

ステンレス鋼(SUS304)の穴加工

— 産業技術総合研究所と中国・四国・九州地域公設研究機関による平成15年度共同加工試験 —

山内章広、羽地龍志、棚原 靖

独立行政法人産業技術総合研究所中国センターの前身である経済産業省産業技術総合研究所中国工業技術研究所は、平成12年度に中国地域5県の金属切削企業を対象としてアンケート調査を実施した。調査の中で、「未経験の仕事が来た場合に適切な切削工具・切削条件を調べられる無料ホームページの利用希望」を尋ねたところ、約2/3の企業から「利用したい」または「内容により利用したい」との回答が得られた¹⁾。

共同加工試験は上記の企業ニーズに対応するため中国センターと中国・四国・九州地域の公設研究機関が共同で実施したものであり、得られたデータは産業技術総合研究所が運営する「テクノナレッジ・ネットワーク（中小製造業のものづくりを支援する技術情報サイト）：<http://www.techno-qanda.net/dsweb/>」に登録され、「加工技術データベース」として検索が可能である。

1 はじめに

アンケートの結果、企業ニーズが比較的多い「工作物」・「加工法」の組み合わせは「ステンレス鋼」の「穴加工」であった。これはステンレス鋼の穴加工が企業においては依然困難とされていることを反映している¹⁾。各研究機関では、それぞれの所有機器やその性能などを考慮して、「ドリル加工（穴加工）」、「エンドミル加工」、「正面フライス加工」の中から加工方法を選択し、独自の加工条件を設定して試験を行った^{2), 3)}。

当センターは、昨年度⁴⁾に引き続きステンレス鋼SUS304（以下、SUS304と示す）の穴加工を担当し、工具摩耗、加工穴の位置精度および直径拡大量などについて検討した。

2 試験方法

2-1 試験材料

試験材料にはSUS304を用いた。工具には直径3mmのTiCNコーテッド粉末ハイスを用いた。

2-2 使用機器

試験に用いた機器および測定機を表1に示す。切削試験には立形マシニングセンターを用い、工具の摩耗状態の観察にはデジタルマイクロスコープ、加工穴の座標測定および直径測定には三次元測定機を用いた。

2-3 試験条件

試験方法を図1に示す。供試材の形状はw100×t60×h20mmであり、長手方向（100mm）をマシニングセンターのX軸に平行に固定し、下穴加工無しの湿式加工を行った。工具の突き出し長さを25mm、加工深さを9mm（工具直径の3倍）、引き戻し高さを2mmとした。加工は工具が折損するか、あるいは加工穴数100個で終了とした。

試験条件を表2に示す。送り速度を0.05mm/rev一定とし、回転数については昨年度の試験結果⁴⁾を参考に3条件とした。また、ステップ送りに関して3条件を設定した。

表1 使用機器

	機器名	メーカー名	型式
加工機	立形マシニングセンター	株式会社 松浦機械製作所	FX-1
測定機	デジタルマイクロスコープ	株式会社 キーエンス	VH-7000
	三次元測定機	株式会社 ミットヨ	Super FN905

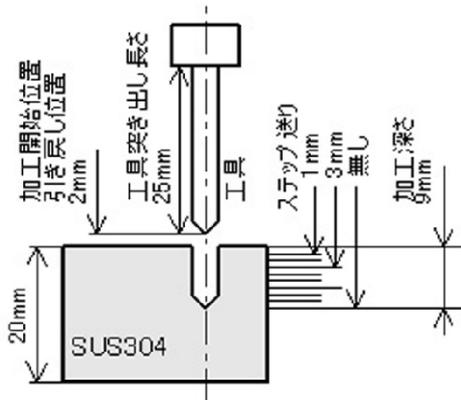


図1 試験方法

表2 試験条件

回転数	切削速度	ステップ送り	送り速度	加工深さ	切削
min-1	m/min	mm	mm/rev	mm	
1,250	11.8	無し	0.05	9	wet
		3			
		1			
900	8.5	無し			
		3			
		1			
600	5.7	無し			
		3			
		1			

