

# T-SPARK

放電被覆・肉盛装置

## Application Book

活用事例

# 目次

## T-SPARK アプリケーションブック

### 1. はじめに

### 2. T-SPARKとは

- ① 歴史
- ② 原理
- ③ 特徴

### 3. 肉盛

- ① プラスチック金型のPL角部 (バリ止め)
- ② アルミ鋳造製品の鋳造欠陥
- ③ ロール表面のピンホール
- ④ 油圧シャフトのカジリ傷
- ⑤ 熱交換器の配管減肉部
- ⑥ 鋳物 (SUS・鋳鉄) 鋳造欠陥

### 4. コーティング

- ① アルミダイカスト金型
  - 01\_焼付きの予防
  - 02\_溶損の予防
  - 03\_クラックの抑制
  - 04\_湯流れの改善
- ② プレス金型・抜き加工のカス上がり対策
- ③ チャックのグリップ力向上
- ④ 持針器のスベリ止め
- ⑤ タービンブレードの耐摩耗性向上
- ⑥ ガラス金型・シャープブレードの耐摩耗性向上
- ⑦ カッター刃の耐摩耗性向上
- ⑧ 各種治工具の耐摩耗性向上

日本は、資源に乏しい国です。だからこそ知恵を出し合い、多くの技術革新が進んできました。私たちは、私たちのコア技術である「レーザーと放電の技術」を応用し、ワークに熱の悪影響(歪み・ヒケ・硬度変化など)を与えない肉盛溶接およびコーティングを実現しました。



**T-SPARKは、ハイクオリティな予防保全と再生補修を提供し、  
カーボンニュートラルな社会の実現に寄与するエコマシンです。**

### ① 歴史

T-SPARKは、国際的にはESD(Electro-Spark Deposition)と呼ばれ、型彫り放電加工機に代表されるEDM(Electro Discharge Machining)の原理を応用しています。この技術は第二次世界大戦中の旧ソビエトで開発され、金型などへ高機能皮膜を形成するために最適化した装置がT-SPARKです。

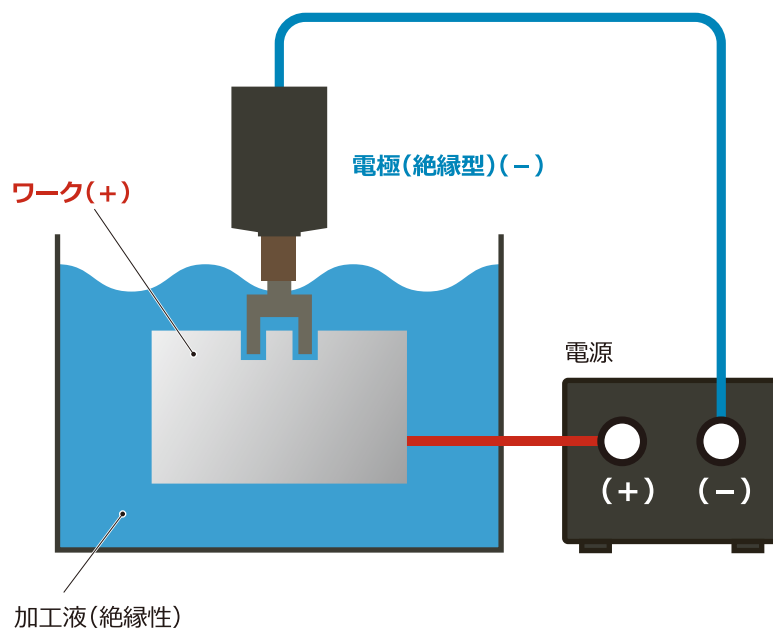


Fig.1 型彫り放電加工機(EDM)

## ② 原理

T-SPARKは、本体のコンデンサーに充電された直流電流を一定周期で極短時間放電します。EDMの極性を逆にすることで電極材自体が溶接材料となり、ワークとの接触部（極間発生部=2  $\mu\text{m}$ ）で放電し加熱され、ワーク表面に強固な拡散層を形成しながら合金化し、堆積していきます。

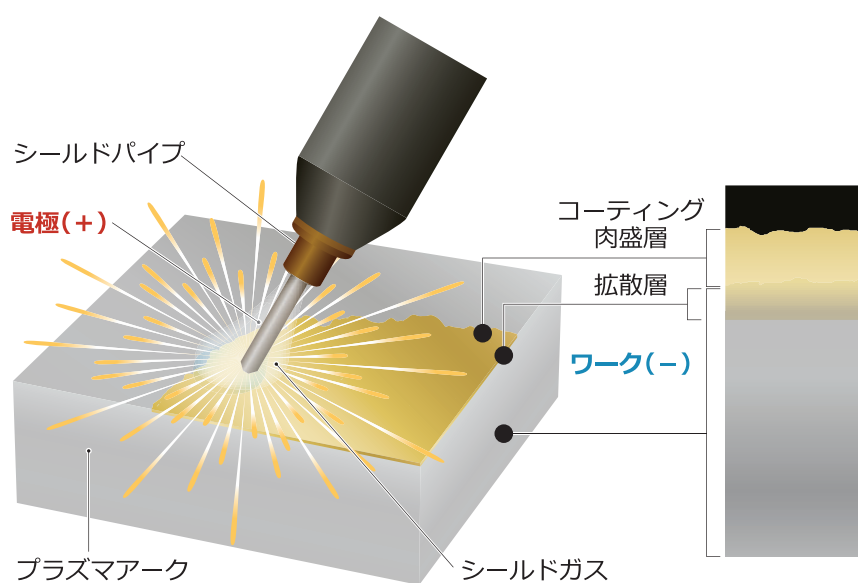


Fig.2 T-SPARK (ESD)

