

実践にも役立つ

第15回型技術Web基礎講習会

何度でも 基礎から学ぶ金型加工

～「切削シミュレーションと5軸加工」
・「工具とCAD/CAM」～

日時：2025年10月8日（水） 13:00 ～16:50

開催場所：オンライン講習（Teams会議室）

主催：(社)型技術協会

協賛：(社)日本金型工業会

金型の設計製作に携わる技術者の方々を対象とした基礎講習会です。

- ・入社1～2年程度の若手技術者の方々
- ・技術はわかっているけど理論を理解したい、もう一度基礎を固めたい中堅技術者や現場の方々

今回は金型加工に必要な技術や知識を講義でご紹介いたします。**これまでの基礎講習会の内容から少し発展し、基礎を固めつつ、実務内容にも応用いただける内容を含み、若手技術者だけでなく、中堅技術者から現場の方々にも適した構成**で行います。また**次回は基礎から応用まで考慮した対面による実演での1日基礎講習会を企画しております。**

是非、ご参加ください！

切削シミュレーションの基礎と5軸加工導入における利点と課題

講義の概要

■ 切削シミュレーションの基礎

- 切削加工とは
 - ✓ せん断角, 切削力の解析, 予測(計算)
 - ✓ 切削条件と切削力の関係
- 切削力のシミュレーション
 - ✓ エンドミル加工における種々の切削力モデル, 瞬間切削力モデル
 - ✓ パーチャルマシニングシミュレータへの展開
 - ✓ 市販の切削力シミュレーションツール

■ 5軸加工導入における利点と課題

- 5軸加工機の普及と導入の利点
 - ✓ 5軸加工の利点
 - ✓ バレル形エンドミルによる高効率・高品位の仕上げ加工
- 5軸加工導入における課題
 - ✓ 5軸加工における工具動作検証の難しさ
 - ✓ 5軸加工機の幾何誤差と幾何誤差補正
- 金型の高効率・高品位加工事例



Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

切削力の解析

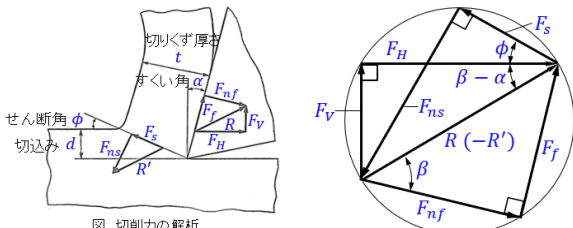


図 切削力の解析

R, R' : 切削力(切削抵抗)

F_H : 主分力 ← 実験で測定する

F_V : 背分力 ← 実験で測定する

F_s : せん断面におけるせん断力

F_{ns} : せん断面に対する垂直力

F_f : すくい面における摩擦力

F_{nf} : すくい面に対する垂直力

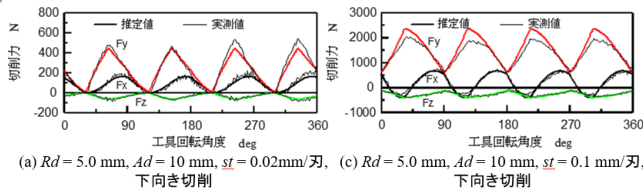
すくい面上の摩擦係数 μ , 摩擦角 β

$$\mu = F_f / F_{nf} = \tan \beta$$



Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

エンドミル加工の切削力シミュレーション



(a) $Rd = 5.0 \text{ mm}$, $Ad = 10 \text{ mm}$, $st = 0.02 \text{ mm/刃}$, 下向き切削
(b) $Rd = 10.0 \text{ mm}$, $Ad = 10 \text{ mm}$, $st = 0.05 \text{ mm/刃}$, 上向き切削
(c) $Rd = 5.0 \text{ mm}$, $Ad = 10 \text{ mm}$, $st = 0.1 \text{ mm/刃}$, 下向き切削

その他の実験条件

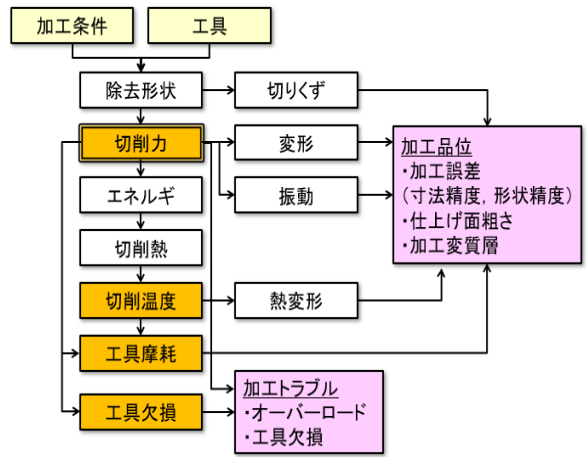
工具: HSSスクウェアエンドミル, 直径 20 mm, 4 枚刃, ねじれ角 30°

