

## 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 —

羽地龍志、棚原 靖、山内章広

共同加工試験は、独立行政法人 産業技術総合研究所 中国センター（以下、「中国センター」と示す）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が平成12年度に中国地域5県の金属切削企業を対象として実施したアンケート調査結果<sup>1)</sup>をもとに、中国センターと中国・四国・九州地域公設研究機関が共同で実施したものである。

各研究機関では所有する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<sup>2)</sup>。当センターはステンレス鋼 SUS304 の穴加工を担当し、加工した穴の加工精度などについて検討した。加工試験では、加工穴数の増加に伴って穴中心位置と加工目標座標の差が大きくなるなどの結果が得られた。

### 1 試験内容

中国センターが実施したアンケートの結果、企業ニーズが比較的多かった「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、一般にステンレス鋼の加工は炭素鋼よりも困難とされていることや、穴加工はフライス切削や旋削よりも加工が困難とされていることを反映していることである<sup>3)</sup>。

当センターではステンレス鋼 SUS304（以下、「SUS304」と示す）の穴加工を行い、加工穴の位置精度、直径拡大量および工具摩耗などについて検討した。

### 2 試験材料

試験材料には、表1に示す SUS304 および一般構造用圧延鋼材 SS400（以下、「SS400」と示す）を用いた。また、工具には直径 3mm の TiCN コーテッド粉末ハイスおよび TiAlN コーテッド超硬を用いた。

### 3 使用機器

試験に用いた機器および測定機を表2に示す。切削試験には立形マシニングセンターを用い、工具先端摩耗状態の観察にはデジタルマイクロスコップ、加工穴位置座標測定には三次元測定機を用いた。

### 4 試験方法

#### 4-1 試験条件

試験方法を図1に示す。供試材の形状は w100 × t60 × h19mm 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、湿式での加工を行った。工具の突き出し長さを 25mm、ステップ送りを 1mm、加工深さを 9 mm (3D)、引き戻し高さを 2mm、目標加工穴数は 100 個とした。

試験条件を表3に示す。送り速度を 0.05mm/rev 一定

表1 被削材料と使用工具

被削材料	①	材料	ステンレス鋼(SUS304)
		硬度(HV0.3)	268
		形状(mm)	100 × 60 × 19t mm
		前加工	研削
②		材料	一般構造用圧延鋼材(SS400)
		硬度(HV0.3)	202
		形状(mm)	100 × 60 × 19t mm
		前加工	研削
工具	①	材質	TiCNコーテッド粉末ハイス
		工具径	φ3mm
	②	材質	TiAlNコーテッド超硬
		工具径	φ3mm

表2 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ップ	株式会社 キーエンス	VH-7000
	三次元測定機	株式会社 ミツトヨ	Super FN905

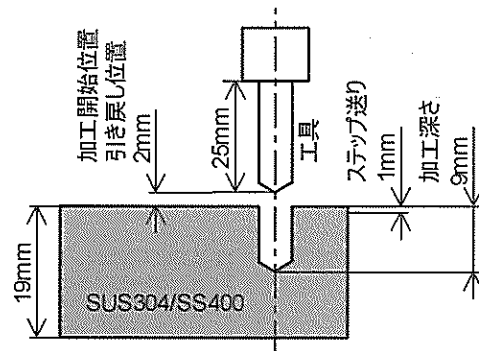


図1 試験方法

表3 試験条件

使用工具	被削材	回転数	切削速度	送り速度	加工深さ	切削	ステップ
		min-1	m/min	mm/rev	mm		
TiCNコーテッド粉末ハイス	SS400	4,200 メーカーカタログ値	39.6	0.05	9	wet	1
	SUS304	2,500 メーカーカタログ値	23.6	0.05	9	wet	1
		1,250	11.8	0.05	9	wet	1
TiAlNコーテッド超硬	SS400	8,000 メーカーカタログ値	75.4	0.05	9	wet	1
	SUS304	3,200 メーカーカタログ値	30.2	0.05	9	wet	1
		1,600	15.1	0.05	9	wet	1

とし、回転数は各工具メーカーのカタログ値を参考に推奨回転数とその半分の回転数の2水準とした。

#### 4-2 測定項目

工具先端の摩耗が穴の位置精度に及ぼす影響を検討するために、加工目標位置（X、Y座標値）と被削材に加工した穴の中心位置との差（直線距離）を求めた。加工穴数の増加と共に推移する穴直径に関しては、試験に際して、切削抵抗の無いアクリル材の穴加工を行い、アクリル材に開けた穴の直径（これを工具直径とした）と、被削材の穴直径を比較することにより検討した。