メーカー推奨回転数：2,500m⁻¹

2-4 評価項目

以下の3項目について観察・測定を行った。

<工具摩耗>

加工試験前と加工終了後における工具先端やエッジ部の摩耗やチッピングの状況を観察し、工具の延命に有効な回転数を検討した。

<位置精度>

加工穴数が増加に伴って工具先端が摩耗し加工穴の位置決め精度が低下することから、加工した穴の中心位置を測定することにより位置精度を評価した。また、目標位置に対して加工穴が概ねどのような位置に集中する傾向があるのか把握するために、X、Y座標値の中央値（メジアン）を用いた。測定は被削材上面より1mm（Z=-1）の位置で行った。

位置精度の評価時には「機器が持つ誤差：機差」を考慮する必要がある。そのためにSUS304の穴加工前にアクリル材の穴加工を数回行って切削抵抗が無い状態における加工穴の座標を測定し、穴の加工目標位置とアクリル材の穴の位置の差を「機差」として用いることにした。

<直径拡大量>

切り屑の排出性や工具摩耗などの影響を受けて推移する加工穴直径に関しては、アクリル材に開けた穴の直径を「初期の工具直径」とし、初期の工具直径と被削材の穴直径の差を用いて検討した。

3 試験結果

3-1 工具摩耗

図2に各回転数毎の工具刃先の摩耗状態を示す。

1250 m^{-1} の場合、ステップ送り設定の有無に関わらず100個まで加工が可能であった。いずれの条件においてもエッジ部が摩耗しているがチッピングの発生や切り屑の溶着などはみられないことから、工具寿命には達していないと考えられる。この場合、ステップ送りの違いによる顕著な差はみられなかった。

900 m^{-1} の場合、全ての加工条件において100個まで加工が可能であったが3条件ともチッピングが発生していた。特にステップ送り3mmの工具のチッピング発生がひどく、工具先端の摩耗も著しい。

600 m^{-1} の場合、ステップ送り1mmとした条件において95個目の穴を加工中に工具が折損した。100個まで加工できた他の2条件のエッジ部の摩耗は少ないが、ステップ送り3mmを用いた条件で著しいチッピングの発生が確認でき、工具先端の摩耗も著しい。工具先端の摩耗の進行によって切削能力が低下すると、被削材との摩擦熱が発生するほか、位置決め精度の低下による工具の振れが発生すると考えられることから、ステップ送り3mm

の条件においても加工限界が近いと予想できる。

工具摩耗やチッピング発生の程度から、回転数を1250 m^{-1} とした加工条件が工具の延命に有効であるといえる。また、ステンレスは切削加工によって加工硬化するといわれていることや工具の摩耗状態の観察から、ステップ送りをを用いない加工法あるいはステップ送り回数が少ない加工法がより多くの穴加工が可能であると推測される。

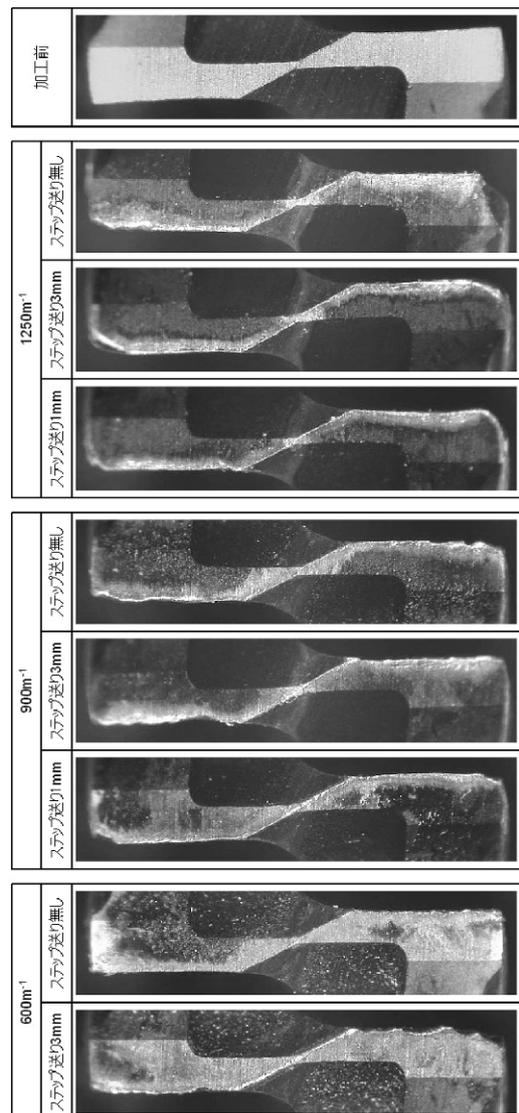


図2 摩耗状態

3-2 位置精度

図3に加工穴の中心座標の分布図を示す。図中の中心は機差を考慮した場合の加工目標位置である。

1250 m^{-1} の場合、目標位置に対する加工穴の位置はX軸のマイナス側、Y軸のマイナス側となる傾向がある。900 m^{-1} の場合においても、X軸・Y軸ともにマイナス側であり、600 m^{-1} では、ステップ送り1mmの条件を除い

