

平成22年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「長期安定的な高速度加工が可能な  
ハイブリッド小径ドリルの開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成23年 9月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人名古屋産業科学研究所

## 目 次

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第1章 研究開発の概要                   | 1  |
| 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標          |    |
| 1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者） |    |
| 1-3 成果概要                      |    |
| 1-4 当該プロジェクト連絡窓口              |    |
| 第2章 接合技術の開発                   | 6  |
| 2-1 研究目的                      |    |
| 2-2 実験方法                      |    |
| 2-3 研究成果                      |    |
| 第3章 接合材料の機械的特性評価              | 6  |
| 3-1 研究目的                      |    |
| 3-2 実験方法                      |    |
| 3-3 研究成果                      |    |
| 第4章 量産化技術の開発                  | 9  |
| 4-1 研究目的                      |    |
| 4-2 実験方法                      |    |
| 4-3 研究成果                      |    |
| 第5章 小径用ドリルの設計                 | 9  |
| 5-1 研究目的                      |    |
| 5-2 実験方法                      |    |
| 5-3 研究成果                      |    |
| 第6章 ハイブリッドドリル用材料の研削加工技術の開発    | 10 |
| 6-1 研究目的                      |    |
| 6-2 実験方法                      |    |
| 6-3 研究成果                      |    |
| 第7章 ドリル加工の実証研究                | 12 |
| 7-1 研究目的                      |    |
| 7-2 実験方法                      |    |
| 7-3 研究成果                      |    |
| 第8章 全体総括                      | 14 |
| 8-1 成果の総括                     |    |
| 8-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況      |    |
| 8-3 今後の事業化に向けた取組み             |    |

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

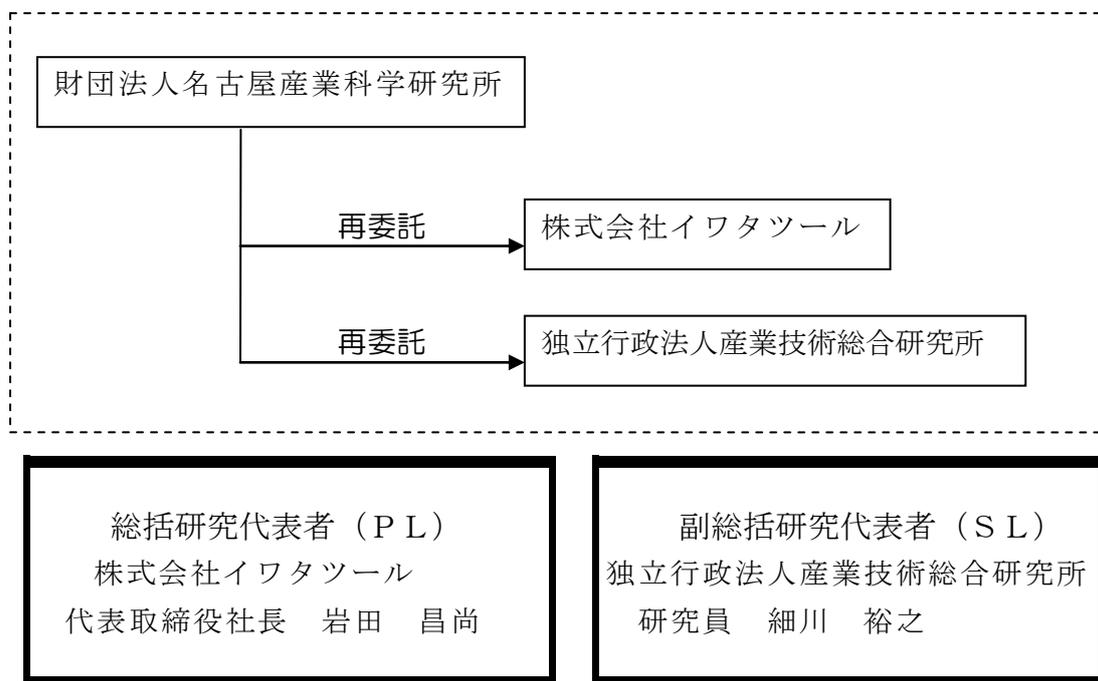
電気機器、自動車分野は、日本の主要産業であるが、近年アジア諸国等の企業の躍進が目立ち、かつ近々の円高の影響からますます人件費などによるコスト差が広がり、さらに我が国の中長期的な安定供給確保に対する懸念があるレアメタル問題など日本企業はますます苦しい状況にある。