被削材: 炭素鋼 S55C

図 瞬間切削力の推定値と実測値の比較

Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

切削現象の解明に必要な切削力予測



切削力の解析手法

◆ 瞬間切削力モデル

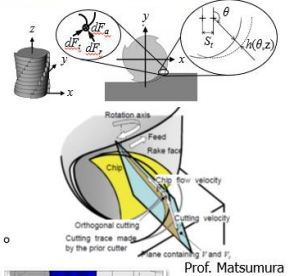
工具切れ刃と被削材との幾何学的関係から, 工具切れ刃の接触長さや被削材の切り取り厚などを求め, 切削力を予測する。... CutPro

◆ エネルギー解析法

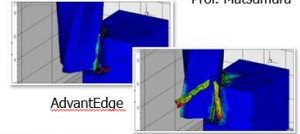
切削エネルギーが最小となる条件で切りくず流出方向を決定し, 2次元切削理論に基づいて切削力を予測する。

◆ 有限要素法

工具と被削材の応力やひずみを有限要素法で解析して, 切削力を予測する。切削温度や切りくずの形も予測できる。... AdvantEdge

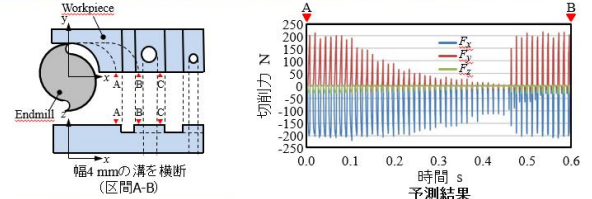


Prof. Matsumura

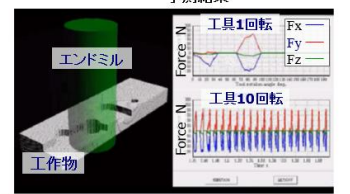


Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

加工形状と切削力の同時シミュレーション



Workpiece	A5052
Tool	Square end mill
Diameter	12 mm
Helix angle	30 deg.
Number of flutes	2
Cutting direction	Up cut
Axial depth of cut	2.0 mm
Radial depth of cut	6.0 mm
Spindle speed	2500 min^{-1}
Feed per tooth	0.13 mm



Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

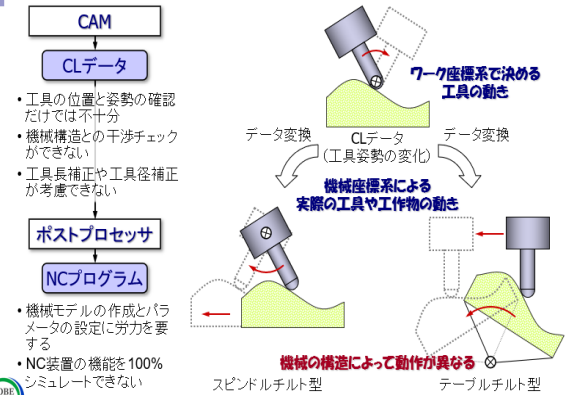
5軸加工の利点

- 複雑形状の加工(オーバーハング形状の干渉回避)
- 工具突出量の抑制による高効率加工
- 切削速度(周速)の改善による高品位加工
- 省段取り, 省ツーリングによる工程集約

	複雑形状の加工	工具突出量の抑制	切削速度(周速)の改善
3軸加工	 干渉発生	 長い工具突出し	 切削速度=0
5軸加工	 干渉回避	 短い工具突出し	 切削速度≠0

Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

5軸加工における工具動作検証の難しさ

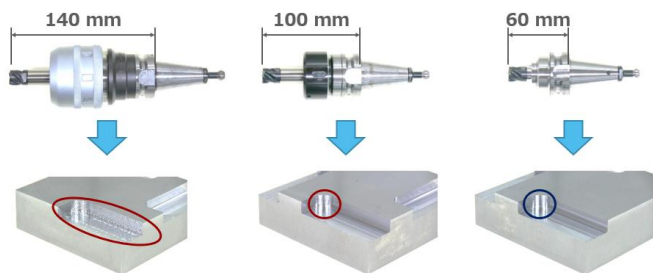


Keiichi SHIRASE, Professor Emeritus, Kobe University

金型加工における課題と解決策

1. 荒加工の高率化
2. びびりとその対策
3. 加工精度の向上
4. 穴/ねじの安定加工
5. 最適な加工方法

ツール長さの違いによるびびり



大事なのは見た目の太さだけでなくゲージラインからの突出し長さ

高精度に特化したボールエンドミル



長寿命のコーティングはもちろん、エンドミルの刃先や表面をしっかりと作り込むことで加工精度や鏡面具合の向上が可能

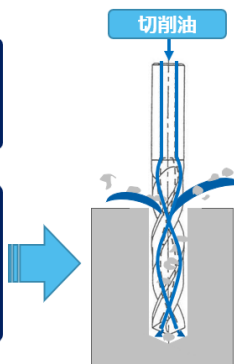
ドリル加工のポイント

■詰まりを防ぐため、切りくずを細かく分断する

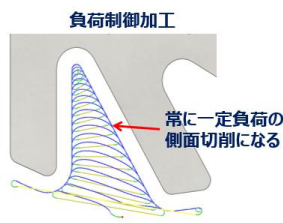
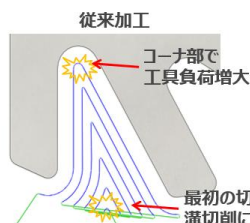
- 素材に適したドリルを使用する
- 素材に適した送り量にする

■内部給油を使用する

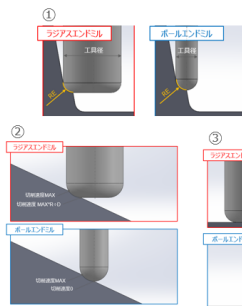
- 穴加工において基本的にはデメリット無し
- 切りくずをリフトアップ(強制排出)させる
- 切削点付近から切削油が供給されるため冷却性と潤滑性に優れる



負荷制御加工



荒加工の高率化

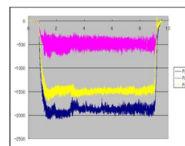
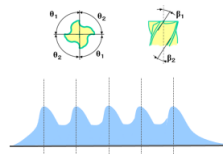


ラジアスエンドミル活用のメリット

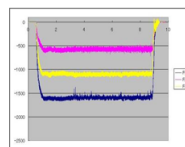
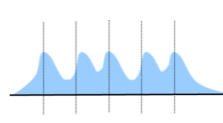
- ① Rサイズに関わらず工具径を大きくできる
切削速度や送り量を大きくでき、加工能率が向上
工具剛性が高くなり、たおれを小さく抑制
- ② 切削速度の変動が小さい
切削点によらず均一な加工面が得られやすい
- ③ 平面ピックを大きくとれる
平坦部での加工能率が高い
カスプライトが残らない

不等の効果

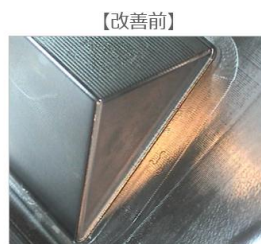
【等分割、等リード】
 $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4$
 $\beta_1 = \beta_2$



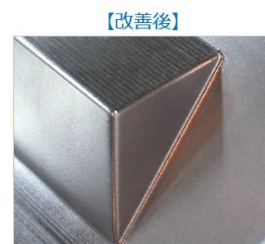
【不等分割、不等リード】
 $\theta_1 \neq \theta_2 \neq \theta_3 \neq \theta_4$
 $\beta_1 \neq \beta_2$



工程間による段差

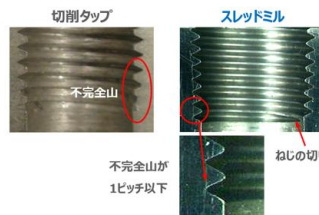


仕上工程、使用工具が多い



仕上工程、使用工具が少ない

スレッドミルのメリット



スパイラルタップの場合



スレッドミルの場合



	めねじ外観	円度測定結果
管用タップ		
スレッドミル		

凹凸面 設定:オペレーション 加工方向による違い

	仕上面	加工時間	パス	ワーク
等高線仕上	△	17分		
複合面沿加工	○	11分		

長手方向に加工することで仕上げ面良好・加工時間短縮