

# ステンレス鋼 (SUS316及びSUS430) 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17年度共同加工試験－

山内章広 當間進一

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」との結果が得られた<sup>1)</sup>。

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。登録されている論文は194論文(H18.3.31現在)を数え、月のアクセス数が約40,000件と多くの方に利用されている。

## 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<sup>1)</sup>。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。

当センターは、ステンレス鋼 SUS316 及び SUS430 (以下、SUS316 及び SUS430 と示す) の穴加工を担当し、切削抵抗、加工穴の変化および工具摩耗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 SUS316 及び SUS430 を用いた。工具には直径 3mm の TiCN コーテッド粉末ハイス、TiAlN コーテッドハイス、TiAlN コーテッド超硬を用いた。

### 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、切削抵抗の測定には動力計、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 × h8.5mm であり、長手方向 (100mm) をマシニングセンターの Y 軸に平行に固定し、下穴加工無しの湿式加工を行った。ドリルの突き出し長さはコーテッド粉末ハ

イス(以下、「粉末ハイス」と表す)及び超硬を 25mm、コーテッドハイス(以下「SUS 用ハイス」と表す)を 35mm、加工深さを 8.5mm 及び目標加工穴数を 200 個とした。

表1 使用機器

	機種名	メーカー名	型式
加工機	マシニングセンター	株式会社ヤマザキマザック	V-550
	4成分動力計	キスラー	9272
測定器	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	株式会社ミツトヨ	Super FN905

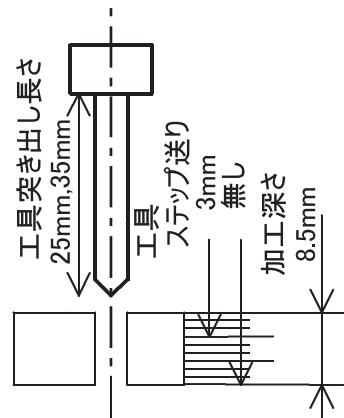


図1 試験方法

使用工具	被削材	切削速度	送り速度	加工深さ	切削	ステップ
		m/min	mm/rev			
TiCN コーテッド 粉末ハイス	SUS316	10	0/05	8.5	wet	無し 3mm
	SUS430	10	0.05	8.5	wet	無し 3mm
TiAlN コーテッド ハイス	SUS316	10	0.05	8.5	wet	無し 3mm
	SUS430	14	0.05	8.5	wet	無し 3mm
TiAlN コーテッド 超硬	SUS316	21	0.05	8.5	wet	無し 3mm
	SUS430	21	0.05	8.5	wet	無し 3mm

## 2-4 評価項目

以下の3項目について観察・測定を行った。

### 〈切削抵抗〉

加工特性を検討するため加工時におけるスラスト方向の切削抵抗を動力計を用いて測定した。

### 〈穴径の変化〉

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、3次元測定機を用いて測定した。

### 〈工具摩耗〉

加工試験前と加工穴数 20 個ごとに工具先端（チゼル部）やエッジ部の摩耗やチッピングの状況を、デジタルマイクロスコープを用いて観察した。

## 3 試験結果

### 3-1 切削抵抗

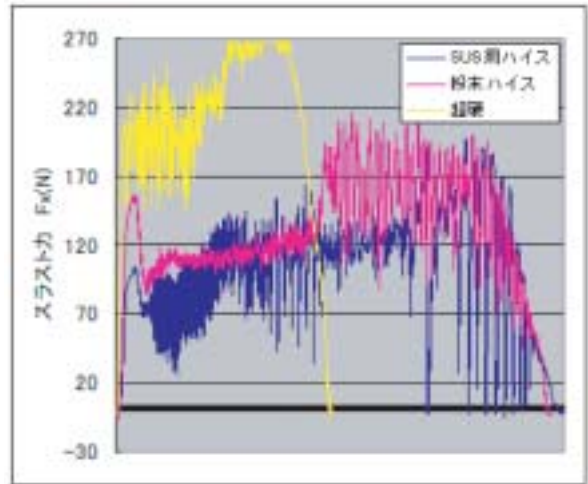
加工特性を検討するため加工時における切削抵抗を測定した。それぞれの加工条件における切削抵抗波形を図2、3、4、5に示す。