そこで、本事業では多数のドリル小径加工の納期短縮、加工コスト削減を目指し、超合金製ドリルの高速度加工性と高速度鋼製ドリルの工具寿命安定性を併せ持つ超合金/高速度鋼製ハイブリッド小径ドリルの研究開発を行う。

高寿命を有し、かつ寿命のバラツキの少ない高速度加工が可能な超合金/高速度鋼製ハイブリッド小径ドリルの作製技術とそれをを用いた小径穴加工技術の開発を目的とする。ろう材や複雑な形状を必要としない接合法による先端のWC-Co化で高接合強度を実現し、かつドリル形状最適化により、高速度鋼製ドリルの2~5倍の寿命と10倍の加工速度の長期安定高速度加工を達成する。

### 1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

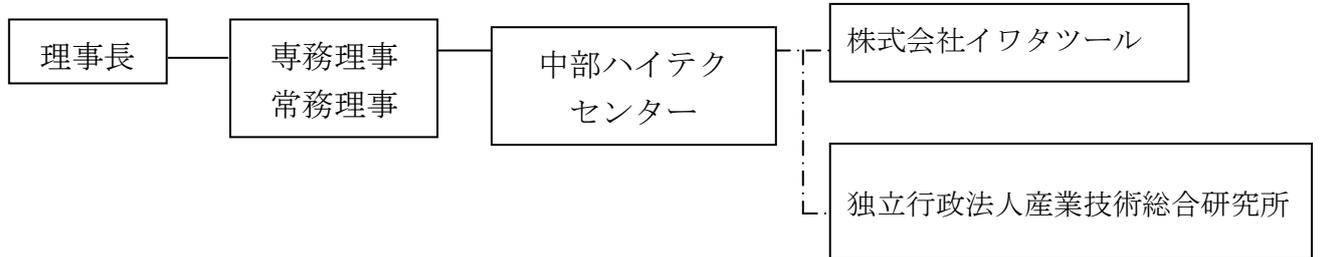
#### 1. 研究体制



## 2. 管理体制

### ① 事業管理者

財団法人名古屋産業科学研究所

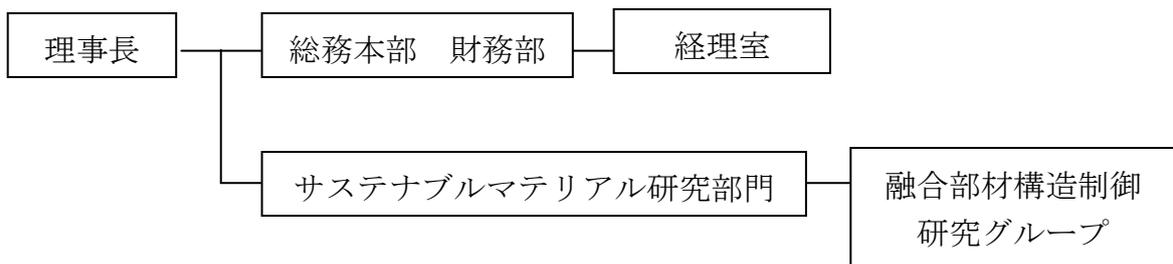


### ② 再委託先

株式会社イワタツール



独立行政法人産業技術総合研究所



### 3. 研究者

#### 株式会社イワタツール

| 氏名    | 所属・役職    |
|-------|----------|
| 岩田 昌尚 | 代表取締役社長  |
| 長江 良太 | 研究開発課 課長 |
| 福岡 秀城 | 研究開発課    |
| 野中 大輔 | 製造課 WRG  |