また、SUS304 よりも切削抵抗が小さいと思われるSS400の穴加工を行って、各測定項目の比較材料とした。

### 5 試験結果

#### 5-1 TiCNコーテッド粉末ハイスによる穴加工

TiCNコーテッド粉末ハイスを用いた穴加工における加工穴の位置精度と加工穴数の関係を図2に示す。比較材料であるSS400の穴加工の場合、加工した穴の中心座標と加工目標座標との差は加工初期から目標加工穴数100個までを通して約20 $\mu$ m前後で推移していること

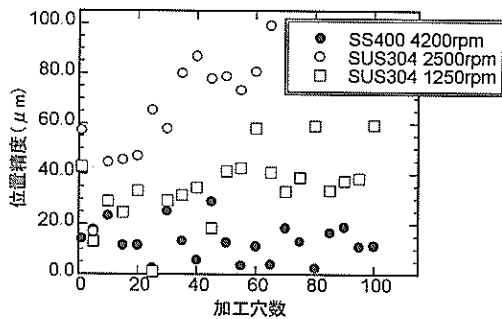


図2 位置精度と加工穴数の関係

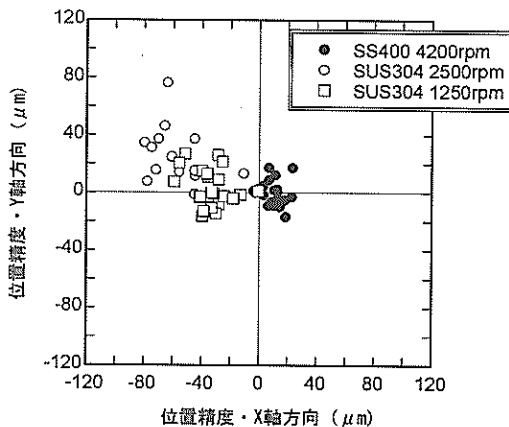


図3 位置精度

に対し、SUS304の穴加工では加工穴数の増加に伴って加工目標座標からの差が大きくなる傾向がある。この傾向は回転数を高く設定した加工条件ほど顕著であった。

図3に加工穴の中心座標測定結果を示す。SS400の加工穴は目標位置近傍に集中しているが、SUS304ではX軸方向のマイナス側、Y軸方向のプラス側の差が生じている。回転数を高く設定した加工条件ほど差が大きい。

図4に工具刃先の摩耗状態を示す。SS400に対して目標加工穴数100個まで穴加工を行った工具の刃先には顕著な摩耗は見られず、加工限界には達していないと考える。SUS304の穴加工の場合、1,250回転で加工した刃先のコーナー部に若干の摩耗が確認できるが目標加工穴数100個まで加工可能であった。2,500回転の場合では刃先は著しく摩耗し、コーナー部は完全に欠損している。また、刃先には切削屑が剥離せずに付着している。この条件での加工は、加工穴数65個目以降切削抵抗が大きく切削困難であったため試験を中断した。

それぞれの加工条件における加工穴数と穴直径の拡大との関係を図5に示す。SS400およびSUS304（1,250回転）の場合、穴直径の拡大量は加工目標穴数100個まで約10 $\mu$ m以内で収まっているが、SUS304の2,500回

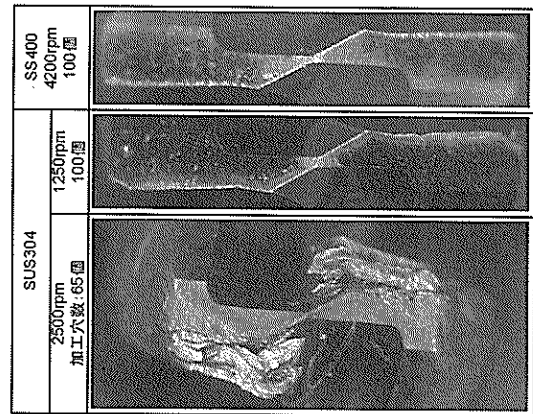


図4 工具刃先摩耗状態

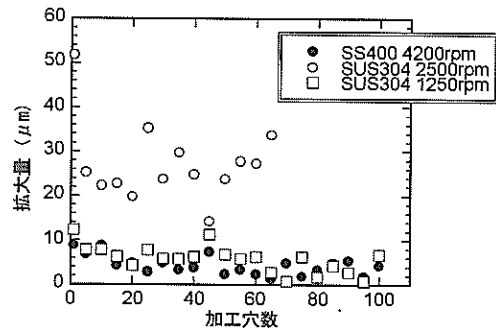


図5 加工穴直径拡大量

転とした場合、拡大量が著しく大きく、またばらつきも大きい。1 mm のステップ送りをしているにもかかわらずこの様な挙動を示す一要因として、図4の刃先の摩耗状態写真からもわかるように切削屑が刃先から十分に剥離せず、構成刃先の働きをすすると思われる。

