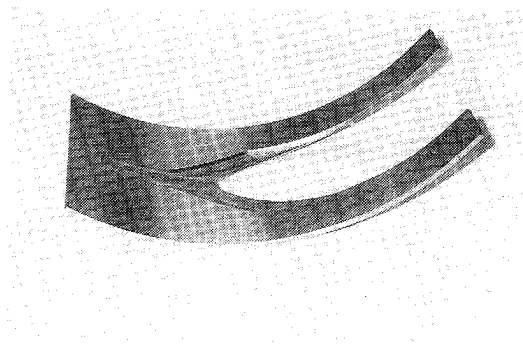


図12 試作品

#### IV まとめ

完成した試作品（図12）は、A社で検査したところ、スキー輪郭部の形状は、許容誤差範囲内であり、他の部分も問題はなく、実際に型として使用できるものであった。このことにより、NC機による加工を取り入れた新しい製作法で実用金型が製作できることが実証できたことになり、そして純加工時間においては、約10時間短縮できることが明らかになった。さらに本製作法で製作する場合の工程やそれぞれの作業内容、その作業時間など貴重な資料をA社に提供することができた。

今後A社では、本資料に基づきスキーの先端部はもとより、スキーの金型全体の製作法についてより具体的な検討ができるものとする。

さらに、今後の課題として次のものをあげる。

- (1) スキー輪郭部の検査を、模範型との隙間を測定する方法により行っているが、形状について定量的なデータが得られる方法を検討する。
- (2) スキー輪郭部を加工するために取り付け用治具を製作したが、治具製作に時間がかかるので、治具を使用しないで加工する方法についても検討する。
- (3) 加工プログラムの作成に、CAD/CAMシステムを活用してみる。

本製作を通じて、地域企業に協力をすることに對して、技術的に一つの自信を得るとともに、今後さらに地元企業と連携を取っていく第一歩が踏み出せたと考えている。

(注)

- (1) 青森スキー製作所（本社 青森市）

参考文献

- 岸 甫、野澤量一郎：NCプログラミング入門、日刊工業、1984年、P68-70