

平成23年度第3次補正予算事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「超寿命化と適材適所の機能付与を目指す次世代金型製造技術の開発」

研究開発成果等報告書概要版

平成24年 12月

委託者 中部経済産業局

委託先 公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

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
1-2. 研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	3
1-3. 成果概要	7
1-4. 当該研究開発の連絡窓口	8
第 2 章 本論	9
2-1. MSP 処理装置の概要と比較	9
2-2. 金型に適する MSP 条件の開発	10
2-2-1. 材料別のポイドの発生についての比較検証	10
2-2-2. MSP 処理前の基材面粗度の違いによる検証	11
2-2-3. 基材面粗度別の MSP 処理後の研削加工面の検証	16
2-3. 改質面の加工技術の開発	22
2-3-1. 立体形状に対する改質面の加工技術の開発	23
2-4. 立体形状金型への MSP 処理技術の開発	25
2-4-1. 立体形状のモデル	26
2-4-2. 検証における手順	27
2-4-3. 検証結果	32
(1) 段差形状における MSP 処理検証結果	32
(2) 台形状における MSP 処理の検証結果	33
(2) - 1 底面と 90 度垂直壁形状における検証結果	33
(2) - 2 底面と 45 度斜面・垂直壁形状における検証結果	35
(2) - 3 底面と 25 度斜面・垂直壁形状における検証結果	37
2-5. 実際に使用した部品の耐久性試験	39
(1) 温間鍛造金型の MSP 処理	40
(2) パンチ金型先端部の MSP 処理	40
(3) パンチ金型への MSP 処理と耐久性試験	41
(4) 耐腐食性向上のための試験	42
(5) その他の調査	44

2-6. 事業化の検討	45
(1) 金属部品の MSP 処理による高寿命化	45
(2) 高精度バイスの口金の高寿命化	46
(3) モータコア金型 ダイへの MSP 処理	46
(4) Tダイ (コーター) への MSP 処理	47

第3章 全体総括 49

3-1. 成果の総括	49
------------	----

3-2. 今後の課題及び事業化計画	50
-------------------	----

研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

現在、金型の製造に関して、低コスト化・短納期化・環境配慮の課題が具体化してきている。金型部品の政策において従来は、部品全体に対する表面処理のみ可能であった。しかし現在は、最新鋭の放電表面処理技術¹を使用することで、必要な個所に必要な機能を付与した高機能・高付加価値の金型部品を製作することが可能である。本研究開発では、放電表面処理技術と超精密研削加工を組み合わせることにより、希少金属を使う金型部品や従来の表面処理を施した部品に比べ、金型部品には不可欠な靱性・硬度・耐磨耗性・耐腐食性に優れる高機能・高付加価値金型重要機能部品加工研究開発を行い、その製造技術を事業化する。

初年度では、放電表面処理とその結果の評価を行い、目標達成することができた。前年度は、初年度の結果を踏まえ、MSP 条件（電極の形状・放電条件・電極-処理面間距離条件等）及び MSP 処理で改質された表面（TiC、Si 等の電極材料で MSP 処理された面）の加工技術の開発を行い、目標を達成することができた。そこで、3 年目である本年度はより実用的なものにするため、立体形状における表面処理技術及び超精密研削加工技術の開発を行う。

なお、具体的な技術的目標値と実施内容は表 1、表 2 のとおりである。

表 1 目標値

区分	従来	最終的な目標値
金型の平面部分の表面粗さ	Ra 10 μ m	Ra 0.1 μ m
樹脂成型用イジェクターピンの耐久性	現状値 (基準金型により変化)	従来比 10 倍
ゴム金型の耐久性	現状値 (基準金型により変化)	従来比 10 倍

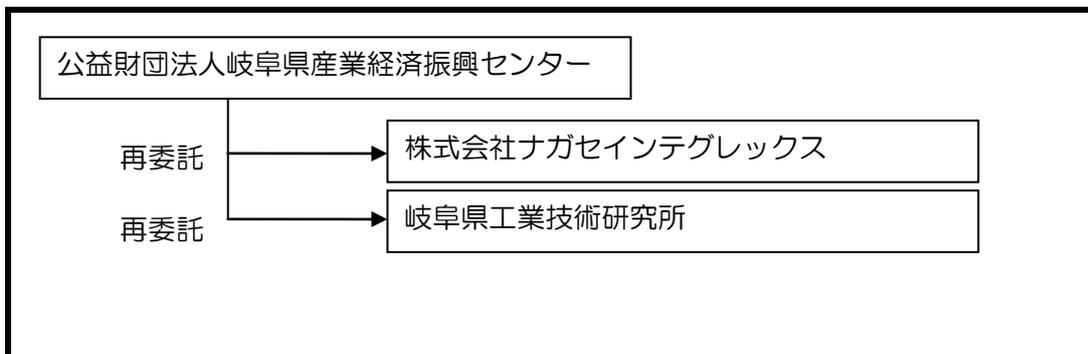
¹ 放電表面処理技術（Micro Spark Processing、以下 MSP とする）とは、パルス放電の熱によって溶けた電極材料が基材に移動し被膜を形成する技術のことである。このとき表面だけでなく、電極材料が基材内部にまで浸透し、基材内部を改質することができる。この技術の主な電極材料はチタンカーバイド（TiC）とケイ素（Si）である。これらの電極材料を変えることによって、高耐久性の表面や高耐腐食性の表面といった多様な機能を基材に付与することができる。

表2 実施内容

実施内容	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1.金型に関するMSP条件の開発	→										
2.改質面の加工技術の開発	→										
3.改質面の評価	→										
4.実際に使用した部品の耐久性試験	→										
5.事業化の検討							→				
6.プロジェクトの運営・管理	→										
・研究開発委員会の開催					→						
・報告書の作成										→	

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

1) 研究組織(全体)



総括研究代表者(PL)

所属：株式会社ナガセインテグレックス

役職：取締役技術部部长

氏名：板津 武志

副総括研究代表者(SL)

所属：岐阜県工業技術研究所

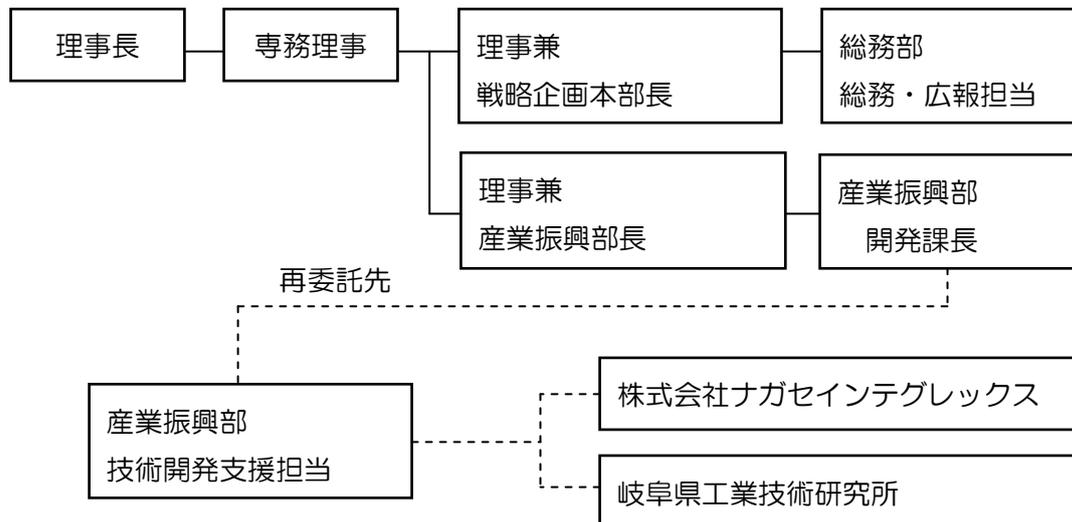
役職：金属部部长

氏名：林 哲郎

2) 管理体制

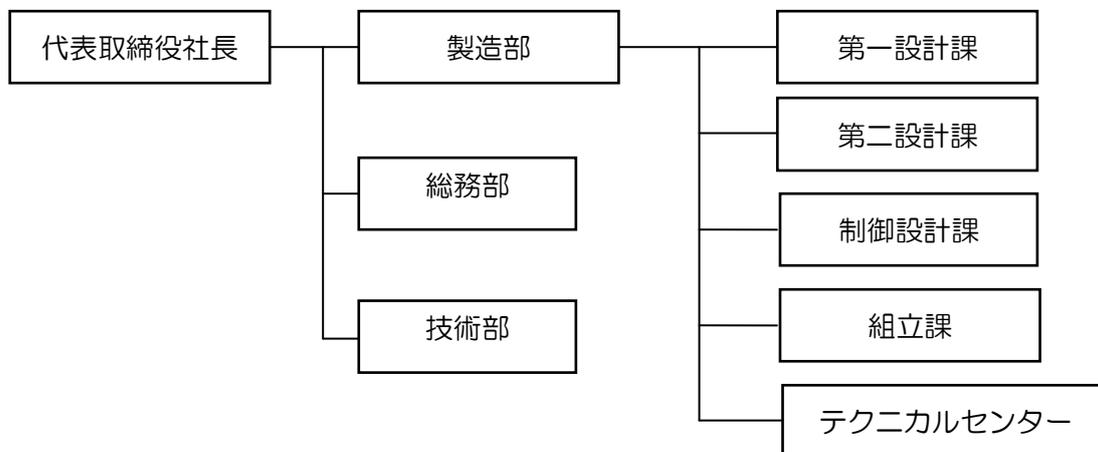
①事業管理者

公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

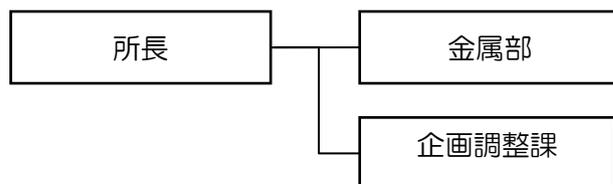


②再委託先

株式会社ナガセインテグレックス



岐阜県工業技術研究所



(2) 管理員及び研究員

1) 事業管理者

公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

氏名	所属・役職	実施内容
石樽 芳直	理事兼産業振興部長	⑥
堀 邦裕	産業振興部開発課 課長	⑥
山田 博義	開発課 技術開発支援担当 統括主査	⑥
繁田 栄司	開発課 技術開発支援担当 参事	⑥
小川 誠	開発課 技術開発支援担当 主査	⑥
篠田 隆博	開発課 技術開発支援担当 主事	⑥
加納 剛	開発課 技術開発支援担当 管理員	⑥
竹腰 久仁雄	開発課 技術開発支援担当 管理員	⑥
纈纈 まゆみ	総務部総務課 総務・広報担当 主任	⑥