#### 独立行政法人産業技術総合研究所

| 氏名    | 所属・役職                 |
|-------|-----------------------|
| 細川 裕之 | サステナブルマテリアル研究部門・研究員   |
| 松本 章宏 | サステナブルマテリアル研究部門・グループ長 |

### 4. アドバイザー

三洋技研株式会社

碌々産業株式会社

株式会社QMコンサルティング

九州大学 名誉教授 鬼鞍宏猷

### 1-3 成果概要

#### 1. 接合技術の開発

超硬合金と高速度鋼での接合材料において、抗折力 3.0GPa を達成することができた。さらに本材料は超硬合金、および高速度鋼がそれぞれ単独で構成される場合の 90%以上の硬さである 80-82HRA、58HRC（76HRA 程度）を実現できた。

#### 2. 接合材料の機械的特性評価

上記のように、抗折力と硬度については目標値を達成できた。また、各箇所における硬度を測定した結果、高速度鋼のどの箇所においても均一な硬度を有していることが確認でき、硬度、抗折力共に目標値を達成できた。組織・組成の観察・分析の結果、高速度鋼各箇所における粒子様相に顕著な違いは見られなかった。

次に上記で得られた材料を熱雰囲気中での接合材料の強度評価を塩浴への浸漬-引上により調査した結果、破壊・変形がなく健全な状態を維持していた。

#### 3. 量産化技術の開発

小径棒を複数個同時接合するために、種々の方法を検討したが、材料の曲がりや接合部のずれ、などが起こり、最適な方法を見出すことができなかった。従って、大径の接合材料からの切り出しによって、複数取りを行うことで対応した。しかし、大径の接合材料から切り出しには工程の複雑さと多くの時間が必要となるため、型設計変更による小径母材作製技術の開発は事業化に向けて必須であることがわかった。

#### 4. 小径用ドリルの設計

ドリルは、焼結により作製された大型接合材料から六角柱を切り出して、複数個の作製を行った。六角柱に加工したものを円筒加工し、円筒研削加工を行った。この材料で、直径、刃長を変化させたドリルを作製したところ、いずれもドリル形状として問題ない精度で加工することができた。

#### 5. ハイブリッドドリル用材料の研削加工技術の開発

超硬合金製ドリルと比較すると、ハイブリッドドリルは HSS 部が大部分を占めるため、溝研削のスピードが上がり、加工時間を 15%短縮した。更なる加工時間の短縮のために、各加工工程での研削条件の見直しが必要である。

#### 6. ドリル加工の実証研究

工具形状を変えた工具において切削データを取ったところ、ハイブリッドドリルは、従来の高速度鋼ドリルよりも約2倍の寿命が得られ、超硬製ドリルと同等の磨耗状態であることがわかった。

高速度鋼ドリル、ハイブリッドドリル共に同じ加工速度で加工が行えたが、高速度鋼ドリルの 10 倍の加工速度には達しなかった。しかし、回転数の増加に伴い切削抵抗が低下し

ていることから、刃先スピードの最適化による、ハイブリッドドリルの切削速度向上が期待できると考えられる。

同一素材、同一形状により製作した複数のハイブリッドドリルを用いて穴あけ加工を行ったが、一部のドリルにおいて、高速度鋼と超硬部の接続面に破断が生じたため、バラツキ $\pm 10\%$ は達成できなかった。