図2において、ステップ送りをを用いない加工（以下、「Non-Step加工」と表す）では、被削材にドリルが食い付く時、すべての工具において抵抗値が急激に増加している。抵抗値は超硬が最も高く、粉末ハイス、SUS用ハイスの順番となった。

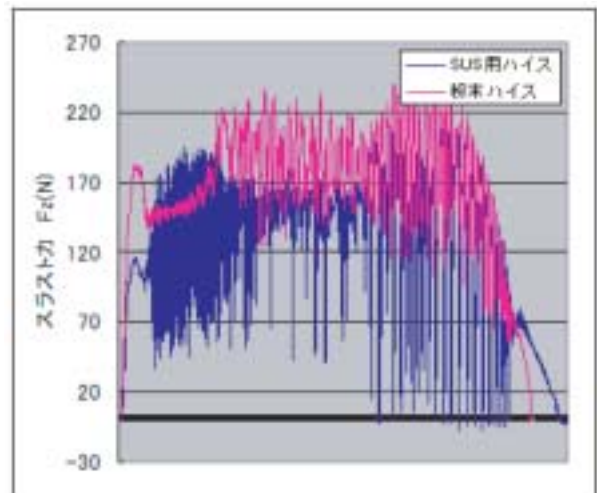
図3において、ステップ送り 3mm の加工（以下、「Step加工」と表す）の場合、Non-Step加工と同じように、抵抗値は超硬が最も高く、粉末ハイス、SUS用ハイスの順番となった。加工穴数の増加による切削抵抗の増加が、SUS用ハイス及び粉末ハイスで確認できた。

図4において、抵抗値は超硬が最も高く、粉末ハイス、SUS用ハイスの順番となった。すべての工具において、加工穴数が増加しても抵抗値に変化はほとんどなかった。

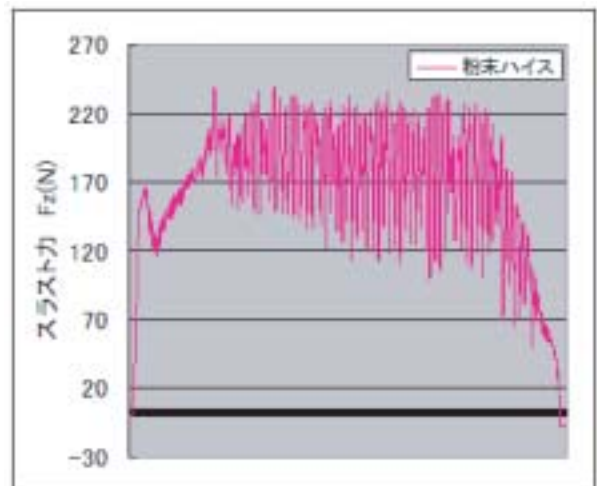
図5において、抵抗値は粉末ハイス、SUS用ハイスの順となった。また、粉末ハイスでは、加工穴数の増加による切削抵抗の増加は見られなかった。