2) 再委託先

株式会社ナガセインテグレックス

氏名	所属・役職	実施内容
長瀬 幸泰	代表取締役社長	①②④⑤
板津 武志	取締役技術部 部長	①②④⑤
新藤 良太	取締役技術部 副部長	①②④⑤
宇野 剛史	製造部 テクニカルセンター長	①②④⑤
長尾 光夫	製造部 テクニカルセンター係長補佐	①②④⑤
石井 輝男	製造部 テクニカルセンター工師	①②④⑤
藤井 大	製造部 テクニカルセンター	①②④⑤
大塚 健介	製造部 第一設計課	①②④⑤

岐阜県工業技術研究所

氏名	所属・役職	実施内容
林 哲郎	金属部 部長	③
細野 幸太	金属部 専門研究員	③
大津 崇	金属部 研究員	③

《実施内容》

- ①金型に適する MSP 条件の開発
- ②改質面の加工技術の開発
- ③改質面の評価
- ④実際に使用した部品の耐久性実験
- ⑤事業化の検討
- ⑥プロジェクトの管理・運営

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

公益財団法人岐阜県産業経済振興センター

(経理担当者) 総務部総務課主任 瀬瀬 まゆみ

(業務管理者) 産業振興部開発課 加納 剛

(再委託先)

株式会社ナガセインテグレックス

(経理担当者) 総務部長 長野 義則

(業務管理者) 取締役技術部部長 板津 武志

岐阜県工業技術研究所

(経理担当者) 企画調整課長 窪田 敏人

(業務管理者) 金属部部長 林 哲郎

(4) その他

なし

1-3. 成果概要

本研究は、放電表面処理技術と超精密研削加工を併用することによって金型部品に不可欠な靱性・硬度・耐磨耗性・耐腐食性に優れる高機能・高付加価値の金型重要機能部品加工の研究開発を行い、その製造技術を事業化するものである。

なお、本年度の成果は以下の通りである。

(1) 金型に適する MSP 条件の開発に対する成果

- ・ 材料別・電極材質の変更を行いポイドの発生における比較検証を行った結果、ポイドが低減される結果を得られた。
- ・ 面粗度が異なる基材を複数用意して MSP 処理を行い、基材の面粗度の違いによる MSP 処理面の比較検証を行った結果、MSP 処理前の状態は面粗度がより平滑な面が有効である事が解った。
- ・

(2) 改質面の加工技術の開発に対する成果

- ・ パンチ金型を想定した基材形状を2種類用意し、MSP 処理を行った後コンタリング加工（立体形状加工）における立体形状の立体形状研削加工条件を開発し、平面処理同等の結果を得る事が出来た。

(3) 立体形状金型への MSP 処理技術の開発

- ・ 立体形状を想定した形状（階段形状・底面と壁面（90度・45度・25度））の基材に対して MSP 処理を行い、電極深さと MSP 処理面の関係を探求した結果、基材の形状によっては MSP 処理にバラツキがでる事が判明した。
- ・

(4) 実際に使用した部品の耐久性試験の成果

- ・ パンチ金型の先端部の改質の要望を受け、MSP 処理と研削の試験を行った結果、金型の寿命が40万ショットだったものが100万ショットでも問題なく使用が出来、さらにショット数が増える状態を確認できた。
- ・ ベルビルスプリングにおける耐腐食性向上のための試験の要望を受け MSP 処理を行い評価中である。
- ・

(5) 事業化の検討

- ・ 金型備品への MSP 処理と研削技術の提案を行った。
- ・ 高精度バイスの口金の高寿命化技術の提案を行った。
- ・ モータコア金型 ダイへの MSP 処理と研削技術の提案を行った。
- ・ Tダイ（コーター）への MSP 処理と研削技術の提案を行った。

1-4. 当該研究開発の連絡窓口

株式会社ナガセインテグレックス 板津 武志

所在地：岐阜県関市武芸川町跡部1333-1

電話：0575-46-2323 FAX：0575-46-2325

E-mail：itazu@nagase-i.co.jp

第2章 本論

2-1. MSP 処理装置の概要と比較

MSP 処理とは、パルス放電の熱によって溶けた電極材料が基材に移動し、皮膜形成する処理のことである。このとき、表面だけでなく電極材料が基材内部にまで浸透し、基材内部を改質することができる(図1・図2)。この技術の主な電極はチタンカーバイド(TiC)とケイ素(Si)である。これからの電極材料を変えることによって高耐久性の表面や高耐腐食性の表面といった多様な機能を基材に付与することが可能となる。

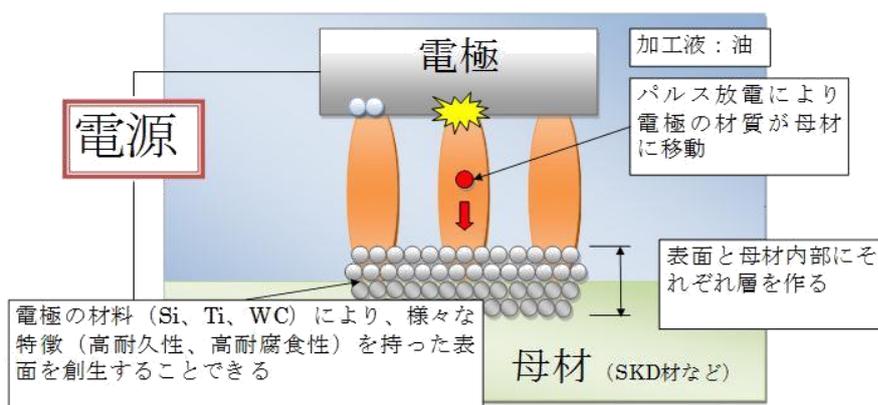


図1 MSP 処理の原理図

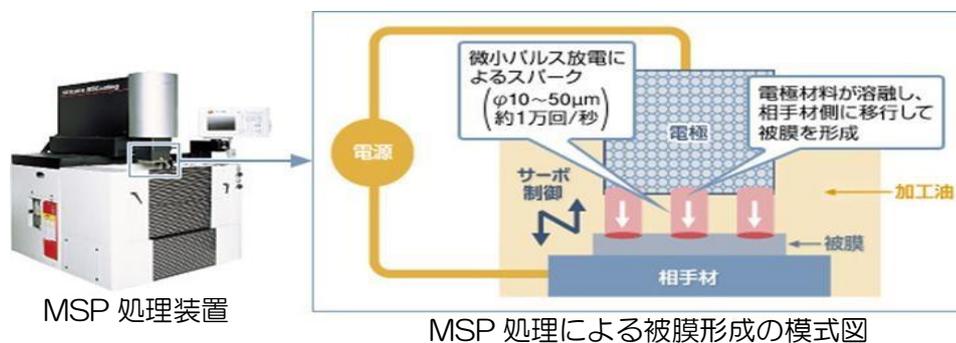


図2 MSP 処理の仕組みの模式図

このMSP処理装置と他社の肉盛装置の違いについて、表3で示す。

T社の肉盛装置は、アーク放電によって電極材をワーク表面に移行・堆積させる金属表面被覆・肉盛装置である。この装置は、ハンディタイプの溶接機のような装置で、金型の補修を目的としている。この肉盛装置では、TiC処理層の表面粗さは約100μm程度で硬度はHV1600相当とされている。実際の使用者からは、T社肉盛装置は処理面に打撃を与えると容易にはがれるものであり、MSP処理装置とは全く異なるという意見があった。このことから、T社肉盛装置よりも、MSP処理装置の方が硬度・耐磨耗性・耐腐食性に優れた高機能・高付加価値の金型重要機能部品加工に有効であると言える。

表3 MSP 処理装置と他社肉盛装置の違い

	MSP 処理装置	T 社肉盛装置
位置決め	数値制御による	手動作業による
パルス数管理	数値制御による	手動作業による
成膜	均一な成膜可能	均一な成膜不可能
研削加工の影響	基材表面まで研削加工しても、基材内部に硬度の高い合金層を有する	基材表面まで研削加工を行うと硬度は基材とほぼ同等となる。

2-2. 金型に適する MSP 条件の開発

前年度は、金型に適する MSP 条件の開発に当たって、①耐久性・耐蝕性向上のための材料の選定、②研削が容易な加工表面を作成するための MSP 条件の開発、③ボイドの発生を抑えた MSP 条件の検証、④薄い基材に反りが発生しない MSP 条件の開発を行った。そこで、HPM38、NAK80 とともに面粗度の目標値 $Ra=0.1 \mu m$ を達成した。

本年度は、これまでの研究開発で得られた知見をまとめた上で、川下産業からの要望を得て、さらにボイドの発生を抑える基材材料の選択と電極材の配合の開発を行う。

2-2-1. 材料別のボイドの発生についての比較検証

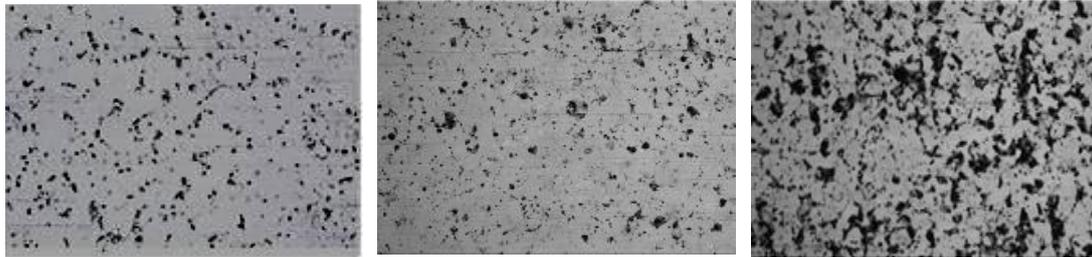
MSP 処理を行う際に、処理表面にボイドと呼ばれる局所的な落ち込みが発生する。このボイドはボイドそのものがマイクロポケットとなって離形性に影響する可能性がある。前年度はボイド量の発生について検証を行った。そこで、基材の材質によってボイドの浸透深さに違いが出るのが分かった。