また、そのときの穴精度を測定した結果、使用したドリルによって穴径、真円度の測定値に差異がみられた。

#### 1-4 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人名古屋産業科学研究所  
中部ハイテクセンター 産学連携支援部門  
担当部長 古川 俊治

〒460-0008

名古屋市中区栄二丁目 10 番 19 号 名古屋商工会議所ビル 8F

TEL:052-223-5694、

FAX:052-211-6224

E-mail: furukawa@nisri.jp

## 第2章 接合技術の開発

### 2-1 研究目的

ろう付けなしで強固な接合強度を得るために、刃先部分である超硬合金と、シャンク部分である高速度鋼を直接接合する技術を開発し、超硬合金、および高速度鋼がそれぞれ単独で構成される場合の90%以上の硬さである80-82HRA、58HRC（76HRA程度）を実現することを目標とする。また、高速度鋼素材の強度（抗折力 3.0GPa）以上となる接合界面強度を有することを目標とする。

### 2-2 実験方法

原料粉末の配合や、温度などを、様々に変化させ、強固な接合を実現する接合プロセス条件を導出した。

### 2-3 研究成果

さまざまな接合を行った材料に関する機械的特性評価、および組織観察は次章で述べる。

## 第3章 接合材料の機械的特性評価

### 3-1 研究目的

第2章および第4章により接合された異種接合材料の接合部ならびに母材についての特性評価を行い、より品質の高いハイブリッドドリルの開発を目指す。以下に評価項目を挙げる。

接合材料の強度評価

接合材料の硬度評価

接合材料における超硬合金、高速度鋼の組織評価

熱雰囲気中での接合材料の強度評価

接合材料の組成・組織の検証

### 3-2 実験方法

接合材料の強度評価は3点曲げ試験により行った。

熱雰囲気中での接合材料の強度評価は接合材料を網に包み、温度800℃の塩浴炉に1分間の浸漬後引き上げ、変形の有無を確認することにより行った。

接合材料の組織・組成評価は走査型電子顕微鏡、および付属のエネルギー分散型X線分析装置（EDS）にて行った。

### 3-3 研究成果

接合材料の強度評価の結果、抗折力 3GPa 以上を達成することができた。

図3-1に決定された接合材料の各箇所における硬度を示す。超合金の目標である HRA80-82、高速度鋼の目標である HRA76(HRC58)を達成していることがわかる。