1個目

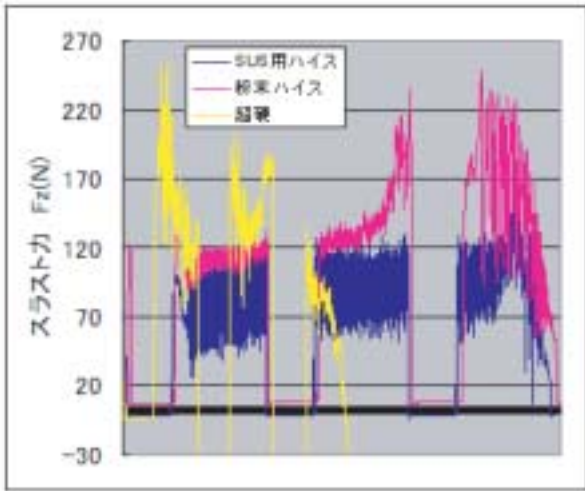


40個目

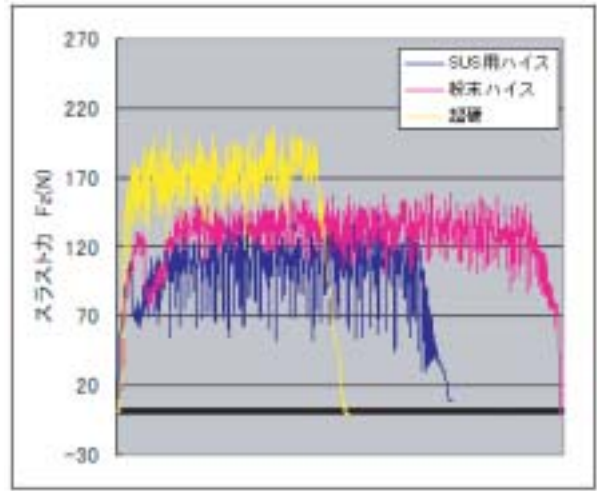


200個目

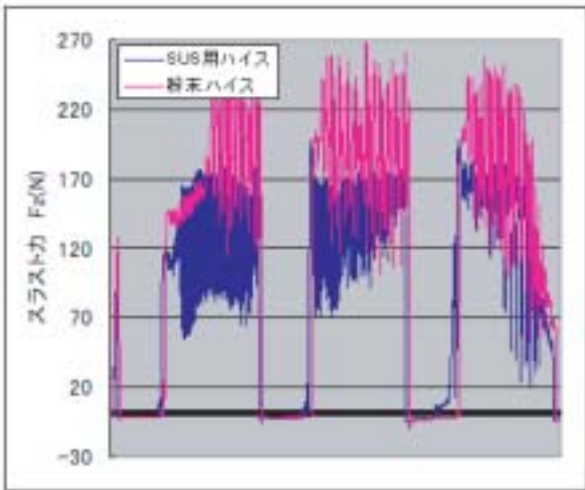
図2 切削抵抗波形 (SUS316 Non-Step加工)