### ③ 特徴

現場で誰でも簡単にハイクオリティな肉盛溶接とコーティングができる。これがT-SPARKです。

#### ● 5つのポイント

##### 低熱入力

低熱入力のためワークに熱の悪影響（歪み・ヒケ・硬度変化等）がありません。

##### 高い密着力

電極材と母材が合金化（拡散層を形成）しているため、高い密着力を実現。

##### 高機能被膜

コーティング層に電極棒成分を多く留まらせるため被膜の機能が飛躍的に向上。

##### ポータブル

装置はポータブルで屋内外どこでも簡単に運べるため、現場作業に最適です。

##### 面粗度向上

放電+レーザーのハイブリッドコーティングで面粗度が向上し適用範囲が拡大。



Fig.3 T-SPARKの特徴

### なぜ、低熱入力なのか？

極短時間にスパークしてインターバルを長くとるため、その間に十分な熱拡散が行われ、ワークに熱を蓄積させません。これにより、熱の悪影響である歪み・ヒケ・硬度変化などを発生させません。

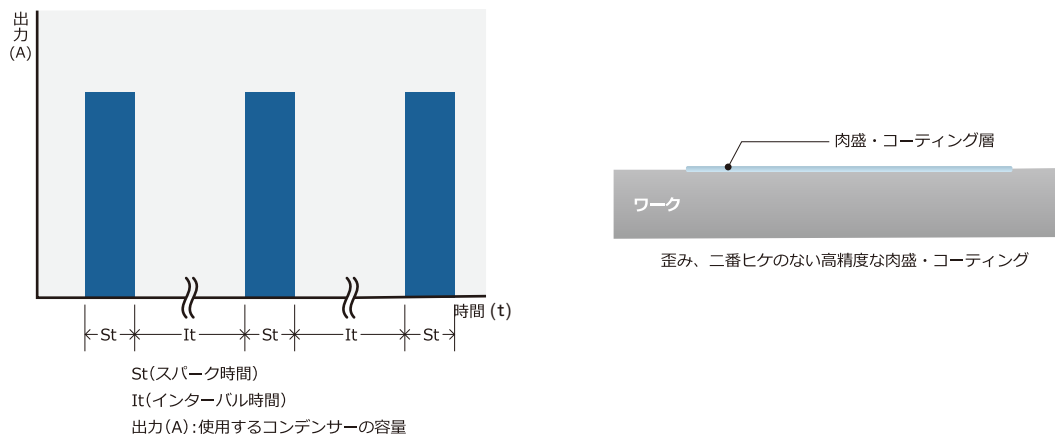


Fig.4 熱の悪影響を受けない低熱入力

### なぜ、形成した被膜が高機能なのか？

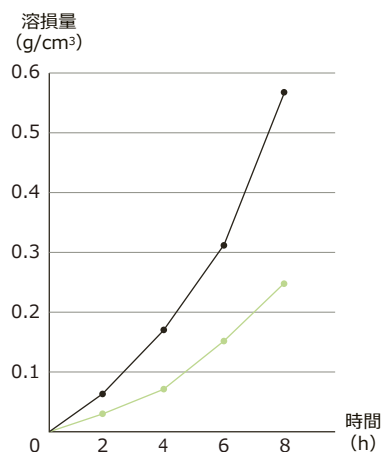
T-SPARKは従来品の約3倍のタングステンを保有できるため、求められる様々なシーンで使用できます。コーティング層に高機能成分を多く留めさせられるため、求める効果が持続します。

問題	求められる特性
溶損	アルミと反応しにくい・耐熱性が必要・硬度も重要
焼付き	アルミと反応しにくい・アルミ側を冷やしたい
クラックの抑制	急熱急冷を緩和させたい
湯流れ改善	アルミの保温効果を上げたい

#### 耐溶損試験

##### 試験条件

- ・試料:SKD-61 焼入鋼 (HRC46~48)
- ・溶湯:AL (ADC-12)
- ・溶湯温度:680℃±20
- ・試験回転数:約60rpm



耐溶損試験8時間後

Fig.5 求められる特性と溶損試験の結果

金型や機械部品は生産の中で、摩耗やクラックなど様々な問題が発生します。また、組み付けやメンテナンス時に傷をつけてしまうこともあります。このような場合もT-SPARKがあれば安心です。ポータブル性が高いため、対象ワークを組み付けた状態で現場での肉盛溶接が可能です。まさに、T-SPARKはメンテナンス現場のマストアイテムです。

## ① プラスチック金型のPL角部(バリ止め)

低熱入力のためヒケのリスクがなく、必要最小限の肉盛量で補修が可能となります。



Fig.6 PL肉盛

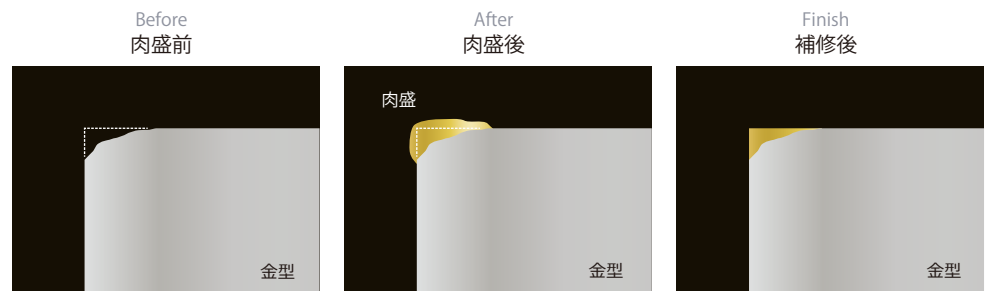


Fig.7 PLバリ止め工程

### 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250 / 500 / 1000
- 母材材質 NAK80 / STAVAX / SC系などプラスチック金型材料全般
- 使用材料 TS-01