てX軸のプラス側、Y軸のマイナス側となった。

回転数 600m^{-1} 、ステップ送り 1mm の場合の位置決め精度はばらつきが大きく、特に80個目以降は顕著であった。この条件は95個目を加工中に工具が折損していることから、工具折損の直前には位置精度が著しく低下する前兆があることがわかった。

各回転数における「ステップ送り」の違いが位置精度に及ぼす影響を把握するために有意水準5%でT検定を行っ

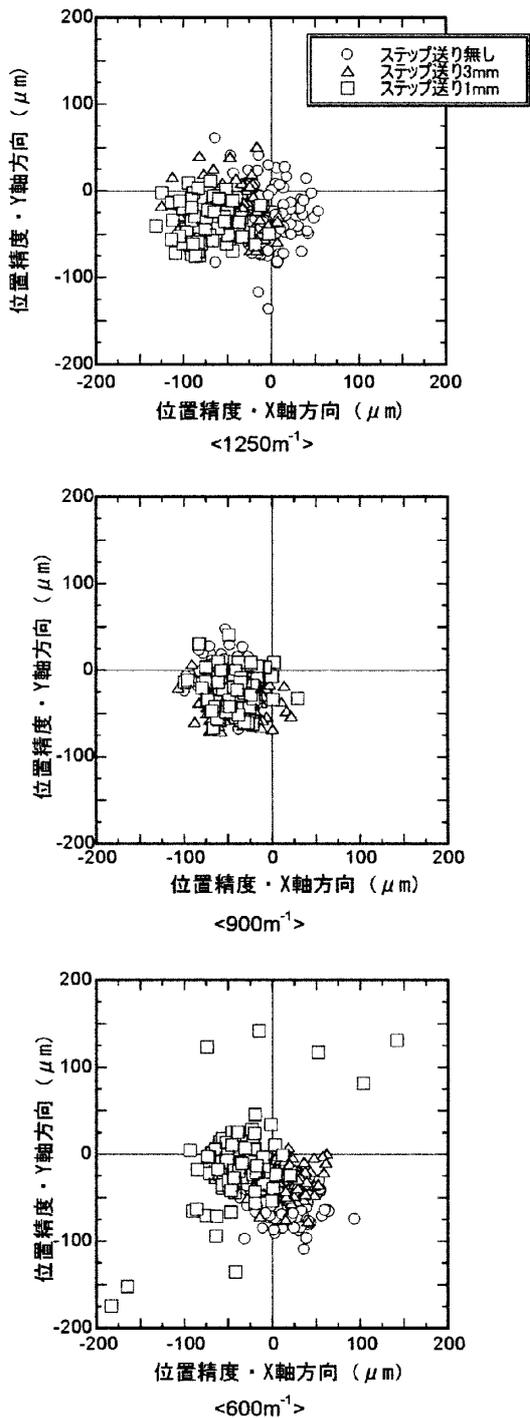


図3 位置精度

たところ、ステップ送りに差があるとはいえなかった。このことから、各条件で見られた分布の傾向の要因として、測定時の誤差や当センター所有のマシニングセンターの繰り返しの位置決め精度など機器の特性などが考えられる。

3-3 直径拡大量

図4にそれぞれの加工条件における加工穴数と穴直径拡大量との関係を示す。

1250m^{-1} では100個目までの穴加工を通してステップ送り 1mm とした条件の直径拡大量が安定し、その他の2条件はほぼ同等の拡大量で推移している。 1250m^{-1} の場合、いずれのステップ送り条件においても工具のエッジ部摩