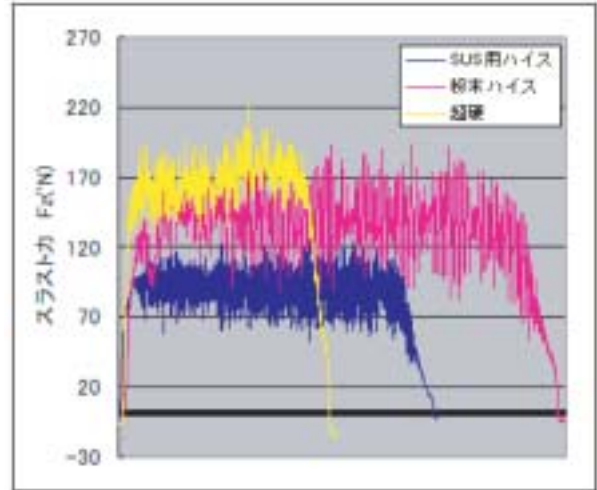
1個目



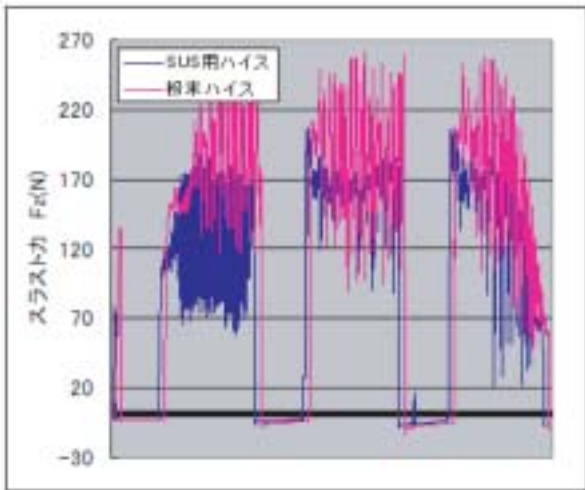
1個目



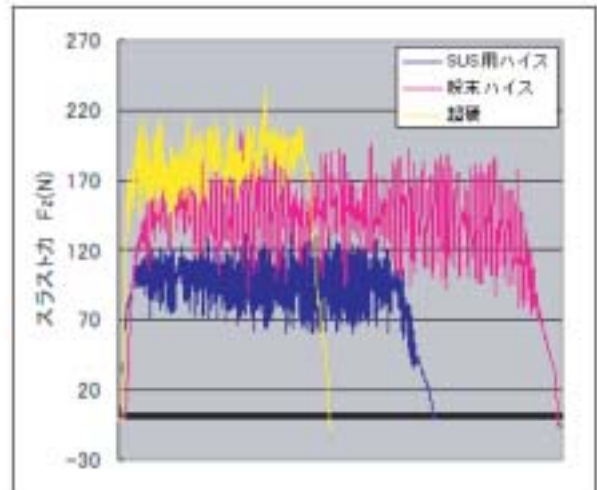
100個目



100個目



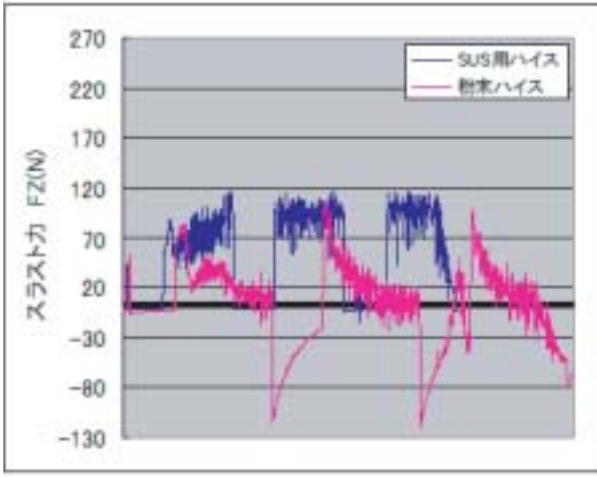
200個目



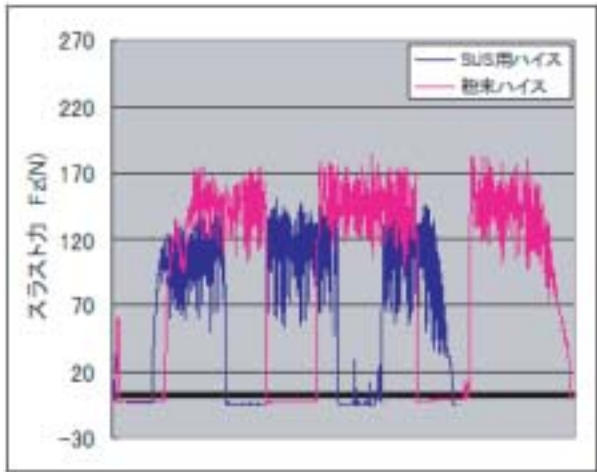
200個目

図3 切削抵抗波形(SUS316 Step加工)

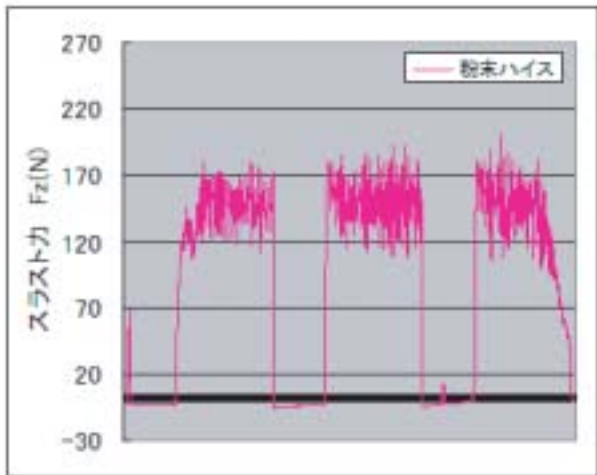
図4 切削抵抗波形(SUS430 Non-Step加工)