本試験では、MSP 処理を行った S45C (HRC20~30)・HPM38 (HRC46) と SKD11 (HRC64) に研削加工を行い、その後、デジタルマイクロスコープにて表面観察を行った。

(結果)

S45C と HPM38 では、S45C の方が比較的ボイド量が多い。しかし HPM38 の方が、ボイドの大きいものが比較的多い。SKD11 は放電加工では、穴が開きやすい。これは、炭化物の析出が多いことが関係している可能性がある。ボイドの発生を考慮して、用途に合わせた材質を選定することが望ましい。

表面写真を図3に示す



S45C 基材-4 μm 加工

HPM38 基材-4 μm 加工

SKD11 基材-4 μm 加工

図3 表面状態

2-2-2. MSP 処理前の基材面粗度の違いによる検証

(目的)

前年度までの研究開発にて、主に SKD 材や SKH 材を対象にして、MSP 条件（電圧・電流・印加時間）に対する、ボイド発生量・硬度などの関係を調べ、処理後の表面加工性を考慮した条件を探求してきた。今年度は、MSP 処理を行う前の基材の表面の状態によって MSP 処理層にどのような差異が発生するのか検証を行う。

(試験方法)

本試験では、NAK55²の基材を使用して、面粗度が異なる4つの基材を使用して、MSP 処理を行う。なお、放電処理には従来の電極 TiC10 を使用する。この試験では、MSP 処理の条件を中条件³に設定している。

(検証手順)

1. ワイヤー放電にて粗切断加工した面に MSP 処理を行う
2. 1の切断面をワイヤー放電加工にて精切断加工した面に MSP 処理を行う
3. 2の切断面に粗研削加工を行う
4. 3の加工面に精研削加工を行う
5. MSP 処理を行う
6. 基材の断面を測定する

【測定項目】：断面の元素別の解析

硬度

以下、図4に加工箇所を示す

² NAK55 は、大同特殊鋼株式会社のプラスチック金型用鋼メーカーブランド品である。プリハードン鋼は JIS では SUS 系とされている。

³ 中条件とは、電流値 10A、電極 - 母材（基材）間隙間 15 μm、ON/OFF 時間 8 μs の MSP 処理条件のことを指す

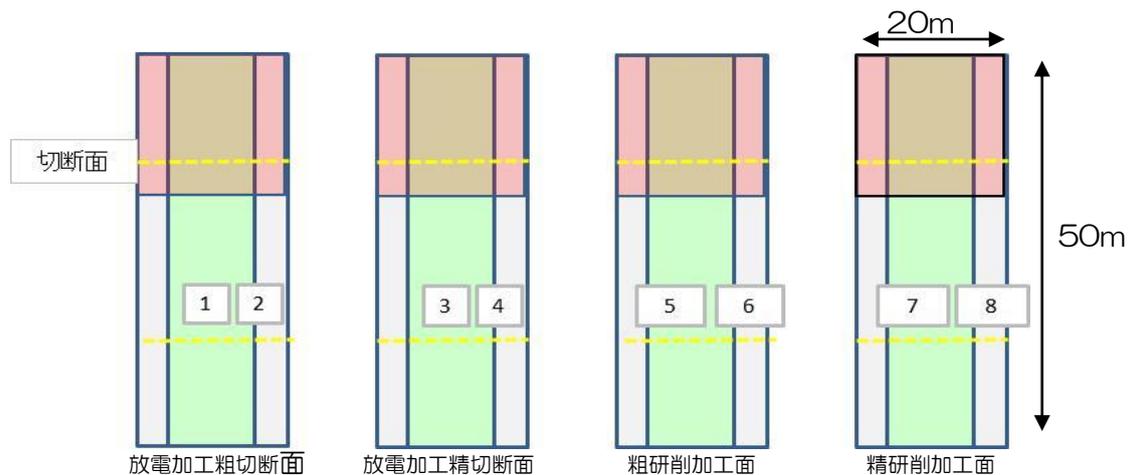


図4 基材面粗度別のMSP処理面模式図

※上記図の緑色がMSP処理した部分・黄色点線部で切断し、断面の解析を行う

(結果)

上記の4種類のMSP処理及び研削加工を行ったところ、図4-⑤(基材を粗研削した後にMSP処理をした面)と図4-⑦(基材を精研削した後にMSP処理した面)が、比較的ムラが少ない状態でTi層が形成される結果となった。これは、MSP処理前の基材の面の状態がMSP処理層に影響を与えるということである。つまり、基材をワイヤー放電で加工した状態のままMSP処理をするよりも、ワイヤー放電加工を行った後、研削を行った面の状態でMSP処理を行った方が、MSP処理における効果が得られると言える。

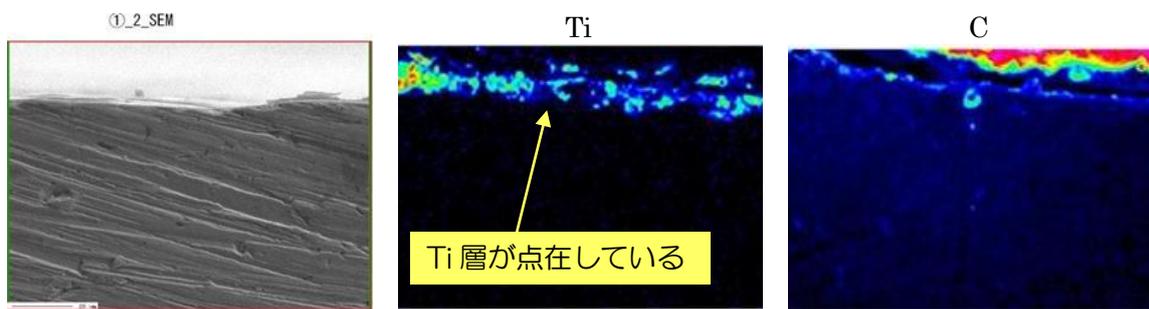
なお、硬度においては、母材の表面状態による差異はほとんど見られなかった。断面の解析結果は図5・表4に示し、硬度の測定結果は表5に示す。

①断面の解析結果(測定箇所は図4参照)

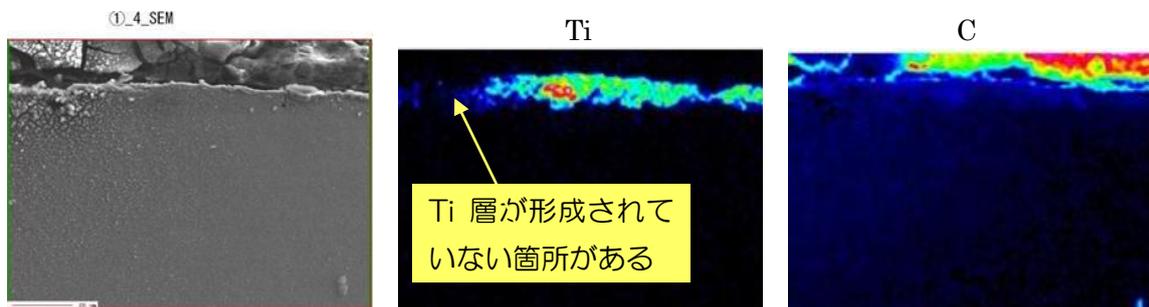
SEM : SEMによる断面図

Ti : チタンの面分析

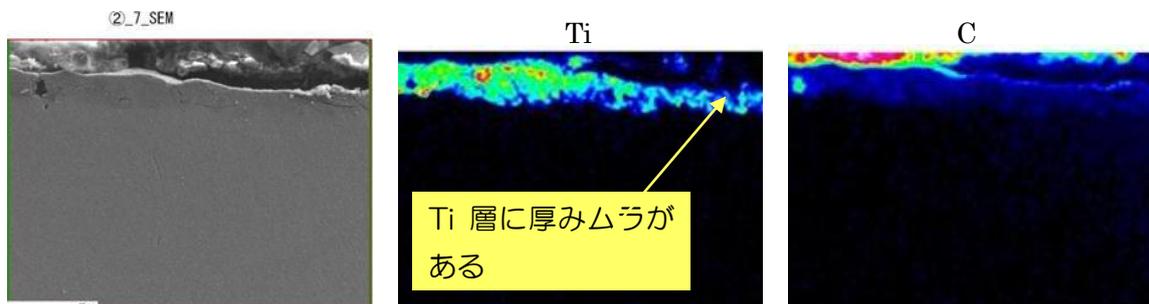
C : 炭素の面分析



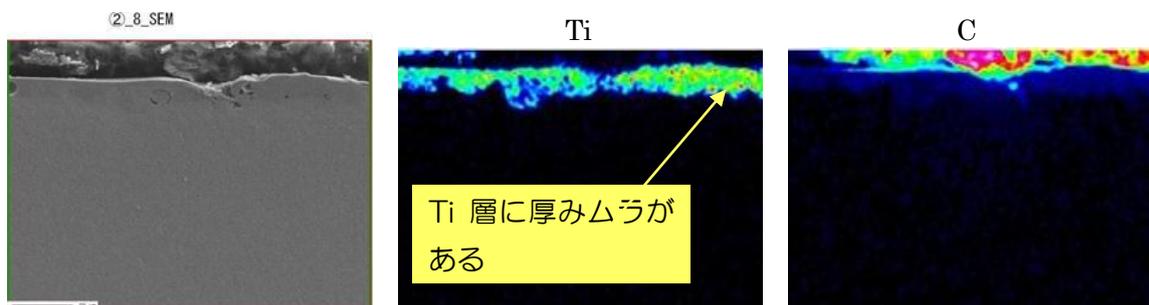
ワイヤー放電粗加工後のMSP処理面 (図4-①)