#### 着眼点

別の肉盛機があるが、密着力が弱く耐久性がない。TIG溶接は、上手に肉盛りを行う技術者がおらず、結果ヒケてしまうためNG。レーザー溶接は品質が良いが、初期投資が大きく導入できないため外注対応。補修内容として、バリ止めが多い。バリ止めだけでも社内で実施したい。



#### 加工上の要求事項

- ・ ヒケのないこと
- ・ 初心者でも簡単にできること



#### 効果・メリット

これまでレーザー溶接の外注における溶接補修だったため、レーザー溶接代・金型運搬費用・金型のバラしや組み付け・運搬にかかる工数を削減できることも大きな効果となります。TIG溶接のように肉盛作業が難しくないことも大きなメリットです。



#### 他への適用

キャビティ内以外のゲート埋めや摺動部の摩耗箇所なども適用している。



## ② アルミ鋳造製品の鋳造欠陥

熱の悪影響(歪み・ヒケ・硬度変化等)がない肉盛補修。不良品を低減します。



Fig.8 アルミ救済



Fig.9 鋳造製品のピンホールへの肉盛工程

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-500 / 1000
- 母材材質 アルミ
- 使用材料 AL-01

着眼点

アルミ鋳造製品を機械加工する際、加工面にピンホールが発生してしまっていた。鋳造欠陥にはTIG溶接で肉盛溶接をしているが、加工面ではヒケが発生してしまうため困っていた。

加工上の要求事項

- ・ ヒケのないこと
- ・ 初心者でも簡単にできること
- ・ すぐに剥離しないこと

効果・メリット

TIG溶接の課題であるヒケのない肉盛りが可能であるため、加工面に発生したピンホールの肉盛りを可能とする。機械加工の工程が入ると製品単価も上がっているため、機械加工後の製品を救済できるのはコストメリットは大きい。

他への適用

加工面以外の微細な欠陥にも適用している。

## ③ ロール表面のピンホール

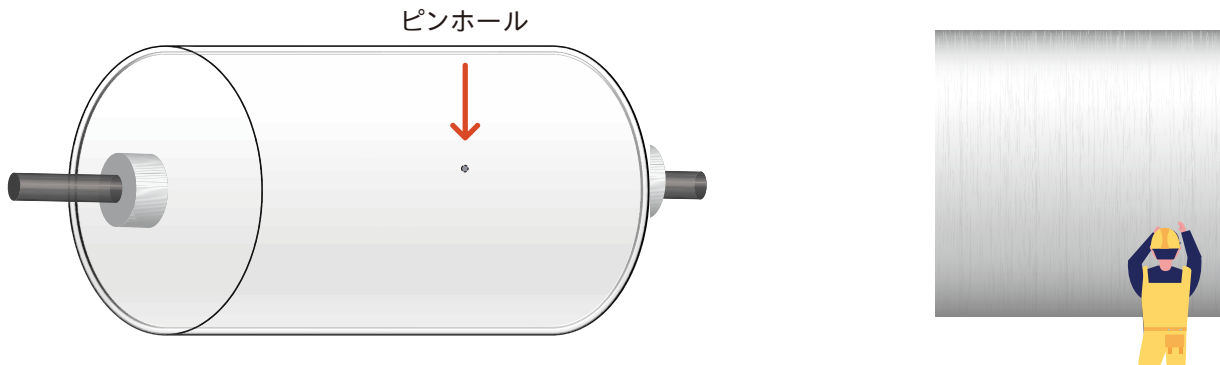


Fig.10 大物ロールへの適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250 / 500 / 1000
- 母材材質 SUS・鋳鉄・その他スチール
- 使用材料 TS-01



## 着眼点

製紙業界などで大物ロールが使われているが、溶接部の欠陥や鋳造欠陥がロール表面にピンホールとして現れてしまい、生産の妨げになっていた。従来はピンを打ち込んで塞いでいたが、合金化していないため段差が生じて生産に支障をきたしていた。TIG溶接では歪みの問題が発生すること、仕上げ加工が大変になってしまう。ピンホール一つのために溶射をして研磨するのは非常に効率が悪いので、他の補修方法を探していた。



## 加工上の要求事項

- ・ ワークを動かすことが出来ないため、現場で簡単に補修できること
- ・ 歪み、ヒケのないこと
- ・ 仕上げ加工も現場で行うため、必要最低限の肉盛量にしてほしい



## 効果・メリット

現場で誰でも簡単に局所的な肉盛ができるのは、今回のアプリケーションにとって最適だった。従来のピンを打ち込む方式は応急対応となるが、T-SPARKは恒久対応となる。溶射では肉盛～仕上げまで含めると生産を数日止めなければならず、また補修費用も多大にかかっていたため、コストメリットは大きい。



