

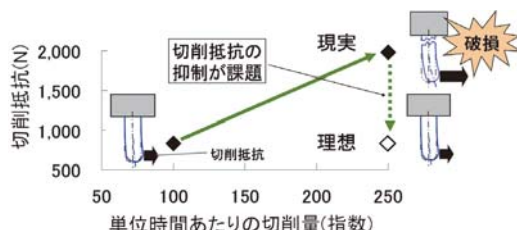
切削抵抗抑制による金型切削加工の効率化

Efficiency of the Mold Machining by Cutting Resistance Reduction

坂本 憲治 *1

1. はじめに

近年、金型製造のコスト低減を狙いに放電加工レスが高まり、切削加工時間の短縮が求められている。単位時間あたりの切削量を増やすことで、時間は短縮できるが、同時に切削抵抗も増加し、最悪は刃具破損を招く（図－１）。



図－１ 切削量と切削抵抗との関係

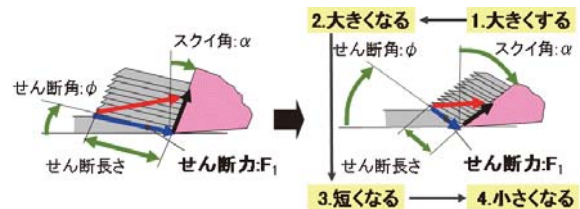
本報告では切削刃具のスキイ角と刃数を最適化することで、切削抵抗を大幅に抑制し、切削加工時間の短縮に繋げた事例について紹介する。

2. スキイ角の最適化

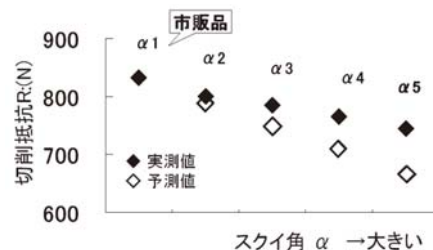
理論式（図－２）より、切削抵抗はせん断力で決まり、せん断力はせん断面積に比例することから、抵抗抑制にはせん断面積を小さくすることが有効である。¹⁾ ここでスキイ角の影響を推測した。スキイを大きくすると、せん断角も大きくなり、せん断長さが短くなる＝せん断面積が小さくなり、抵抗が下がるというもの（図－３）。実際にこれを検証した（図－４）。ここではスキイ角を５段階に変化させ、切削抵抗の予測値と実測値を

【切削抵抗:R】
 $R = F_1 + F_2$
 $F_1 = \tau \cdot S$
 $F_2 = F_1 \cdot \sin \theta \cdot \sqrt{1 + (\tan(\phi + \theta - \alpha))^2}$
 $= \tau \cdot ft \cdot Ad / \sin \phi$

図－２ ２次元切削抵抗理論式



図－３ スキイ角とせん断力との関係

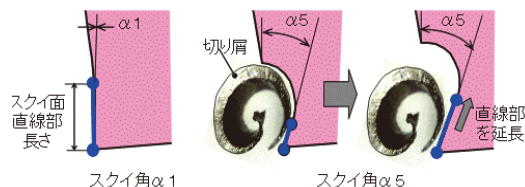


図－４ スキイ角と切削抵抗との関係

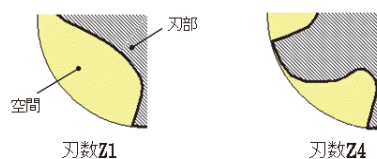
重ねると、スキイ角が $\alpha 2$ を越えると予測値ほど下がらなかった。スキイ角 $\alpha 1$ と $\alpha 5$ の刃先断面を比較すると（図－５）， $\alpha 5$ は直線部長さが短く、その先は切り屑と同じ曲率の円弧形状を描いていた（図－５中央）。この結果から、切り屑が生成する際に、刃面と干渉し、予期せぬ抵抗が発生したと判断し、直線部を延長させ（図－５右），

*1 Kenji Sakamoto 金型設備製造部 金型製造第1課

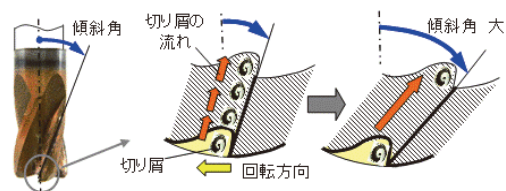
干渉を回避したところ、 $\alpha 5$ の抵抗値が予測値にほぼ一致した。しかし、 $\alpha 3$ を超えると刃先強度が限界に達したことから、スクイ角 $\alpha 3$ を最適値とした。



図－５ 刃先断面観察結果と切り屑干渉回避策



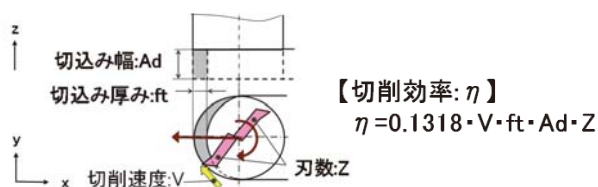
図－８ 刃具断面観察結果



図－９ 切り屑排出性向上対策

３．刃数の最適化

せん断面積を小さくする手段として、切込み厚みを小さくする方法もあるが、切削効率も低下する（図－６）。しかし、刃数が効率に比例することから、刃数と切込み厚みの関係を一定とし、刃数を増やすと切削抵抗が抑制できると推測し、実際にこれを検証した（図－７）。ここでは刃数を４段階に変化させ、切削抵抗の予測値と実測値を重ねると、刃数 $Z 3$ 以上では予測値ほど下がらなかった。



図－６ 切削効率理論式

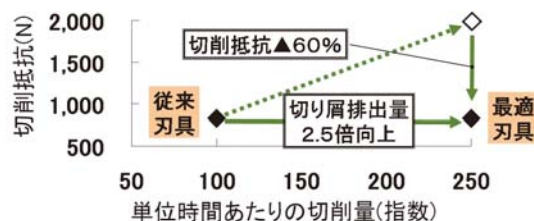


図－７ 刃数と切削抵抗との関係

刃数 $Z 1$ と $Z 4$ の刃具断面から、空間面積を比較すると（図－８）， $Z 4$ は面積が狭いことから、切り屑排出性の低下が原因と判断した。刃先強度上、面積は拡大できないため、軸からみた傾斜角を大きくし、切り屑排出性を向上させることで（図－９），刃数 $Z 3$ の抵抗値が予測値にほぼ一致した。しかし $Z 4$ では、刃具製作上の制約により実現できないため、刃数 $Z 3$ を最適値とした。

４．まとめ

スクイ角および刃数を最適化し、切削抵抗を従来比 60% 抑制できたことで、単位時間あたりの切削量が 2.5 倍向上した（図－１０）。



図－１０ 結果

５．おわりに

切り屑生成、排出といった現象が、切削抵抗に影響を及ぼすという理論にないものが発見できたことで、理想の加工が実現し、切削加工時間の短縮に繋がった。最後に理論についてご教示いただいた研究機関の方々に厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) Krystof, J., Grundlagen der Zerspanung, (1939), VDI-Verlag GmbH.

著 者



坂本憲治