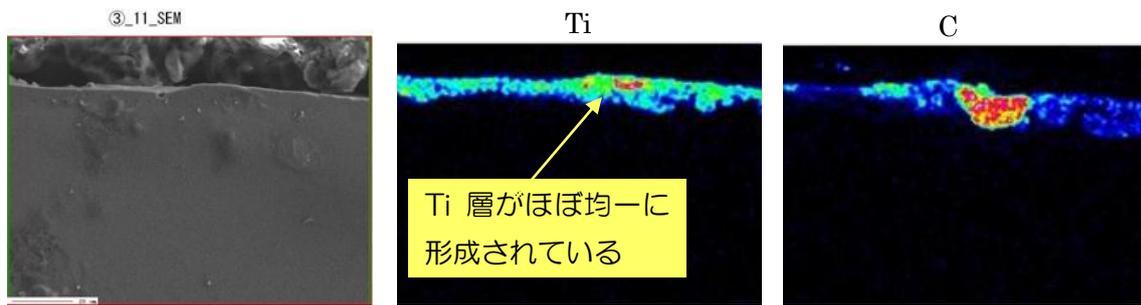
ワイヤー放電粗加工後の面 (図4-②)



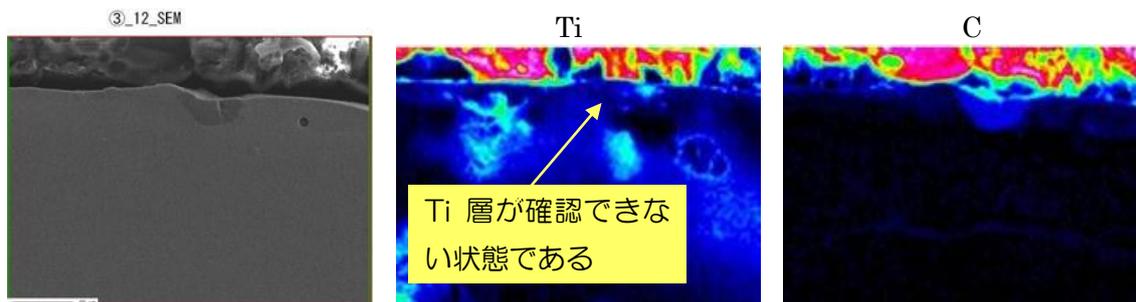
ワイヤー放電精加工後のMSP処理面 (図4-③)



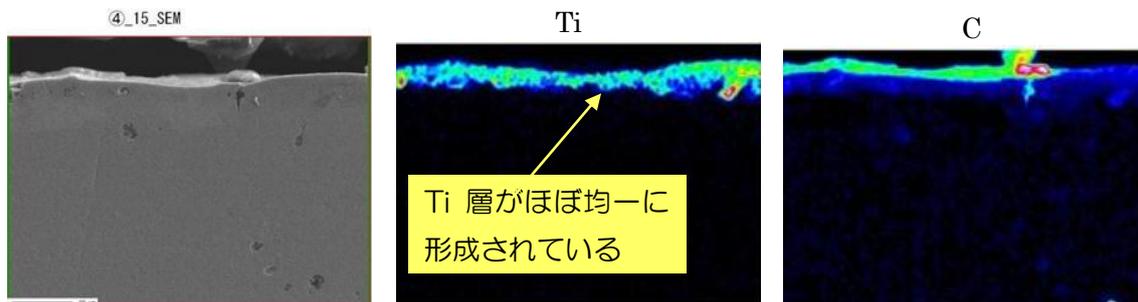
ワイヤー放電精加工後の面 (図4-④)



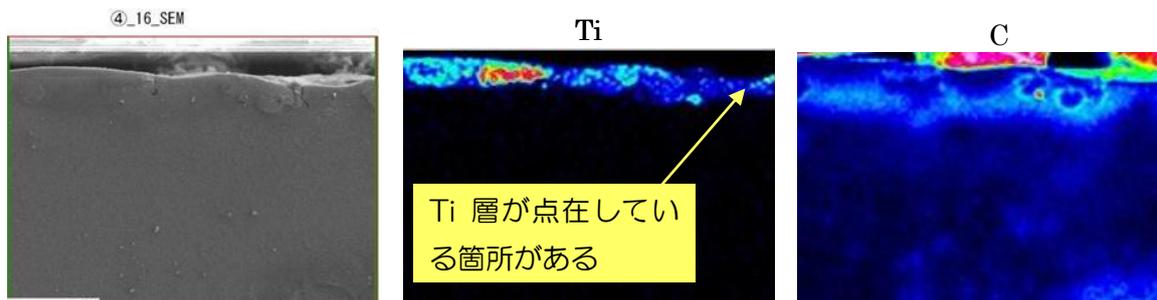
ワイヤー放電加工・粗研削後のMSP処理面 (図4-⑤)



ワイヤー放電加工・粗研削後の面 (図4-⑥)



ワイヤー放電加工・精研削後のMSP処理面 (図4-⑦)



ワイヤー放電加工・精研削後の面 (図4-⑧)

図5 断面の解析結果

表4 断面の解析結果

条件	図	MSP 処理の有無	層	分析結果
ワイヤー放電粗加工	①	○	Ti 層	層が点在している
			C 層	確認できない状態である
	②	-	Ti 層	層が形成されていない箇所がある
			C 層	確認できない状態である
ワイヤー放電精加工	③	○	Ti 層	層に厚みムラがある
			C 層	確認できない状態である
	④	-	Ti 層	層に厚みムラがある
			C 層	確認できない状態である
粗研削	⑤	○	Ti 層	層がほぼ均一に形成されている
			C 層	層に厚みムラがある
	⑥	-	Ti 層	層が確認できない状態である
			C 層	確認できない状態である
精研削	⑦	○	Ti 層	層がほぼ均一に形成されている
			C 層	層を形成していない箇所がある
	⑧	-	Ti 層	層が点在している箇所がある
			C 層	確認できない状態である

②硬度の測定結果（測定箇所は図6参照）

※硬さ基準片は800HV で測定は荷重 10g・時間 5sec の条件で実施した。

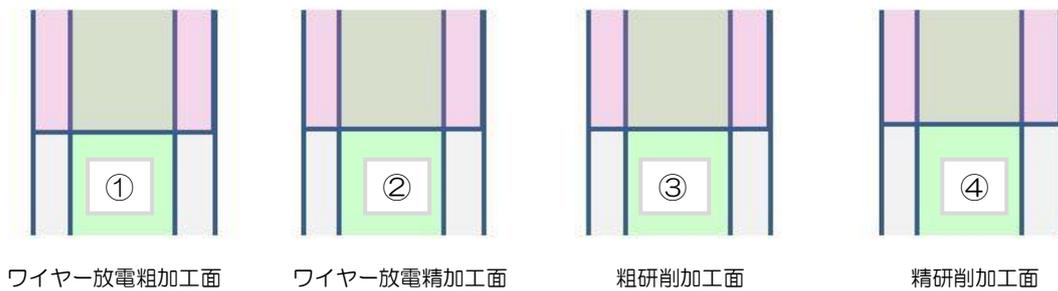


図6 硬度の測定箇所

- ① ワイヤー放電粗加工の状態の基材に MSP 処理を行った面
- ② ワイヤー放電精加工（①の後）の状態の基材に MSP 処理を行った面
- ③ 粗研削（①②の後）の状態の基材に MSP 処理を行った面
- ④ 精研削（①②③の後）の状態の基材に MSP 処理を行った面

表5 硬度の測定結果

測定箇所		硬度 (HV)
①	Max	1868
	Min	1471
②	Max	1993
	Min	1513
③	Max	1652
	Min	876
④	Max	1652
	Min	1319

2-2-3. 基材面粗度別の MSP 処理後の研削加工面の検証

(試験方法)

本試験では、NAK55 の基材を使用して、面粗度が異なる 4 つの基材を使用して、MSP 処理を行う。なお、放電処理には従来の電極 TiC10 を使用する。この試験では、MSP 処理の条件を中条件⁴に設定している。

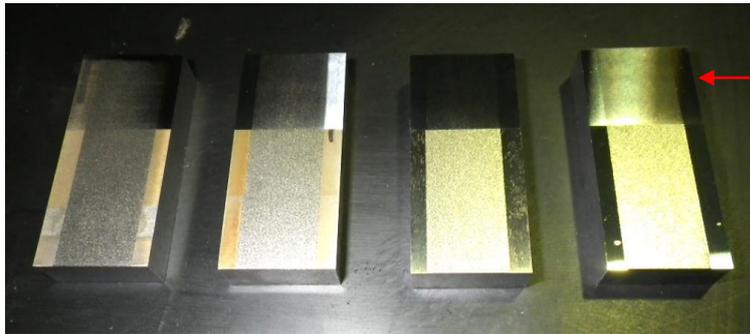
(検証手順)

1. ワイヤ放電にて粗切断加工した面に MSP 処理を行う
2. 1 の切断面をワイヤ放電加工にて精切断加工した面に MSP 処理を行う
3. 2 の切断面に粗研削加工を行う
4. 3 の加工面に精研削加工を行う
5. MSP 処理を行う
6. MSP 処理した面を、精研削にて基材から $-3\mu\text{m}$ 研削加工を行う
7. 基材の断面を測定する

【測定項目】：断面の解析
硬度

以下、実際に使用した基材写真と加工箇所を図 7 に示す。

⁴ 中条件とは、電流値 10A、電極 - 母材（基材）間隙間 $15\mu\text{m}$ 、ON/OFF 時間 $8\mu\text{s}$ の MSP 処理条件のことを指す