1個目



100個目



200個目

図5 切削抵抗波形(SUS430 Step加工)

### 3-2 穴径の変化

それぞれの加工条件における加工穴数と穴径の変化を図6、図7に示す。

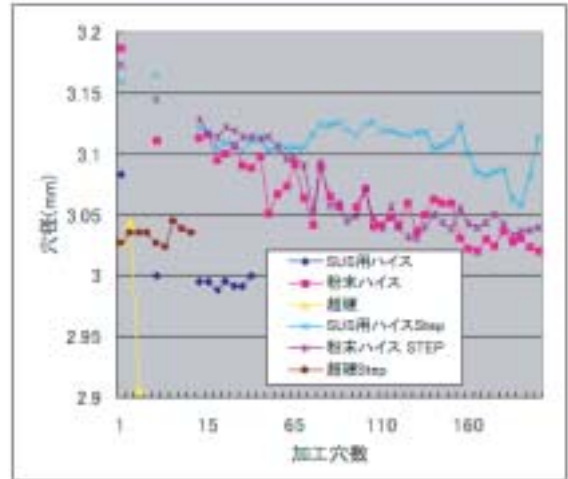


図6 加工穴数と穴径変化(SUS316)

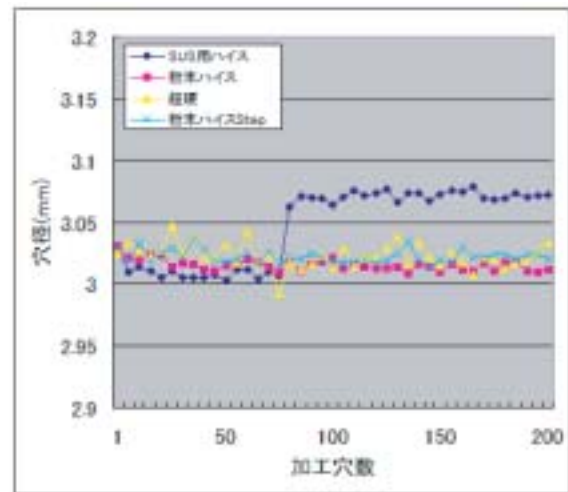


図7 加工穴数と穴径変化(SUS430)

図6は SUS316 加工時の加工穴数と穴径変化である。SUS 用ハイスの場合、加工初期から 10 個加工時で穴径がかなり小さくなり、その後しばらく安定して推移している。粉末ハイスの場合、加工方法による違いは無いが、加工穴数の増加によって穴径が小さくなっているのがわかる。

図7は SUS430 加工時の加工穴数と穴径変化である。SUS 用ハイスの場合、80 個加工後から急に穴径が大きくなった。これは、工具摩耗が原因と考えられ、切り屑がドリルに絡み始めるのも確認できた。粉末ハイスの場合、加工初期と 200 個終了時まで穴径は安定して推移しており、加工穴数の増加による穴径の変化は見られなかった。また、加工方法の違いによる穴径の変化も無かった。超硬の場合、多少のばらつきはあるものの、加工終了まで大きな変化が無かった。



### 3-3 工具寿命

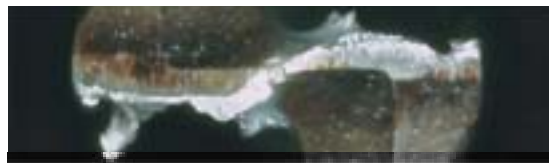
それぞれの加工条件におけるドリル刃先の摩耗状態を図8, 9示す。



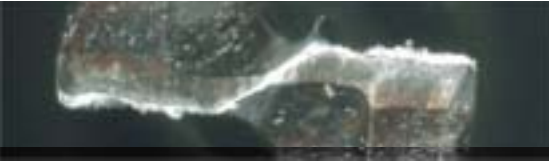
(a) SUS用ハイス Non-Step 加工(切削速度 10m/min)



(b) 粉末ハイス Non-Step 加工(切削速度 10m/min)



(c) SUS用ハイス Step 加工(切削速度 10m/min)



(d) 粉末ハイス Step 加工(切削速度 10m/min)