## 他への適用

ピンホールだけでなく、カジリ傷や、シャフト摩耗部にも使いたい。

## ④ 油圧シャフトのカジリ傷

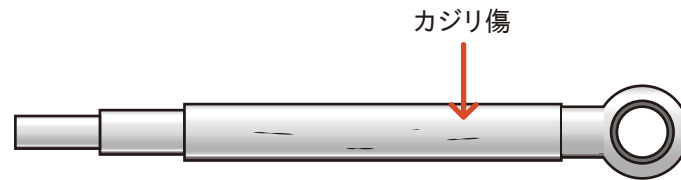


Fig.11 油圧シャフトへの適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250 / 500 / 1000
- 母材材質 S45C
- 使用材料 TS-01



## 着眼点

ショベルカーなどの建機の油圧シャフトは使用の中で砂利などを嚙んでしまい、カジリ傷が発生してしまう。その傷によりパワーダウンが生じてしまうため、修理が必要になる。油圧シャフトには硬質クロムメッキがされており、通常はバラして再度クロムメッキをするという方法をとっているが、応急的でも現場で補修をしたい場合や、傷が少ない時は外部のメッキ業者に出すのではなく、内製化したいというニーズがあった。



## 加工上の要求事項

- ・ 現場で簡単に補修できること
- ・ 歪み、ヒケのないこと
- ・ 仕上げ加工も現場で行うため、必要最低限の肉盛量にしてほしい



## 効果・メリット

予備品在庫の削減や外注費を抑えることでのコストメリットは大きい。



## 他への適用

カジリ傷だけでなく、摩耗部にも使える。

## ⑤ 熱交換器の配管減肉部

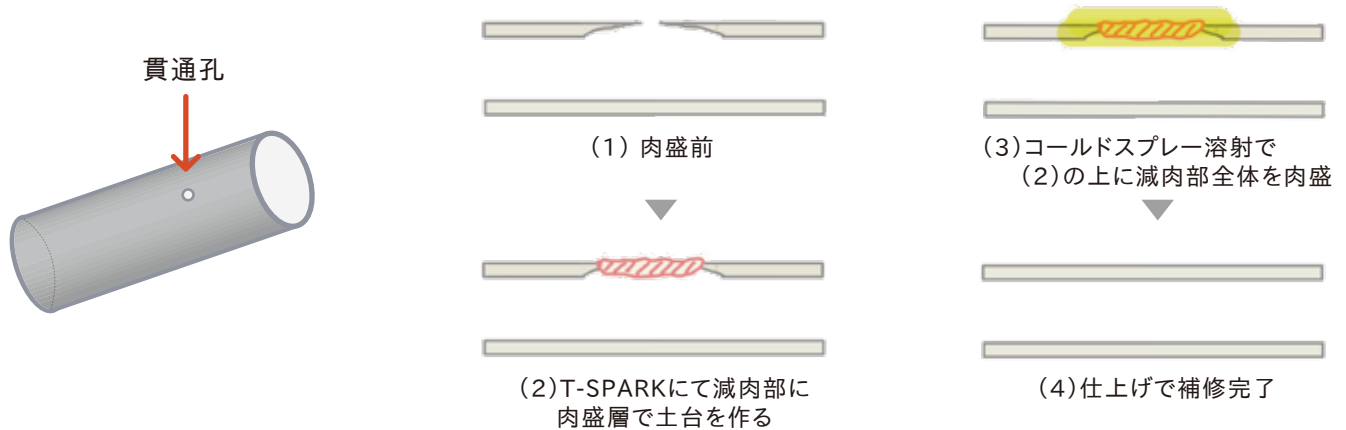


Fig.12 配管減肉部への適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-500 / 1000
- 母材材質 炭素鋼(熱交換器用鋼管)
- 使用材料 TS-01



## 着眼点

熱交換器の配管にエロージョン・コロージョンにより減肉が生じ、貫通孔ができてしまう。TIG溶接で補修をしているが、歪みの発生や溶かしすぎてしまう問題がある。コールドスプレー溶射では貫通孔を埋めることはできない。



## 加工上の要求事項

- ・ 現場で簡単に補修できること
- ・ 歪み、ヒケのないこと
- ・ 肉盛スピードもある程度早くなければならない



## 効果・メリット

従来のTIG溶接に比べて熱のリスクがなく加工ができる。T-SPARKのみでは減肉部全体を完璧に補修することは溶け込み深さと作業スピードから難しい。コールドスプレー溶射では減肉部が薄いため溶かしすぎてしまい補修が不可能だった。そこで、低熱入力 of T-SPARKで減肉部に肉盛層で土台を作って、その上からコールドスプレー溶射をすることで、減肉部全体の肉盛補修を実現し、加工スピードも向上できた。



## 他への適用

今回は発電プラントだが、他業種のプラントにも同様のニーズは多くあるため、本工法のニーズは高い。

## ⑥ 鋳物(SUS・鋳鉄)鋳造欠陥

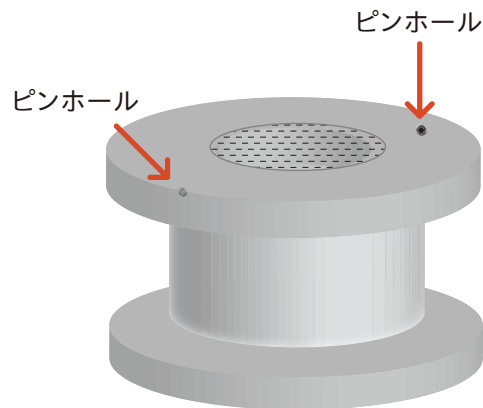


Fig.13 鋳造欠陥への適応

### 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250 / 500 / 1000
- 母材材質 SUS・鋳鉄
- 使用材料 TS-01



#### 着眼点

鋳物を機械加工した際に、加工面にピンホールが発生してしまうことがある。加工面なのでヒケの発生リスクから従来のTIG溶接では補修はNG。またTIG溶接は溶かしすぎてしまうため、鋳鉄は熟練の技術が必要となり、誰でも簡単に補修はできない。