精研削で基材-3 μ m まで研削加工

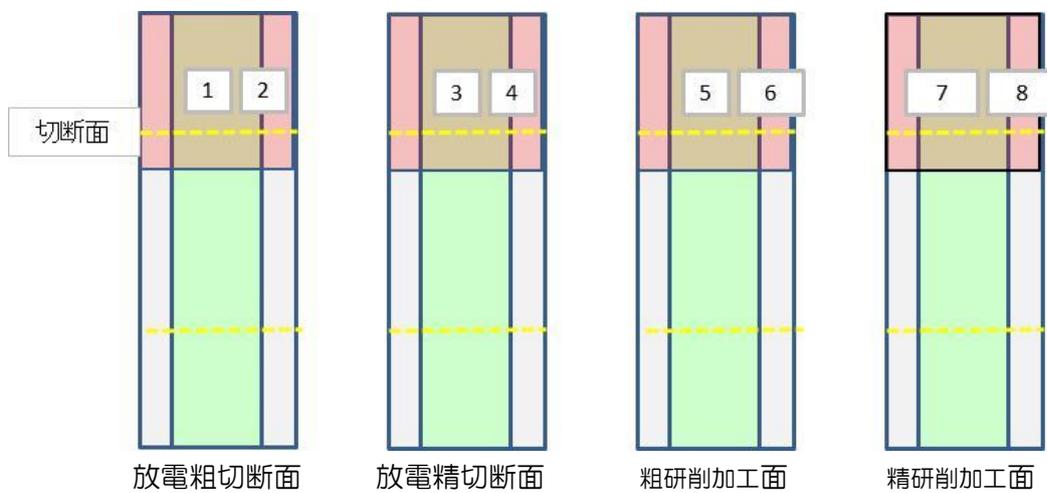


図7 MSP 処理と研削加工の模式図

※下記図の緑色が MSP 処理した部分

※黄色点線部で切断し、断面の評価を行った

(結果)

上記の4種類のMSP処理及び研削加工を行ったところ、図7-⑦(精研削・MSP処理した後に精研削)の面が比較的ムラなくTi層が形成されている結果となった。本試験によって、MSP処理前の基材の面の状態が異なる場合、MSP処理後に同一条件で研削加工した面のMSP処理層に差異がみられることが分かった。

硬度については、MSP処理した面の硬度は各基材ほとんど差異が見られなかった。

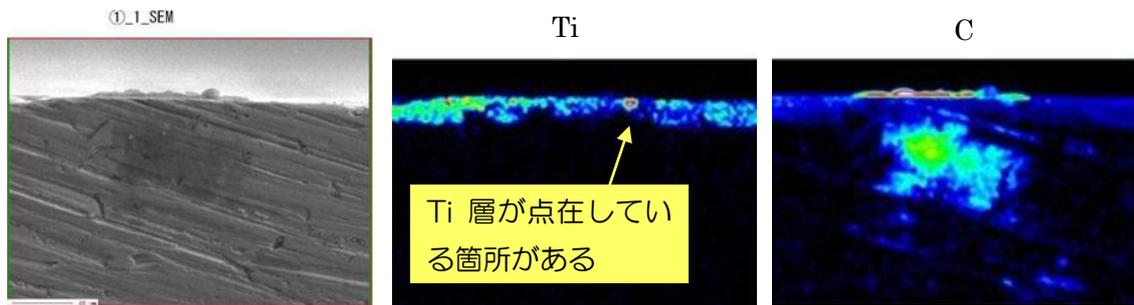
①断面の解析結果(測定箇所は図7参照)