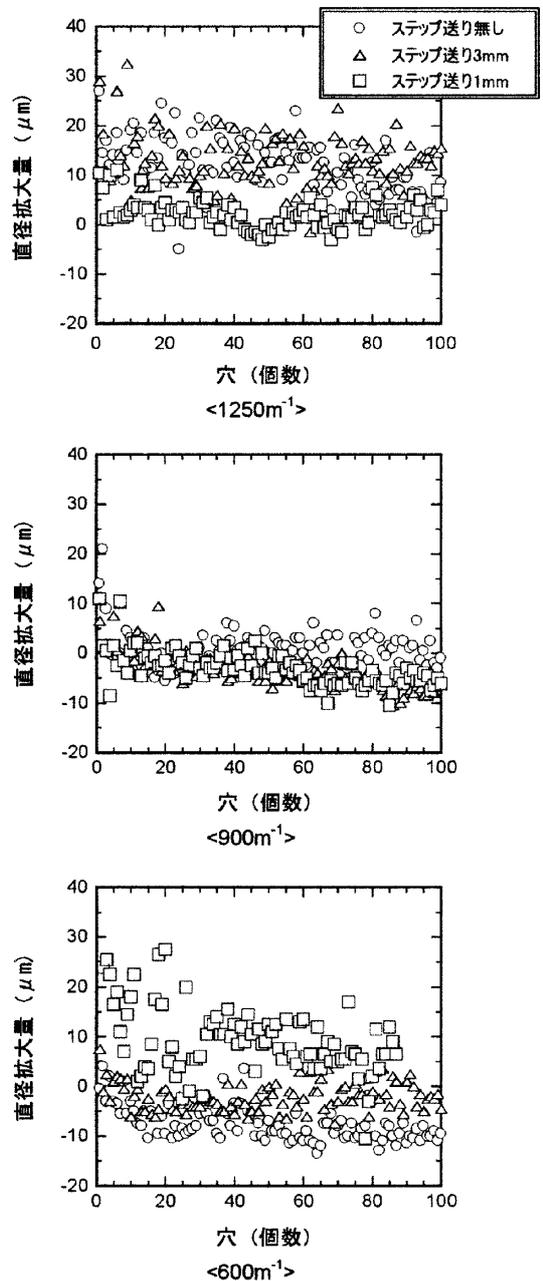


図4 直径拡大量の推移

耗が比較的少なく、切り屑の排出性の影響が重要な因子として挙げられる。ステップ送り 1 mmは切り屑を除去する回数が最も多いので切り屑の排出が良好だったと推測できる。

900 m^{-1} の場合、1250 m^{-1} と比較して全体的に拡大量が少ない。切り屑の排出が良好に行われたと考えられるが、チゼル部の摩耗が著しく、さらにチップングが発生していたステップ送り 3 mmの条件における拡大量がマイナス側で推移していることから、工具摩耗によって直径が減少していたといえる。

600 m^{-1} の場合、95個目の加工中に折損したステップ 1 mmの拡大量が他の 2 条件と比較して大きい。この要因として、加工初期における工具先端の著しい摩耗あるいは工具取付時の工具の振れによって位置決め精度が低下したことが挙げられる。

4 まとめ

今回の試験から以下の結果が得られた。

- ①工具摩耗は回転数を1250 m^{-1} とした条件が摩耗が最も少なく、さらにステップ送りをを用いない加工あるいはステップ送りの回数が少ない加工が工具の延命に有効である。
- ②加工穴の位置精度に対して、ステップ送りに差があるとはいえない。また工具折損の直前には位置精度のばらつきが大きくなる傾向がある。
- ③工具摩耗が比較的進行していない範囲では、加工穴の直径拡大量はステップ送りに依存する。切り屑の排出性が良いと考えられるステップ送り 1 mmにおいて最も安定した結果が得られた。

参考文献

- 1) 経済産業省 産業技術総合研究所 中国工業技術研究所 産学官連携推進センター 「中国地域ものづくり技術調査」報告書
- 2) 独立行政法人 産業技術総合研究所 産学官連携部門 中国産学官連携推進センター ものづくり基盤技術支援室 平成14年度中国・四国・九州機械技術担当者会議資料共同加工試験集計結果
- 3) 独立行政法人 産業技術総合研究所 産学官連携部門 中国産学官連携推進センター ものづくり基盤技術支援室 産業技術総合研究所と中国・四国・九州地域公設研究機関による平成15年度共同加工試験報告書
- 4) ステンレス鋼 (SUS304) の穴加工－産業技術総合研究所と中国・四国・九州地域公設研究機関による平成14年度共同加工試験－ 沖縄県工業技術センター 平成14年度研究報告

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。