#### 加工上の要求事項

- ・歪み、ヒケのないこと
- ・誰でも簡単に補修できること



#### 効果・メリット

廃棄していた製品を救済できるため、コストメリットは大きい。



#### 他への適用

SUSや鋳鉄の鋳物製品全般に適用可能。

WC(タングステンカーバイド)やTiC(チタンカーバイド)などのサーメット電極を用い、現場にて誰でも簡単に必要な箇所に求める機能を付与した高機能被膜を形成できます。T-SPARKのハイクオリティなコーティングが耐摩耗性・耐焼付き性・耐腐食性・耐熱性を飛躍的に向上させ、金型や機械部品および治工を予防保全し長寿命化させます。

## ① アルミダイカスト金型

アルミダイカスト金型は、およそ700度の高温の溶融アルミが高圧で注入され高速で流れるため、金型表面に溶損や摩耗が発生します。また、上手く冷却が機能せずに焼付きが発生します。そして、溶融アルミからの加熱により膨張し、離型剤によって冷却されて収縮します。この様なハイサイクルに急熱急冷を繰り返すことでヒートクラックが発生します。



Fig.14 コーティング

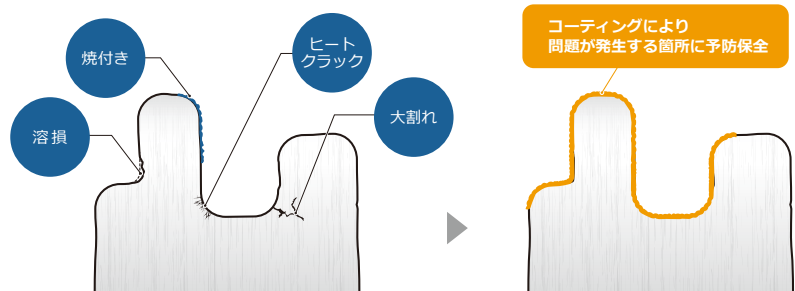
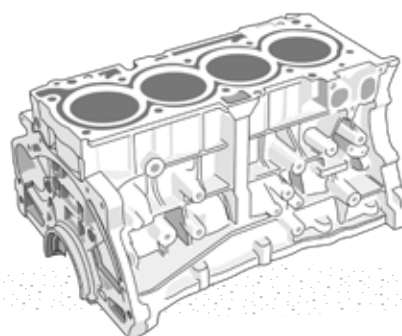
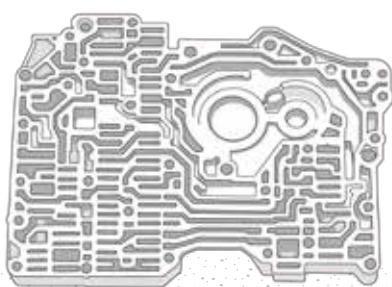


Fig.15 アルミダイカスト金型への適用

T-SPARKは、これらの問題が発生する箇所に予防保全としてサーメット電極をコーティングします。これにより、溶損・焼付き・カジリ・ヒートクラックを防ぎ、メンテナンス回数を削減し生産性を向上します。また、形成された細かな凹凸が湯流れを向上するため、湯ジワや欠肉を予防し、製品の不良率を低減します。



## 01\_焼付きの予防



Fig.16 アルミ焼付き

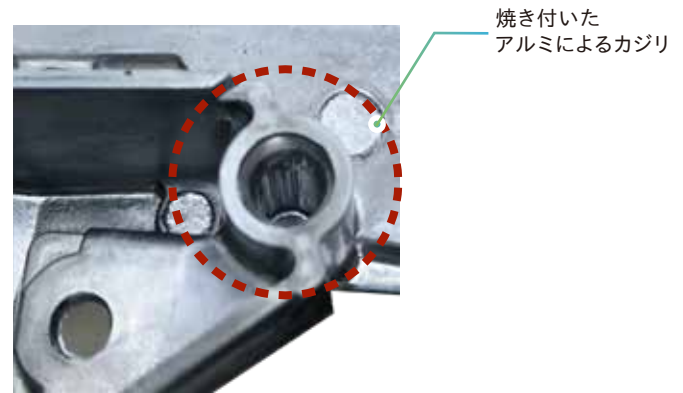


Fig.17 焼き付いたアルミによるカジリ

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 SKD-61
- 使用材料 WCO-01



## 着眼点

製品を上手く冷却ができていないため金型にアルミが焼き付いてしまう。付着するアルミが大きくなってしまえば、製品品質が保たれないため、焼き付いているアルミを除去しなければならない。窒化などの表面処理やディンプルの形成など様々な対策を行なっているが、外部業者に委託するのではなく、鋳造現場にて対策を行いたい。そこで、従来からESD装置で超硬(WC)の被膜を形成してきたが、耐久性が悪く、すぐに焼き付いてしまっていた。



## 加工上の要求事項

- ・ コーティング層の耐久性と効果を向上させたい
- ・ 誰でも簡単に作業できること



## 効果・メリット

T-SPARKを活用することにより、より多くのタングステン成分を保有させることができます。WはSKD-61よりも熱伝導率が4倍程度高いため、製品への冷却効率を向上させることができます。そのため、製品側を早くに冷却することができ、焼付きを抑えることに成功すると共に、効果を持続させることが可能となった。