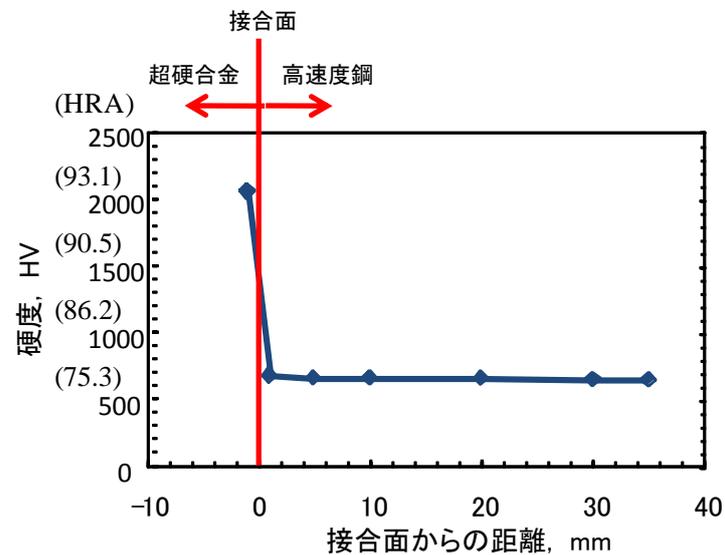


図3-1 接合材料の各箇所における硬度

図3-2に使用した超合金および高速度鋼のSEM写真、およびEDSマッピング写真を示す。

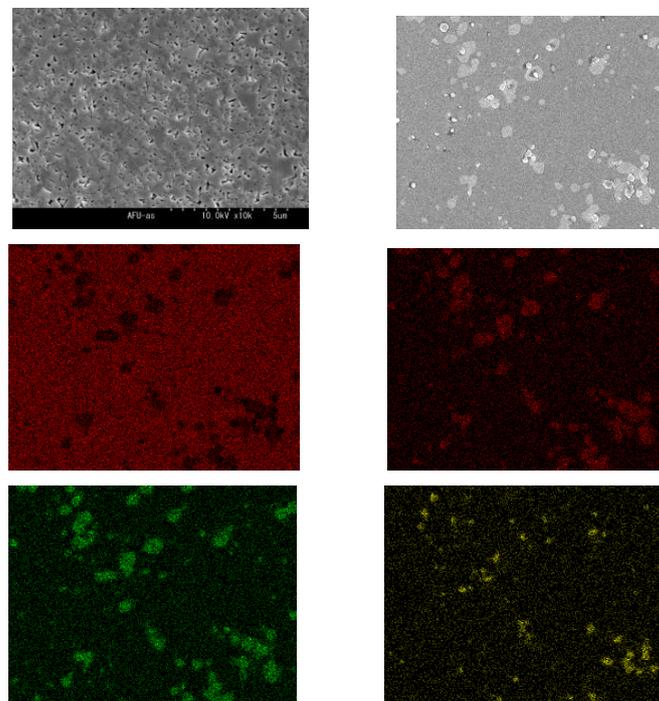


図3-2 超合金（左上）と高速度鋼（右上）のSEM写真とEDSマッピング：Fe（右中央）、Mo（左中央）、W（右下）、V（左下）

高速度鋼各箇所における組織を観察した。図3-3にSEM写真とEDSマッピングを示す。どの箇所においても析出粒子の量、寸法に変化は無く、均質な組織を有していることがわかる。

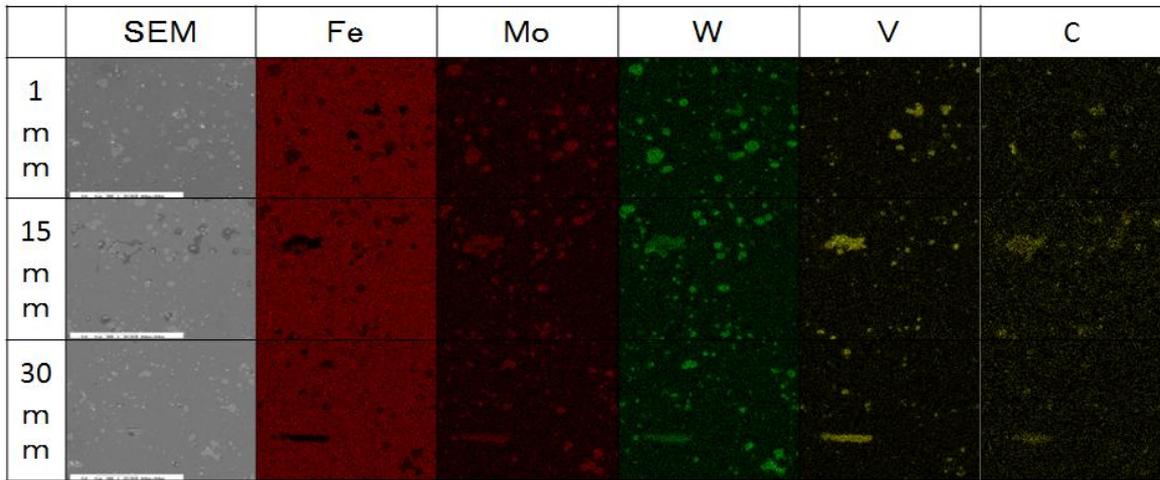


図3-3 接合材料の各箇所における高速度鋼のSEM写真とEDSマッピング

切削熱を想定した環境下で力を加え、接合部の強度を評価のための温度800°Cの塩浴炉での浸漬-引上げ試験を行ったところ、変形を確認することはできなかったため、ドリル材料として健全であると考えられる。