### 5-2 TiAlNコーテッド超硬による穴加工

TiAlN コーテッド超硬を用いた穴加工における位置精度の測定結果を図6に、各加工条件における加工目標からの差を図7示す。

SS400 における穴の中心座標と加工目標座標との差は約 20  $\mu\text{m}$  前後で推移し、目標加工数 100 個まで加工可能であった。また、加工穴の位置は目標位置よりも Y 軸のマイナス側に集中している。SUS304 の加工の場合、回転数を 1,600 回転とした加工では目標位置からの差は SS400 の場合よりも小さい傾向を示すが、加工穴の位置はばらつきが大きく 75 個目の穴加工中に工具が折損した。回転数を 3,200 回転とした条件では、5 個目の穴加工中に折損した。このように比較的早期に工具が折損する原因として、工具先端摩耗によって位置決め精度の低下することや切削屑の排出性の低下などが挙げられる。

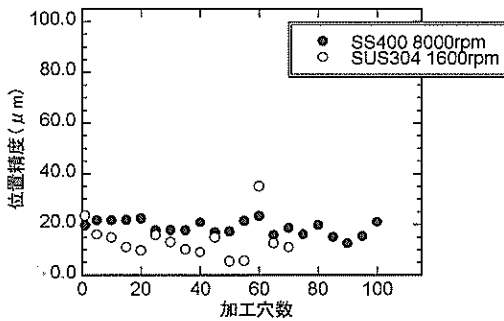


図6 位置精度と加工穴数の関係

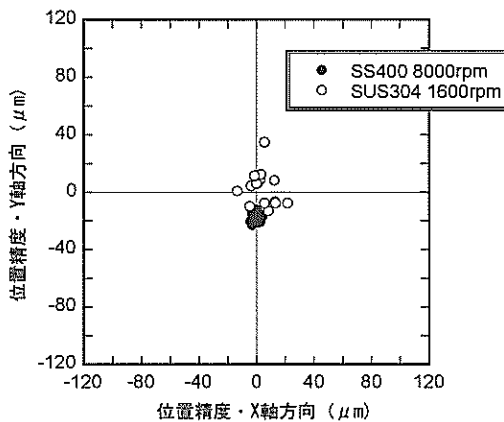


図7 位置精度

SS400 に対して 100 個の穴加工を行った刃先の摩耗状態写真を図8に示す。刃先はほとんど摩耗しておらず加工限界に達していない。SUS304 を加工した工具は加工途中で折損したため刃先の摩耗状態の観察は不可能であったが、著しい摩耗が生じていたことが予想される。

それぞれの加工条件における加工穴数と穴直径の拡大量との関係を図9に示す。SUS304 に施した穴の拡大量が SS400 の拡大量よりも小さい。

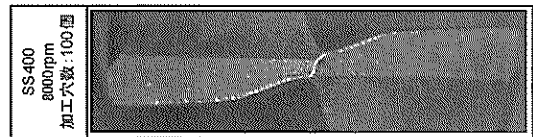


図8 工具刃先摩耗状態

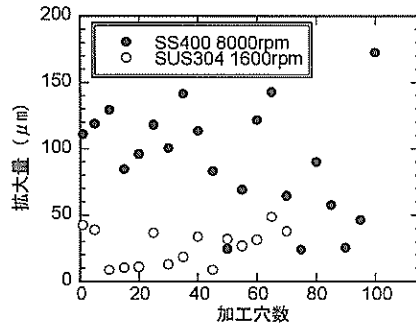


図9 加工穴直径拡大量

## 6 まとめ

2 種類の工具（直径 3mm）を用いた SUS304 の穴加工から以下の結果を得た。

- ① 加工穴数が増えるに従って、穴中心位置と加工目標座標の差が大きくなる。
  - ② 加工穴数の増加に伴って、穴直径の拡大量が増大し、ばらつきも大きくなる。
- 上記①、②の傾向は回転数が大きいほど顕著である。

平成 15 年度共同加工試験への参加を予定しており、穴加工に関して引き続き検討を重ねる予定である。

## 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

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。