## 他への適用

溶損の予防、クラックの抑制、湯流れの改善。

## 02\_溶損の予防

問題	求められる特性
溶損	アルミと反応しにくい・耐熱性が必要・硬度も重要
焼付き	アルミと反応しにくい・アルミ側を冷やしたい
クラックの抑制	急熱急冷を緩和させたい
湯流れ改善	アルミの保温効果を上げたい

Fig.18 最適な電極材料

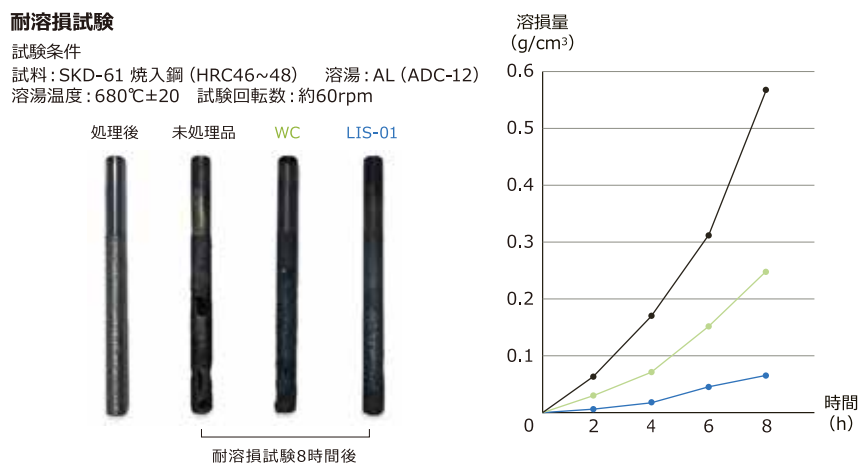


Fig.19 溶損試験結果

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 SKD-61
- 使用材料 LIS-01



## 着眼点

溶損対策として窒化処理を行うが、現場で局部的に行うESD装置も作業性の良さから採用されている。しかし、従来のESD装置はコーティング層の耐久性がなく、大きな効果も出せていない。これは、電極材料に焼付きと同じWCを使用していることも理由となる。



## 加工上の要求事項

- ・ コーティング層の耐久性と効果を向上させたい
- ・ 誰でも簡単に作業できること



## 効果・メリット

電極材料比較試験により、新材料のLIS-01が従来のWCより3倍程度の効果を得ることができた。



## 他への適用

アルミダイカスト金型において問題(部位)によって求められる特性が変わり、最適な電極材料が変わるため問題に対して電極材料を使用することにより、大きな効果を得ることができる。



## 03\_クラックの抑制

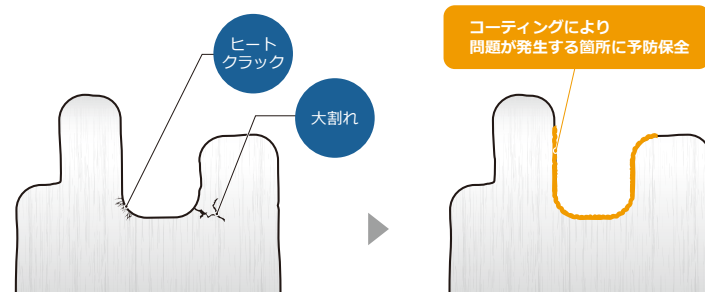


Fig.20 クラックの抑制

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 SKD-61
- 使用材料 TIC-01

## 着眼点

ダイカスト金型の補修内容の8割がヒートクラックです。溶融アルミにより加熱され膨張し、離型剤により冷却され収縮し、ハイサイクルに急熱急冷を繰り返すことでヒートクラックが発生します。従来のWCでは効果が出ているとは言えない。

## 加工上の要求事項

- ・ コーティング層の効果を向上させたい
- ・ 誰でも簡単に作業できること

## 効果・メリット

急熱急冷を緩和させるために、熱伝導が悪いTi成分を含む電極材料を選択。これにより、クラック発生までのショット数を伸ばすことができた。

## 他への適用

アルミダイカスト金型において問題(部位)によって求められる特性が変わり、最適な電極材料が変わるため問題に対して電極材料を使用することにより、大きな効果を得ることができる。

## | 04\_湯流れの改善

凹凸により湯流れ性を向上

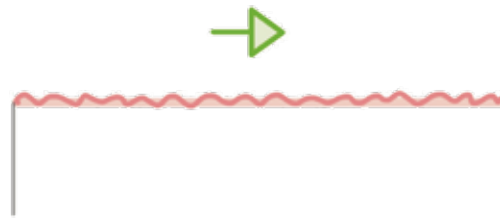


Fig.21 湯流れの改善

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 SKD-61
- 使用材料 TIC-01

着眼点

アルミ製品を冷やしすぎてしまうと、製品に湯ジワがよってしまう。改善するためにはショットブラストなどでディンプルを形成して湯流れを改善しているが、効果が持続できていない。

加工上の要求事項

- ・ コーティング層の効果を向上させたい
- ・ 誰でも簡単に作業できること

効果・メリット

T-SPARKのコーティングはディンプル(細かな凹凸)を形成できて、尚且つコーティング層に機能を持たすことができる。熱伝導の悪いTi系の電極材料を使用することで、保温効果が得られ、アルミを冷やしすぎないため湯流れの改善が可能となった。

他への適用

アルミダイカスト金型において問題(部位)によって求められる特性が変わり、最適な電極材料が変わるため問題に対して電極材料を使用することにより、大きな効果を得ることができる。