## 第4章 量産化技術の開発

### 4-1 研究目的

得られた複数個の接合材料の実用化のために必要な大量生産技術の開発を行う。

### 4-2 実験方法

焼結した大径素材を切り出し、成型することでドリルの素材とする。

### 4-3 研究成果

本事業では、大径のサンプルからの切り出しによる量産化技術を検討することにした。

目標強度 3000MPa 以上を達成した条件で接合した材料の端部や中心付近を切り出し、各部での接合強度のバラツキを調べた。

その結果、接合強度には中心付近と端部でバラツキが生じ、 $\pm 5\%$ 以内にならなかった。(図 4-1)

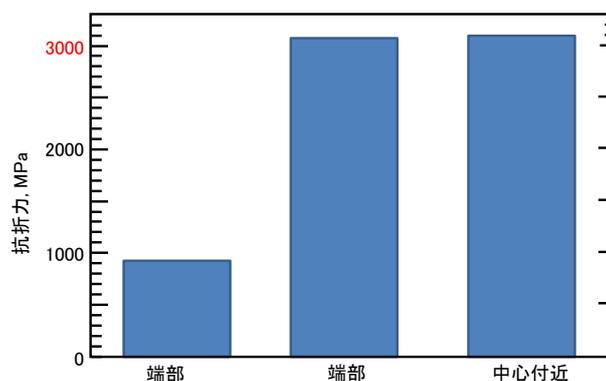


図 4-1 接合材各部の強度試験結果

## 第5章 小径用ドリルの設計

### 5-1 研究目的

小径ドリルにおいて、超硬合金と高速度鋼の構成比率、刃溝の角度、幅などの検討を行い、加工速度と加工寿命を最適にできる条件を導出する。

### 5-2 実験方法

ドリルは、焼結により作製された大型接合材料から切り出して複数個の作製を行うこととした。

### 5-3 研究成果

ハイブリッド素材を用いてドリルを製作した。作製したドリルの外観を図 5-1 に示す。ドリル形状として問題ない精度で加工することができた。

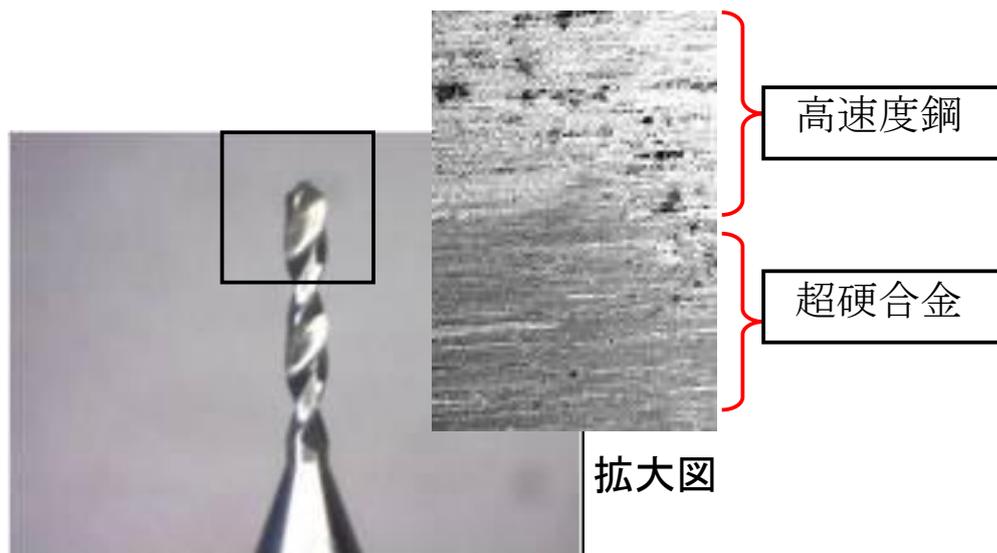


図5-1 製作したドリル

第7章で詳細は記述するが、本ドリルで被削材への加工を行った結果、超硬合金製ドリルと同等の耐摩耗性を得ることができた。しかしながら、高速度鋼ドリルの10倍の加工速度と、±10%の寿命のバラツキについての評価には、多くの基礎データの収集が必要となるため、安定した素材を用いてドリルを製作し評価する必要がある。