SEM: SEMによる断面図

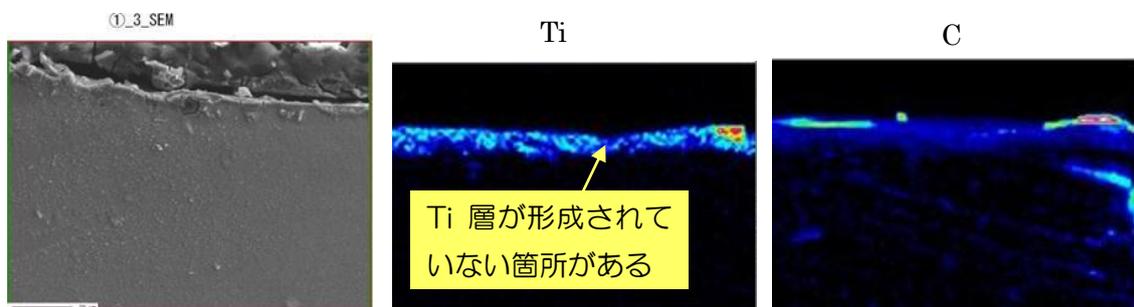
Ti: チタンの面分析

C: 炭素の面分析

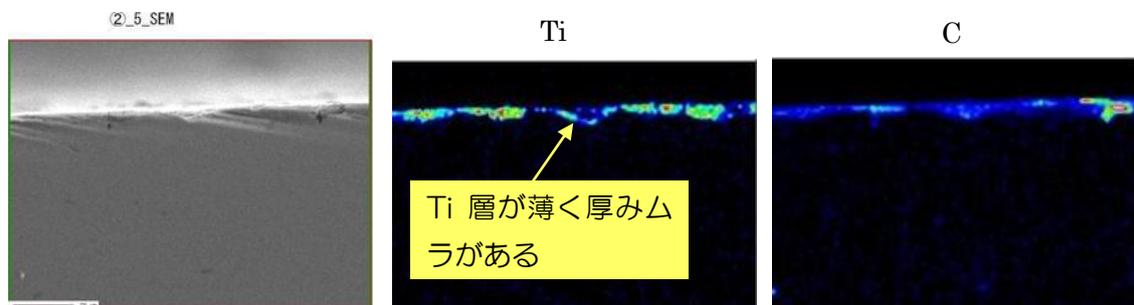
断面の解析結果を図8・表6に、硬度の測定結果を表7に示す。



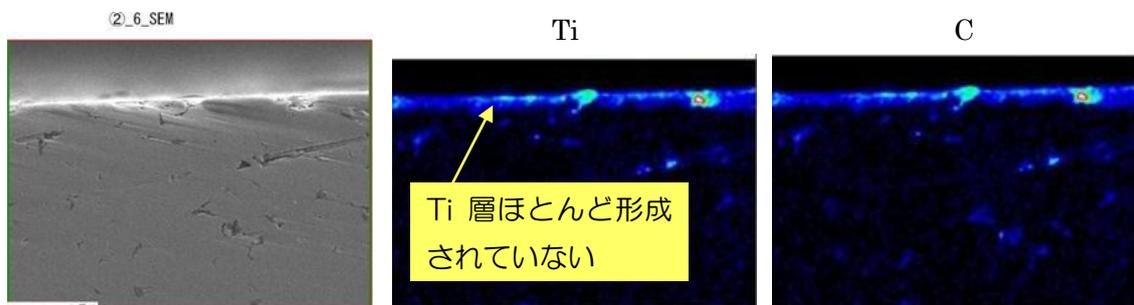
ワイヤー放電粗加工・MSP処理後の精研削面（図7-①）



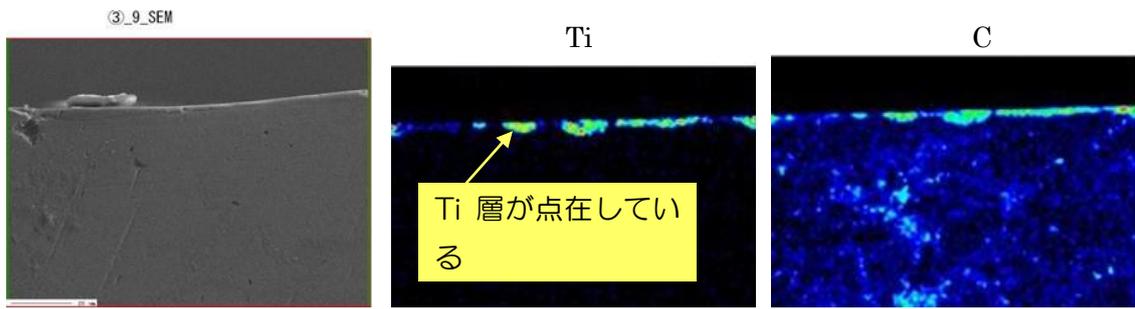
ワイヤー放電精加工後の精研削面（図7-②）



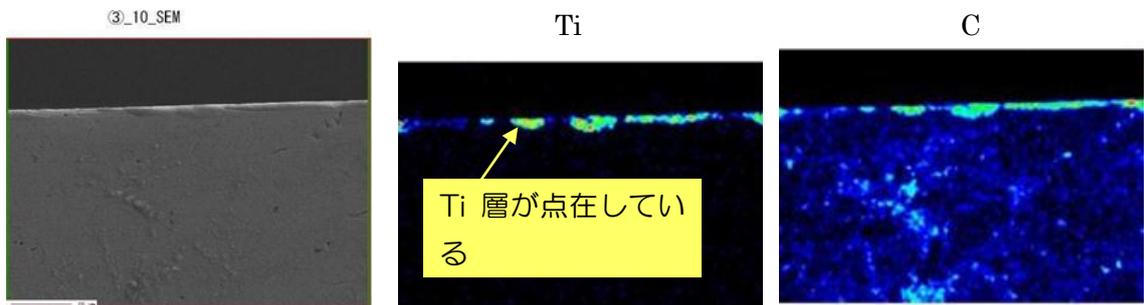
ワイヤー放電精加工・MSP処理後の精研削面（図7-③）



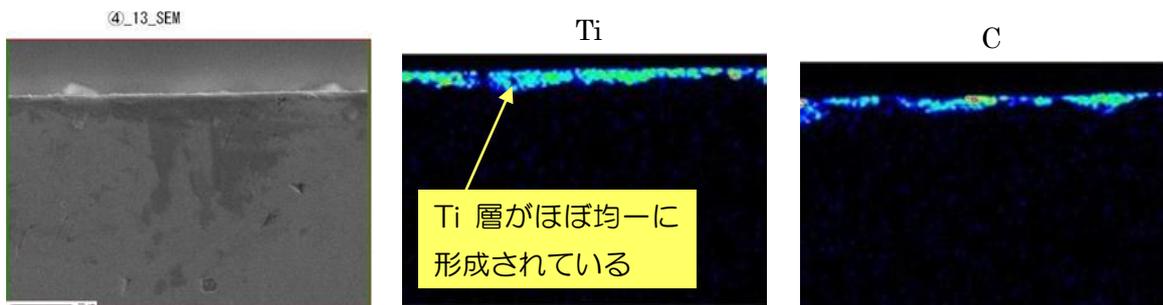
ワイヤー放電精加工後の精研削面（図7-④）



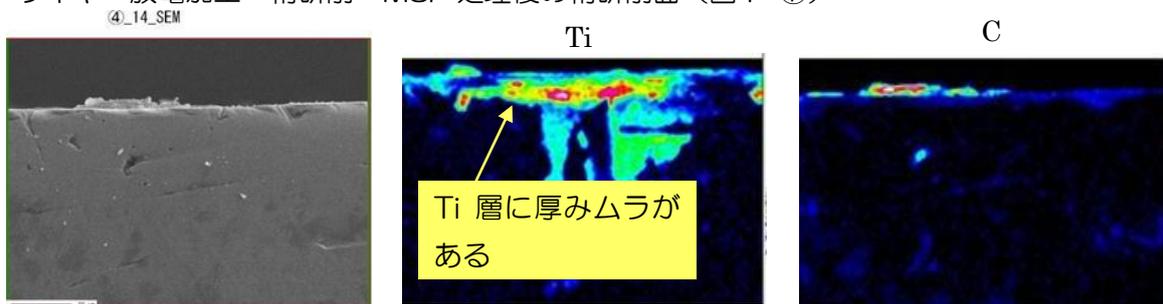
ワイヤー放電加工・粗研削・MSP 処理後の精研削面 (図7-⑤)



ワイヤー放電加工・粗研削後の精研削面 (図7-⑥)



ワイヤー放電加工・精研削・MSP 処理後の精研削面 (図7-⑦)



ワイヤー放電加工・精研削後の精研削面 (図7-⑧)

図8 断面の解析結果

表6 断面の解析結果

	MSP 処理の有無	層	分析結果
ワイヤー放電粗加工	○	Ti 層	層が点在している箇所がある
		C 層	層がほとんど形成されていない
	-	Ti 層	層が形成されていない箇所がある
		C 層	層がほとんど形成されていない
ワイヤー放電精加工	○	Ti 層	層が薄く厚みムラがある
		C 層	層がほとんど形成されていない
	-	Ti 層	層がほとんど形成されていない
		C 層	層がほとんど形成されていない
粗研削	○	Ti 層	層が点在している
		C 層	層が形成されていない箇所がある
	-	Ti 層	層が点在している
		C 層	層が形成されていない箇所がある
精研削	○	Ti 層	層がほぼ均一に形成されている
		C 層	層が比較的均一に形成されている
	-	Ti 層	層に厚みムラがある
		C 層	層がほとんど形成されていない

②硬度の測定結果（測定箇所は図9参照）

硬さ基準片は800HVで測定は荷重10g・時間5secの条件で実施した。

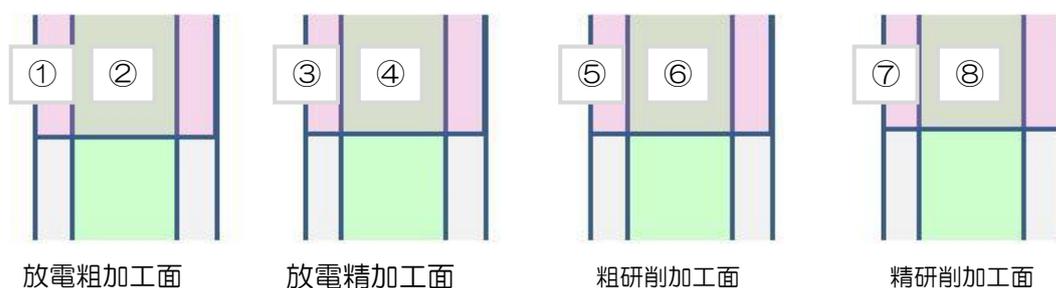


図9 硬度の測定箇所

- ① ワイヤー放電粗加工の状態の基材にMSP処理を行い。精研削した面
- ② ワイヤー放電精加工（①の後）の状態の基材にMSP処理を行い、精研削した面

- ③ 粗研削（①②の後）の状態の基材に MSP 処理を行い
精研削した面
- ④ 精研削（①②③の後）の状態の基材に MSP 処理を行い、
精研削した面

表7 硬度測定結果

測定箇所	硬度 (HV)	
	Max	Min
①	-	-
②	2204	1604
③	1188	297
④	2283	1652
⑤	413	293
⑥	1810	1604
⑦	262	228
⑧	2130	1604

※①については、基材表面状態が粗いため測定不可。

2-3. 改質面の加工技術の開発

MSP 処理直後は母材表面に膜が盛り上がり、そのままでは金型としての使用に適さない(図 10)。そのため、表面研削を行う。初年度では砥石の粒度別の研削加工を行い、砥石番手の大きい砥石を用いて加工を行うことが実研削量と摩耗量の数値を基に最適であることが分かった。前年度はさらに、①砥石周速、②テーブル速度の 2 つの条件に付いて試験を行い、最適な研削加工条件を探求した。

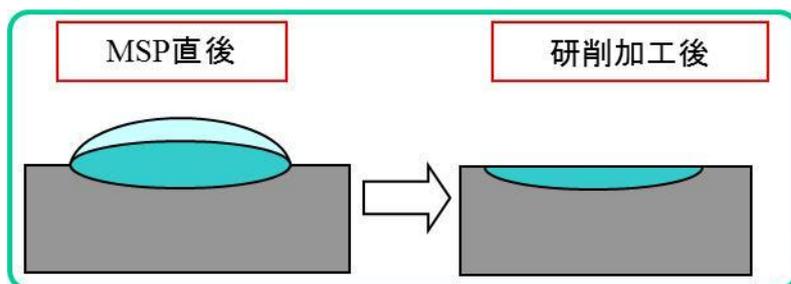


図 10 MSP 処理後の基材表面と研削加工後の基材表面の模式図

研究の結果、TiC 処理及び Si 処理の最適研削条件を開発することができた。また、面粗度も目標値の $Ra=0.1 \mu m$ を達成した。

本年度は、改質面の加工技術の開発として前年度までに得た知見を基に、基材の MSP 処理の状態が MSP 処理後の研削にどのように影響するかを評価する。

前年度は、平面部に対する加工技術の開発を行い目標を達成した。本年度はさらに開発を実用化させるために、立体形状における加工技術を開発する。

2-3-1. 立体形状に対する改質面の加工技術の開発

(試験内容)

図 11・図 12 のようなパンチ金型を想定した立体形状を作成し、MSP 処理を行う。その後、コンタリング加工（立体形状加工）を行い面粗度と硬度を測定する。なお、基材は S45C を使用する。

基材 1：モーターコアパンチ想定

基材 2：シェーピングパンチ想定

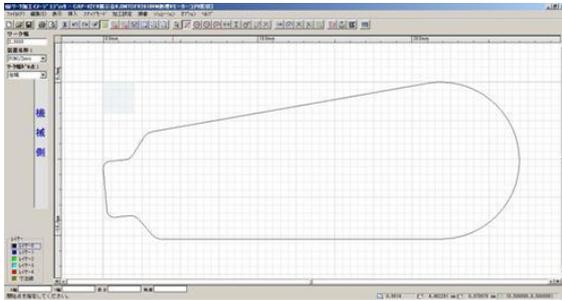


図 11 基材 1 の形状

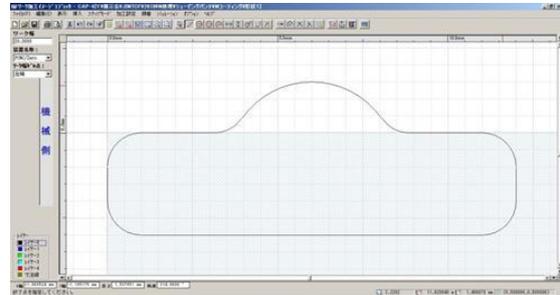


図 12 基材 2 の形状

(試験結果)

基材 1・基材 2 のような立体形状に対して、表 9 の加工条件にて研削を行い、面粗度と硬度を測定した。その結果、面粗度は研削加工後 $0.2\mu\text{m}$ で硬度は 1400HV となった（表 8）。研削加工をした後でも、MSP 処理によって硬度を高く維持したまま面粗度を MSP 処理後よりも向上させることができた。

なお、加工後の基材 1・2 の写真を図 13・14 に示す。

表 8 試験結果

	面粗度 (μm)		硬度 (HV)	
	MSP 処理後	研削加工後	MSP 処理後	研削加工後
基材 1	9	0.2	1800	1400
基材 2	20	0.2	1800	1400

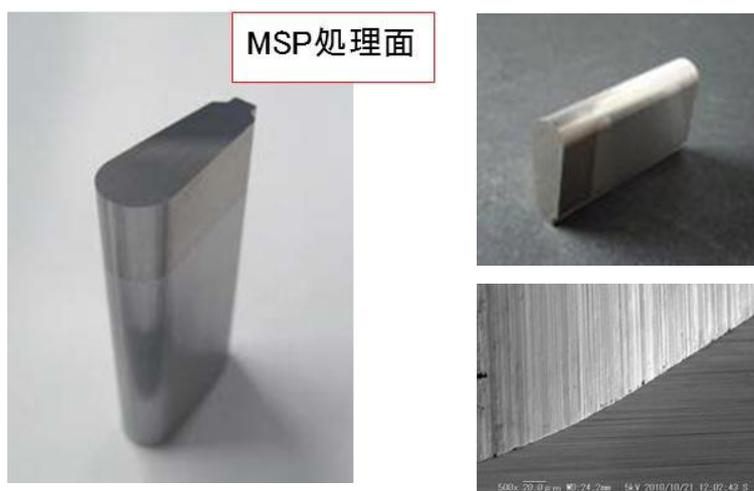


図 13 加工後の基材 1 の写真



図 14 MSP 処理後と研削加工後の基材 2 の写真

2-4. 立体形状金型へのMSP処理技術の開発

前年度までは、主として開形状の平面に対するMSP処理及び研削加工について開発を行ってきた。しかし、金型部品はキャビティ部やゲート部等は立体的な形状をしていることが多い。開発を進めていく中で、川下ユーザーより金型キャビティ部やゲート部等の立体的で特に磨耗の激しい部分に対する耐久性・耐蝕性向上のニーズを得るとともに、早期実現の要望を得た(図15)。