## ② プレス金型・抜き加工のカス上がり対策



Fig.22 カス上がり対策

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250
- 母材材質 ハイス鋼
- 使用材料 WCO-01

着眼点

抜き加工(特に順走プレス)において、抜きカスが上って来てしまい、製品に噛んでしまい問題になることがある。真空状態になることなどが原因として考えられており、現場にて効果的な対策が必要となっている。

加工上の要求事項

- ・ 刃先を傷つけずに誰でも簡単に作業できること
- ・ 効果を持続させたい(耐久性を向上させたい)

効果・メリット

パンチとダイのクリアランスを考慮して、カジリが発生しない範囲で膜厚を調整し、被膜を形成する。細かなディンプルを形成することで真空状態を防ぐことが可能となる。またWCなどの超硬を使用するため、硬度があり、被膜の耐久性も高い。カス上がり対策としては非常に適した処理である。

他への適用

絞りの肩口の表面処理(クロムメッキなど)剥離部への代替えコーティングや、曲げ加工の滑り予防としての被膜形成も効果がある。

## ③ チャックのグリップ力向上

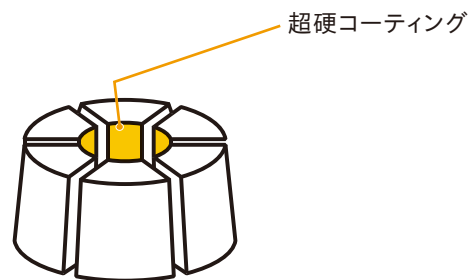


Fig.23 チャックへの適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250
- 母材材質 各種鋼材
- 使用材料 WCO-01



## 着眼点

ワークを強い力で保持しなければならないチャックでは、ディンプル(細かな凹凸)を形成することでグリップ力が向上すると考えた。



## 加工上の要求事項

- ・ 誰でも簡単に作業できること
- ・ 歪みがないこと



## 効果・メリット

形成したディンプル(細かな凹凸)が噛むことで、グリップ力を向上できる。その上で、WCなどの超硬を使用することで耐摩耗性を付与することもできる。グリップ力を向上させるだけでなく、耐摩耗性の高い被膜を形成するため、効果は非常に大きい。



## 他への適用

必要な膜厚と面粗度を考慮して、現場で簡単に処理ができるため、現場ニーズは高い。

## ④ 持針器のスベリ止め

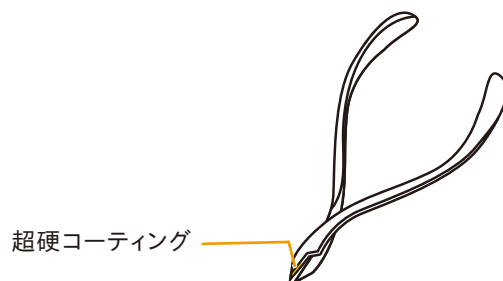


Fig.24 持針器への適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS-250
- 母材材質 SUS420J2
- 使用材料 WCO-01

## 着眼点

手術中に血液などの液体が付着すると非常に滑りやすくなる。スリットを入れたりしているが、針は細いためスリットでも滑ってしまうことがある。

## 加工上の要求事項

- ・ 誰でも簡単に作業できること
- ・ 歪みがないこと

## 効果・メリット

ディンプル(細かな凹凸)を形成することで、滑りを防止することができた。パワーを下げて面粗度を細かくすることで、先端部だとしても熱の悪影響なく処理ができた。

## 他への適用

必要な膜厚と面粗度を考慮して、現場で簡単に処理ができるため、現場ニーズは高い。

## ⑤ タービンブレードの耐摩耗性向上

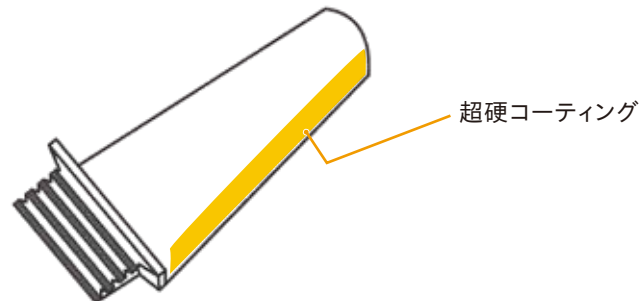


Fig.25 タービンブレードへの適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 500 / 1000
- 母材材質 Ni基合金(インコネルなど)
- 使用材料 WCO-01

着眼点

砂利や砂などの異物が当たり続けることで摩耗することがある。タービンブレードは高価のため、耐摩耗性を付与して寿命を延ばしたい。

加工上の要求事項

- ・ 誰でも簡単に作業できること
- ・ 歪みがないこと

効果・メリット

WCなどの超硬を必要な箇所にコーティングでき、かつ現場で何度も被膜を形成することができます。これにより、寿命を向上させ、大きなコストメリットにつなげることができます。

他への適用

大小様々なタービンブレードに適用可能。

## ⑥ ガラス金型・シャープブレードの耐摩耗性向上

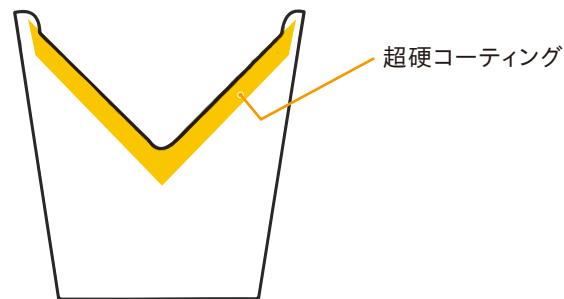


Fig.26 シャープブレードへの適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500
- 母材材質 鋼板
- 使用材料 WCO-01