## 第6章 ハイブリッドドリル用材料の研削加工技術の開発

### 6-1 研究目的

超硬合金/高速度鋼ハイブリッド材料を、効率よく精度よくドリル作製するための加工条件等の最適化を検討する。

### 6-2 実験方法

円筒からドリルへの作業手順は以下のとおりである。

- ・段付き形状に研削
- ・ドリル形状に研削

### 6-3 研究成果

ドリル研削の加工手順と加工時間の関係を図6-1に示す。超硬合金製ドリルと比較すると、ハイブリッドドリルは高速度鋼部が大部分を占めるため、研削スピードを上げることができた。溝研削のスピードを上げることで加工時間の15%を短縮した。更なる加工時間の短縮のために、各加工工程での研削条件の見直しが必要である。特に時間的割合が大きい段付け研削の短縮が求められると考えられる。

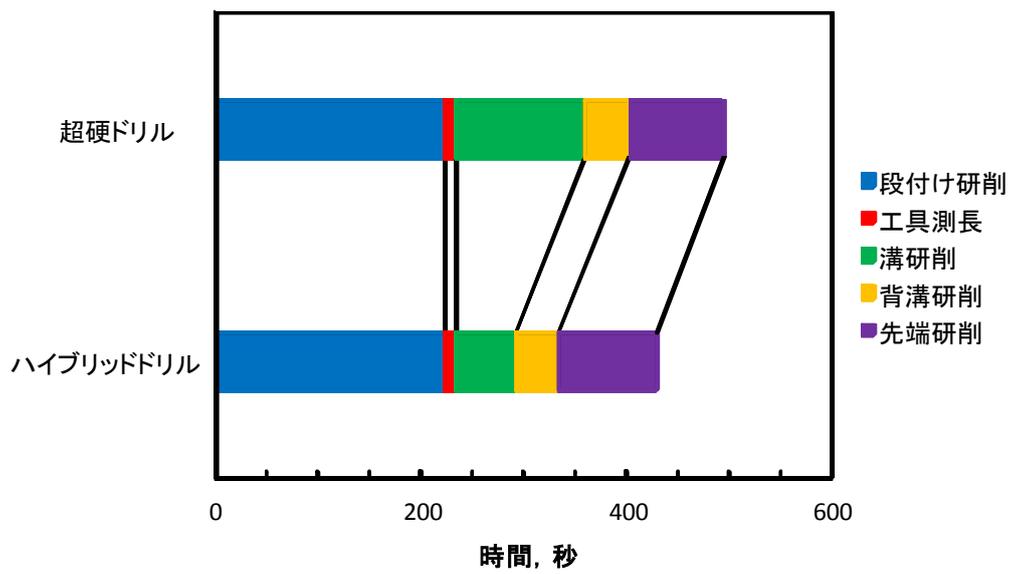


図6-1 ドリル研削時の加工時間

## 第7章 ドリル加工の実証研究

### 7-1 研究目的

第5章および第6章により作製した超合金/高速度鋼製ハイブリッドドリルで被削材へ加工を行い、その結果を第5章等へフィードバックする。さらに最も加工精度などが安定し、かつ多数の穴加工ができる最適な加工技術の開発を行う。

### 7-2 実験方法

まず、安定した切削抗力データを得るために、様々なサイズの超合金製ドリル、および高速度鋼ドリルにおいて加工を行い、測定法の確認を行った。

次に、製作したハイブリッドドリルにおいて加工を行い、加工後の穴の測定を行った。

### 7-3 研究成果

ドリル径を変えることで、切削抗力の違いを捉えることが出来るか検証した。様々なサイズのドリルにて切削データを取り、波形データに共通の切削情報を読み取ることができた。これによりドリルの違いによる切削抗力を比較することで、ドリル形状の最適化を行うことが可能となった。

製作したハイブリッドドリルと、高速度鋼ドリルにて、S50Cに、100穴加工を行った。その際の逃げ面磨耗状況を示す。(図7-1)