しかし、平板の基材にMSP処理をする場合に比べ形状のある基材にMSP処理した場合、MSP処理層の厚みにムラができると想定される。この厚みムラをなくすことが、形状のある基材における研究開発を推進するために必要であると考えられる。

そこで本年度は、底面・壁面・斜面を有する基材形状に対して、MSP処理の開発を行う。これにより、曲面・キャビティ部等複雑な形状をもつ金型に対して必要な部分のみに効率的に耐久性・耐蝕性を向上させる表面処理および二次加工を確立する。

上記の開発を実現するために、基材の形状に合わせて電極を加工し、MSP処理を行う。そのために、電極を加工する装置と電極の形状精度を測定する装置が必要である。そこで、電極に損傷を与えず非接触で加工ができるワイヤー放電加工機⁵を導入するとともに、ワイヤー放電加工(図16)で加工した電極の形状精度測定にレーザープローブ測定器⁶(図17)を用いることとする。

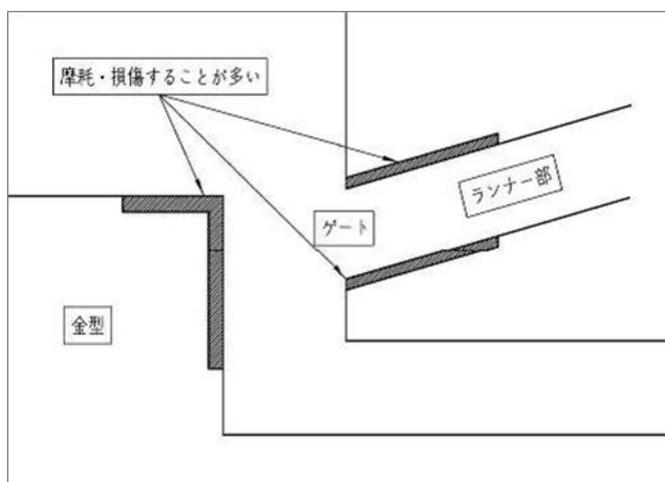


図15 金型における磨耗・損傷の多い箇所の模式図

⁵ 本試験では、三菱電機株式会社のNA1200Pという型式のワイヤー放電加工機を導入した。

⁶ レーザープローブ測定器とは、レーザーを使用して機上で形状の測定を行うものである。内蔵のCCDカメラにより測定点を確認し、レーザーで非接触測定を行うことができる。本試験では、三鷹光器株式会社のMP-3Eという型式のレーザープローブ測定器を導入した。



図 16 ワイヤ放電加工機



図 17 レーザプローブ測定器

2-4-1. 立体形状のモデル

本試験では、(1) 段差形状、(2) 台形状—90度垂直壁を有する形状、45度斜面を有する形状、25度斜面を有する形状—の計4種類を立体形状の想定される形状として検証を行う。なお、基材にはNAK80を使用する。

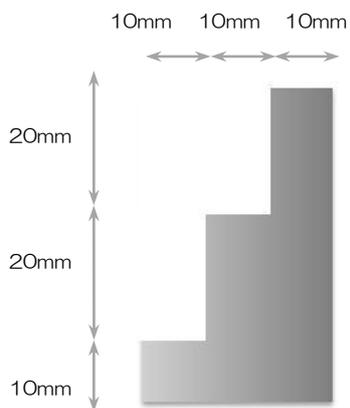


図 18 段差形状モデル

(1) 段差形状 (図 18)

電極の形状をワイヤ放電加工で形成する場合、ワーク形状に合わせるため電極の深さに差異が出る。この電極深さの差が、MSP 処理面にどのような影響を与えるのか検証するために、段差形状の検証を行う。なお段差形状の検証では、左図の形状・寸法の基材を使用する。

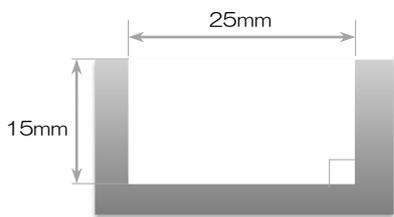


図 19 台形形状モデル

(2)-1 台形形状—90度垂直壁を有する形状(図19)
閉形状・凹形状の金型を想定して、台形形状を検証する。これは、底面・壁面に対する開発・評価が不足しているからである。そこで、台形形状の検証として、左図のような底面と90度の垂直壁面を有する基材を使用する。

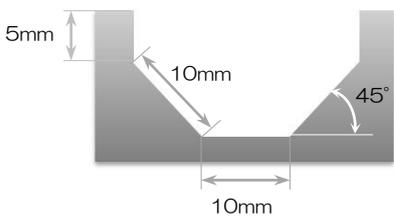


図 20 台形形状モデル

(2)-2 台形形状—45度斜面を有する形状(図20)
閉形状・凹形状の金型を想定して、斜面を有する台形形状の検証を行う。(2)-1同様、底面・壁面を評価するとともに、評価が不足している斜面に対して検証を行うことができる。左図のような底面と45度斜面・90度垂直壁面を有する基材を使用する。

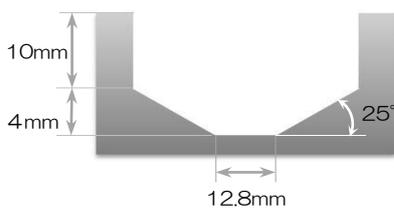


図 21 台形形状モデル

(2)-3 台形形状—25度斜面を有する形状(図21)
(2)-2のような斜面を有する形状で、斜面角度が異なる場合における評価を行う。そのため、左図のような底面と25度斜面・90度垂直壁面を有する基材を使用する。

2-4-2. 検証における手順

2-4-1. 立体形状モデルにて記載した、4種類の形状について下記の手順で検証を行う。

1. 電極をワイヤー放電加工機で基材形状に合わせて加工する(図22)。

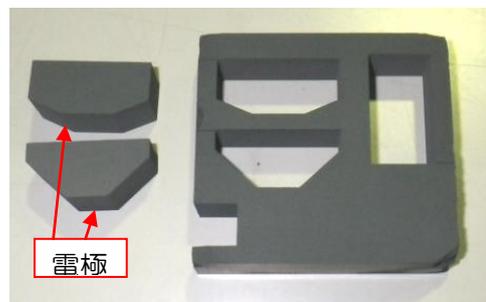


図 22 ワイヤー放電加工による電極形状成形

2. レーザープローブ測定器にて電極の形状を測定する。

本試験での測定は下記の条件にて行う（表9）。

なお、測定の様子を図23に測定結果を表10に示す。

表9 測定条件

AF（オートフォーカス）速度	高速
AFゲイン	Standard
AFセンサ	SELECT ⁷
サンプリング間隔	0.05 秒

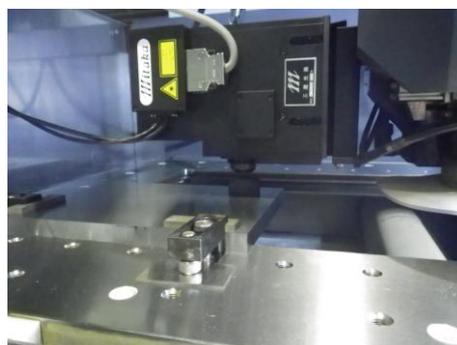


図23 測定の様子

表10 測定結果

形状	基材	電極形状 (μm)	
	(μm)	Max	Min
(1) 段差形状	±2.0	1.9	-6.1
(2) -1 台形状 (90度)		5.3	-6.0
(2) -2 台形状 (45度)		13.0	-7.5
(2) -3 台形状 (25度)		2.4	-6.7

※基材形状の測定結果は、微細形状計測測定器による

3. 電極をドレス条件⁸にて加工し、形状精度出しを行う。

4. レーザープローブ測定器にて電極の形状を測定する。

ここで、検証における手順2・3・4の例を示す。

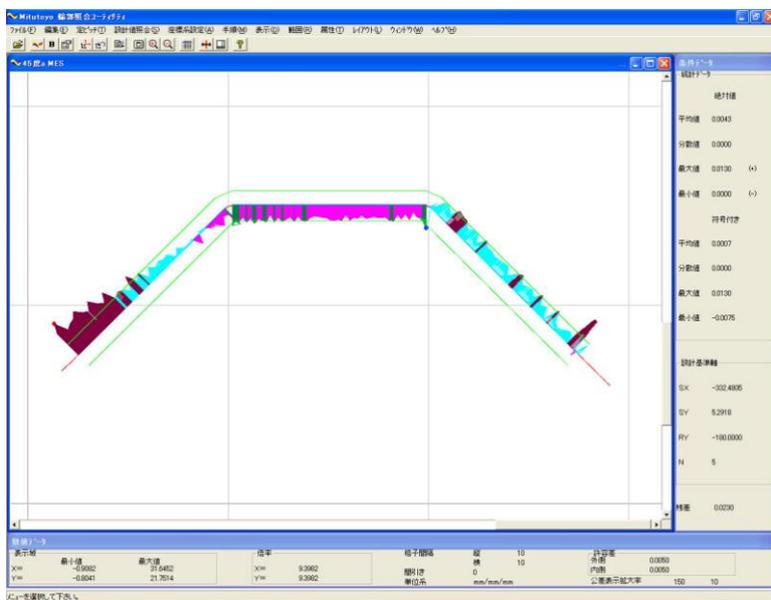
図24は形状モデル(2)-2 台形状-45度斜面を有する形状のワイヤー放電加工後の電極形状、図25は図24の電極をドレス条件によって形状精度出しを行った電極形状である。