## 着眼点

熔融ガラス用シャープブレードは交換コスト(部品代と工数)が多くかかっている問題になっている。摩耗する箇所を局部的に耐摩耗性のコーティングをすることで長寿命化をしたい。

## 加工上の要求事項

- ・ 誰でも簡単に作業できること
- ・ 歪みがないこと

## 効果・メリット

WCなどの超硬を必要な箇所にコーティングでき、かつ現場で何度も被膜を形成することができます。これにより、寿命を向上させ、大きなコストメリットにつなげることができます。

## 他への適用

熔融アルミによる摩耗部全般に適用可能。

## ⑦ カッター刃の耐摩耗性向上

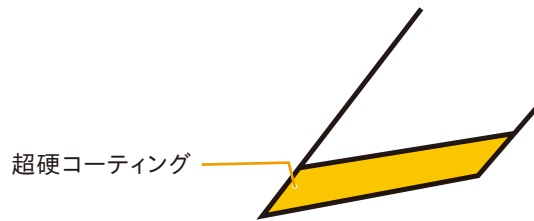


Fig.27 カッター刃への適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 鋼板
- 使用材料 WCO-01

着眼点

グラスファイバーは通常の刃では切ることができない。形状を特殊加工したものは2~3回でNGになってしまうため、耐久性を向上する方法を探していた。

加工上の要求事項

- ・自動化できるシステムであること
- ・誰でも簡単に作業できること
- ・歪みがないこと

効果・メリット

WCなどの超硬を必要な箇所にコーティングすることで、8~10回の切断が可能となり、長寿命化が実現し大きなコストメリットを得ることができた。

他への適用

電極材料を変更することで様々な機能を持った被膜を形成することができる。



## ⑧ 各種治工具の耐摩耗性向上

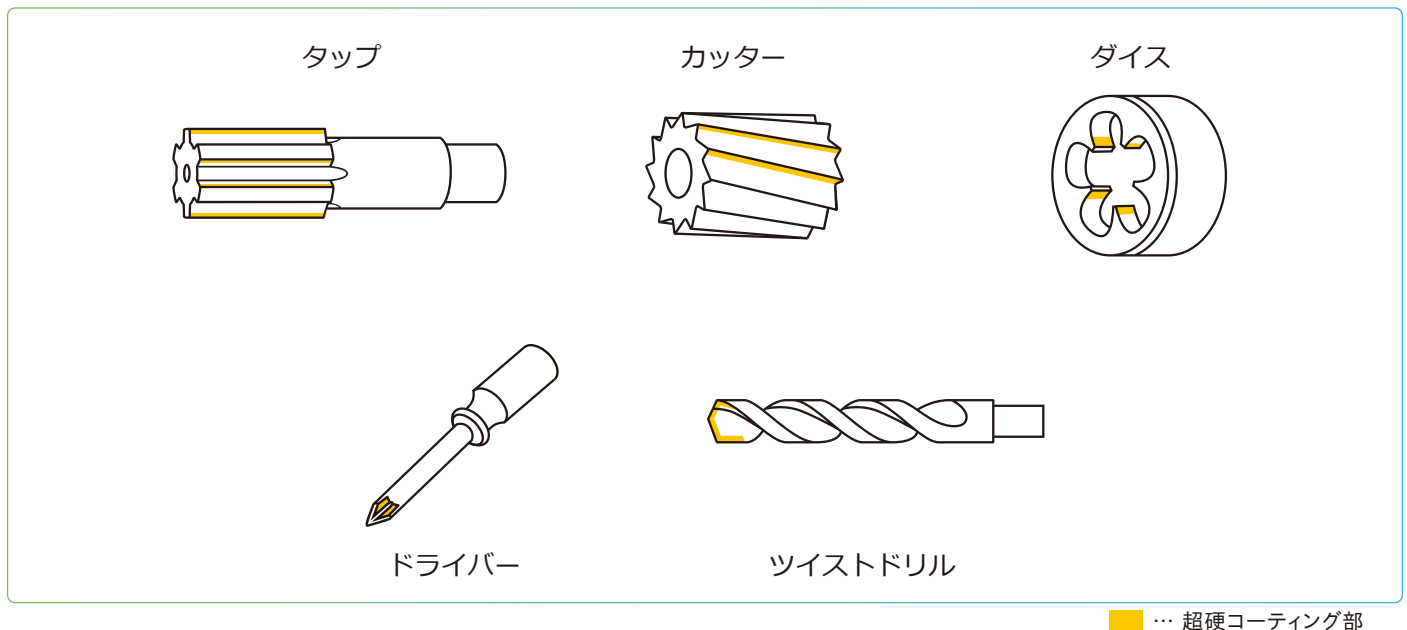


Fig.28 その他各種治工具への適応

## 適用例

- 使用機種(推奨機種) TS- 250 / 500 / 1000
- 母材材質 各種鋼材
- 使用材料 WCO-01



## 着眼点

様々な治工具は消耗品のため、交換コスト(部品代と工数)がかかっている。耐摩耗性を向上することで長寿命化をしたい。



## 加工上の要求事項

- ・ 誰でも簡単に作業できること
- ・ 歪みがないこと



## 効果・メリット

WCなどの超硬を必要な箇所にコーティングでき、かつ現場で何度も被膜を形成することができます。これにより、寿命を向上させ、大きなコストメリットにつなげることができます。



## 他への適用

局部的に摩耗する箇所は多くあるので適用範囲は多い。