ハイブリッドドリルは、従来の高速度鋼ドリルよりも寿命が約2倍の寿命が得られた。

さらに、ハイブリッドドリルの工具寿命のバラツキをみるため、上記と同条件で加工を行った。その際、ハイブリッドドリルは、58穴加工で高速度鋼と超硬部に接続面に破断が生じたため、寿命のバラツキ±10%は達成できなかった。これは、素材のバラツキに起因するところが大きいと考えられる。

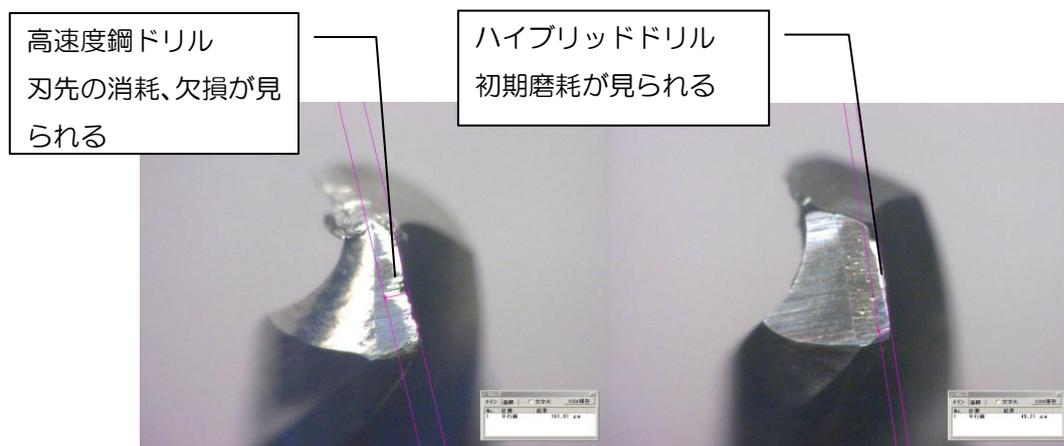


図7-1 高速度鋼ドリル（左）とハイブリッドドリル（右）逃げ面磨耗幅比較

ハイブリッドドリルにおいて加工を行い、加工後の穴の測定を行った。

ドリルの違いで、精度に差異がみられた。今後は同条件の加工を繰り返し行い、穴精度を測定、比較することで、この原因を調べる必要がある。

## 第8章 全体総括

### 8-1 成果の総括

本事業での素材の選定、接合面における強度評価の重要性は非常に高く、その素材を使用し、製作されるドリルの性能にも大きく影響してくる。そのため、基礎実験として多くの素材の接合実験を行うことで、目標値抗折力 3.0Gpa、超硬合金硬さ 80-82HRA、高速度鋼硬さ 58HRC を達成することができた。

接合面の密着安定性や安定した素材の量産化には課題が残る結果となったが、本研究の成果により、安定性と量産化の問題解決への糸口がつかめる結果が得られたことが大きな収穫であった。

研削加工技術の開発においては、ドリル製作時間を目標 1/2 の生産時間に対して 15%の短縮にとどまる結果となったが、研削条件の最適化、研削方法の見直しにより目標値 1/2 を目指す。

ドリルの実証研究においては、素材の量産化に課題が残る中、高速度鋼ドリルに比べハイブリッドドリルの超寿命化、超硬製ドリルと同等の磨耗となることは証明できる形となった。

ハイブリッドドリルの 10 倍の加工速度、寿命のバラツキ±10%においては、多くの基礎データの収集が必要となるため、安定した素材を用いてドリルを製作し評価する必要がある。

### 8-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

焼結体生産方法における特許出願予定

### 8-3 今後の事業化に向けた取組み

小径母材作製技術の開発と接合強度の安定化の検証、研削加工時間短縮、ハイブリッドドリルの加工速度向上、川下ユーザーへの展開、本研究で得た技術、ろう付け以外の方法で結合させるという観点での、ハイブリッド材料の可能性の検討