図8 SUS316加工時における工具摩耗

図8(a)、(b)は SUS316、Non-Step 加工時のドリル刃先の摩耗状態である。SUS 用ハイスの場合、切れ刃先端の摩耗が大きく、43 個目でドリルが破損した。粉末ハイスの場合、切れ刃先端に摩耗が確認できるが、加工目標数 200 個を加工することができた。超硬の場合、加工穴数が 3 個目で破損した。

図8(c)、(d)は SUS316、Step 加工時のドリル刃先の摩耗状態である。SUS 用ハイスの場合、切れ刃が欠損しチゼル部が摩耗しているが、200 個加工することができた。粉末ハイスの場合、切れ刃に摩耗が確認できたが、加工目標数 200 個を加工することができた。超硬の場合、加工穴数が 9 個目で破損した。

図9(a)、(b)、(c)は SUS430、Non-Step 加工時のドリル刃先の摩耗状態である。SUS 用ハイスの場合、切れ刃に欠損またチゼル部が摩耗しているが、200 個加工することができた。粉末ハイス及び超硬の場合、欠損や摩耗も無く、加工目標数 200 個を加工することができた。



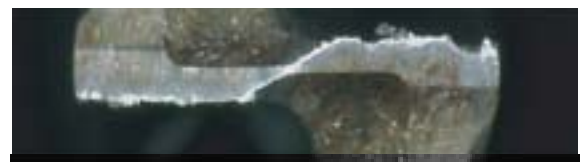
(a) SUS用ハイス Non-Step 加工(切削速度 14m/min)



(b) 粉末ハイス Non-Step 加工(切削速度 10m/min)



(c) 超硬 Non-Step 加工(切削速度 21m/min)



(d) SUS用ハイス Step 加工(切削速度 14m/min)



(e) 粉末ハイス Step 加工(切削速度 10m/min)

図9 SUS430加工時における工具摩耗

図9(d)、(e)は SUS430、Step 加工時のドリル刃先の摩耗状態である。SUS 用ハイスの場合、切れ刃に欠損が見られた。粉末ハイスの場合、切れ刃とチゼル部に切り屑が付着しているが、欠損や摩耗は見られず 200 個加工することができた。

図10に工具寿命を示す。SUS316の場合、工具に粉末ハイスを用いると、加工方法の違いによる加工穴数の変化はなかった。しかし、SUS 用ハイス及び超硬では加工方法により工具寿命が伸びることが確認できた。

SUS430の場合、Non-Step 加工ではすべての工具において加工目標数 200 個を加工することが確認できた。よって、SUS316 より加工性が良いと考えられる。

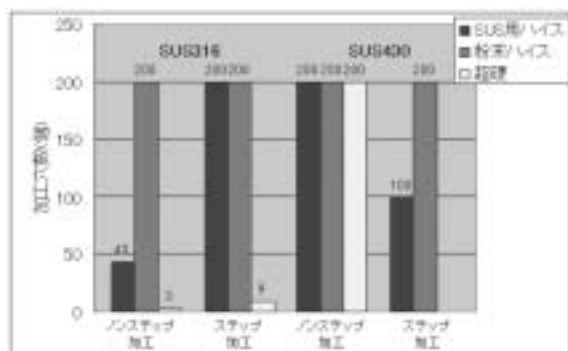


図10 工具寿命

#### 4 まとめ

SUS用ハイス、粉末ハイス、超硬（φ 3mm）を用いた SUS316 及び SUS430 の穴加工の結果、以下のよう  
なことがわかった。

- ①切削抵抗は超硬が最も高く、粉末ハイス、SUS用ハイスの順となった。
- ② SUS430 よりも SUS316 加工時の切削抵抗が高い。
- ③工具寿命は SUS316 の加工では、粉末ハイスが最も長く、SUS用ハイス、超硬の順となった。SUS430 の加工では粉末ハイス及び超硬、SUS用ハイスの順となった。
- ④工具寿命は Non-Step 加工においては、SUS316 よりも SUS430 の方が長寿命を示した。

#### 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 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16年度共同加工試験報告書

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。