図26は、形状モデル(2)-3 台形状-25度斜面を有する形状のワイヤー放電加工後の電極形状、図27は図26の電極をドレス条件によって形状精度出しを行った電極形状である。

⁷ AFセンサのSELECTとは、大きな段差がある場合にも精度よく測定できるモードである。

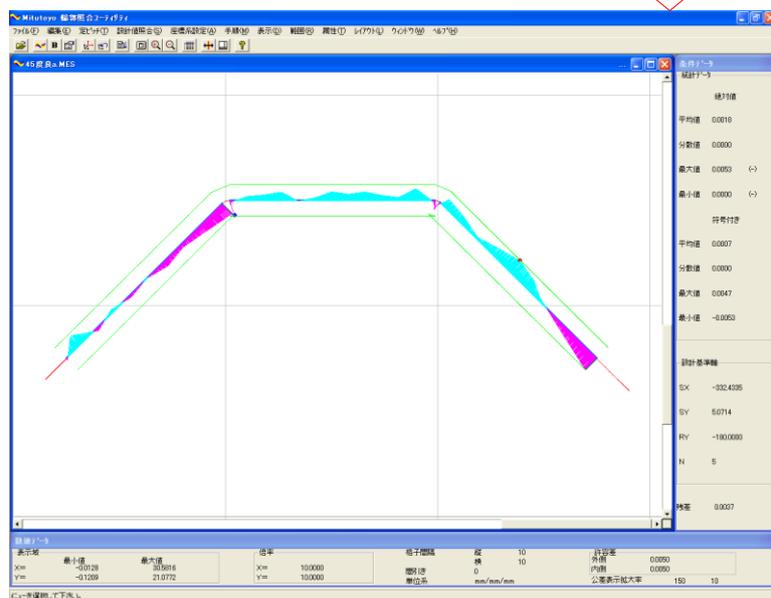
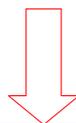
⁸ ドレス条件とはMSP処理の条件を変えて電極だけ摩耗させる条件のことである

(2) - 2 台形状—45度斜面を有する形状



最大値 : $13.0 \mu\text{m}$
最小値 : $-7.5 \mu\text{m}$

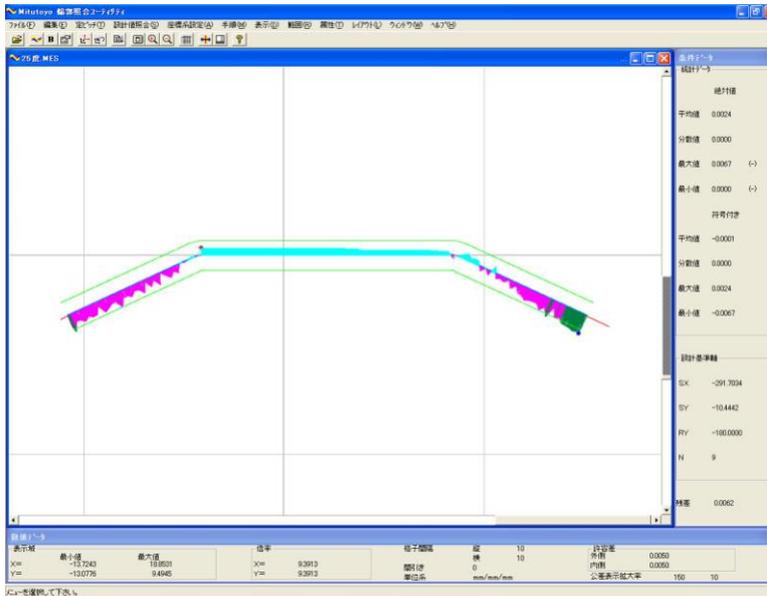
図 24 ワイヤー放電加工後の電極形状



最大値 : $4.7 \mu\text{m}$
最小値 : $-5.3 \mu\text{m}$

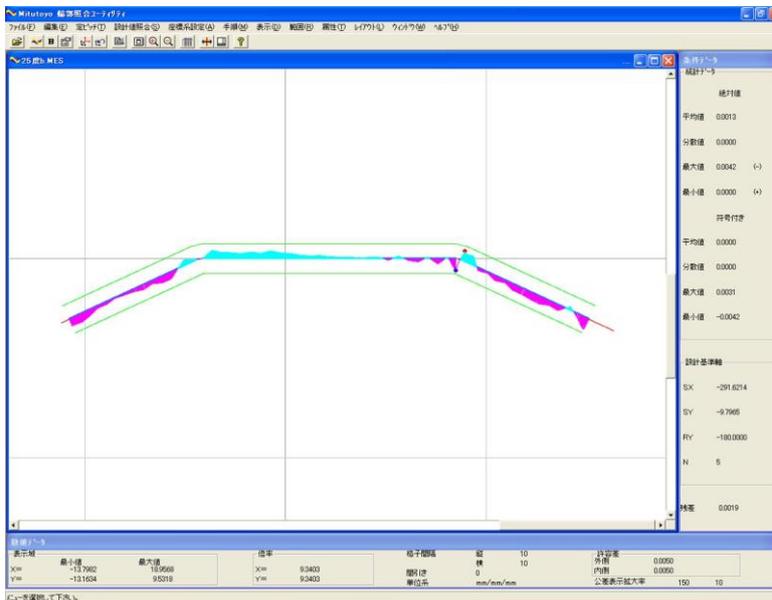
図 25 ワイヤー放電加工機のドレス条件による形状出し加工後

(2) -3 台形状—25度斜面を有する形状



最大値 : 2.4 μ m
最小値 : -6.7 μ m

図 26 ワイヤー放電加工後

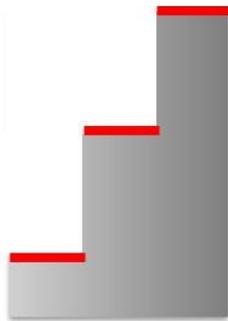


最大値 : 3.1 μ m
最小値 : -4.2 μ m

図 27 ワイヤー放電加工機のドレス条件による形状出し加工後

5. 基材に MSP 処理を行う。

※MSP 処理を行う面の順序は、①赤色、②黄色、③青色とする (図 28)



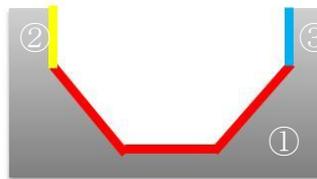
(1) 段差形状



MSP 処理の様子



(2) -1 台形状-90度



(2) -2 台形状-45度斜面



(2) -3 台形状-25度斜面

図 28 MSP 処理の順序の模式図

なお、MSP 処理は試作型新電極を使用して、弱条件にて検証する。

6. MSP 処理を行った面を測定・評価する (2-4-3. 検証結果参照)

2-4-3. 検証結果

(1) 段差形状における検証結果

(測定箇所)

以下、段差形状における測定箇所を図 29 に使用した電極と基材の写真を図 30 に示す。

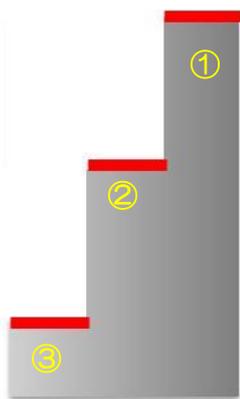


図 29 測定箇所模式図

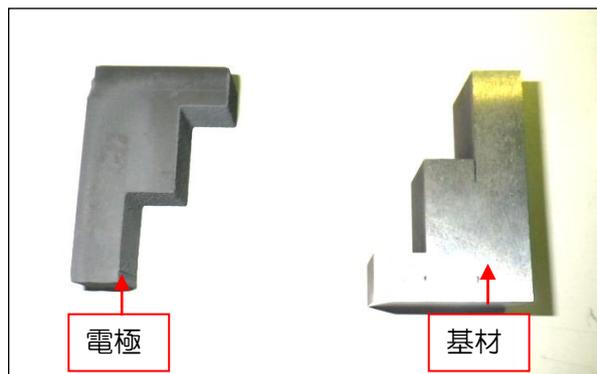


図 30 実際に使用した電極と基材の写真

(結果)

段差形状における検証では、電極の深さによって Ti 層にムラができた。面形状が同一のものであれば、MSP 処理層に差が出ないと考えられる。

図 29-①には MSP 処理面に壁がなく、図 29-②と図 29-③には MSP 処理面に壁があることが MSP 処理の断面に差異をもたらした可能性がある。

なお、断面の解析結果は図 31 に示す。

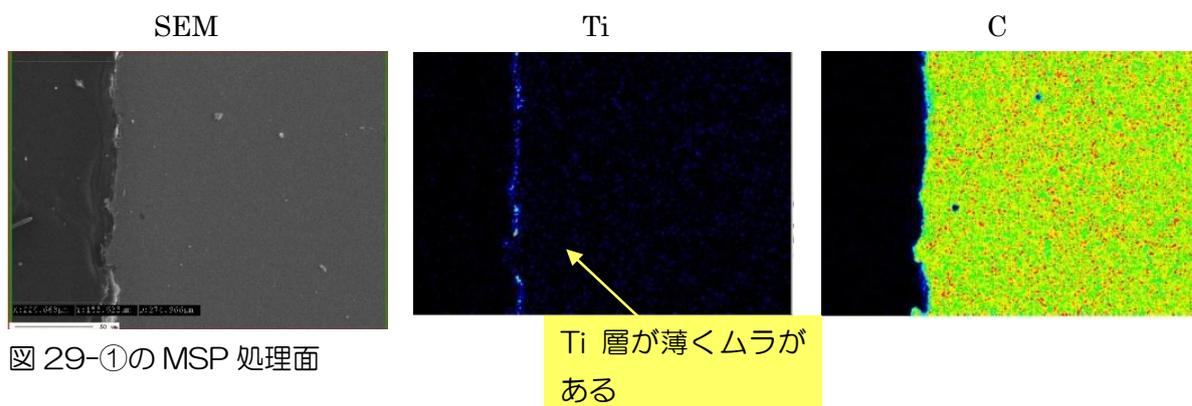


図 29-①の MSP 処理面

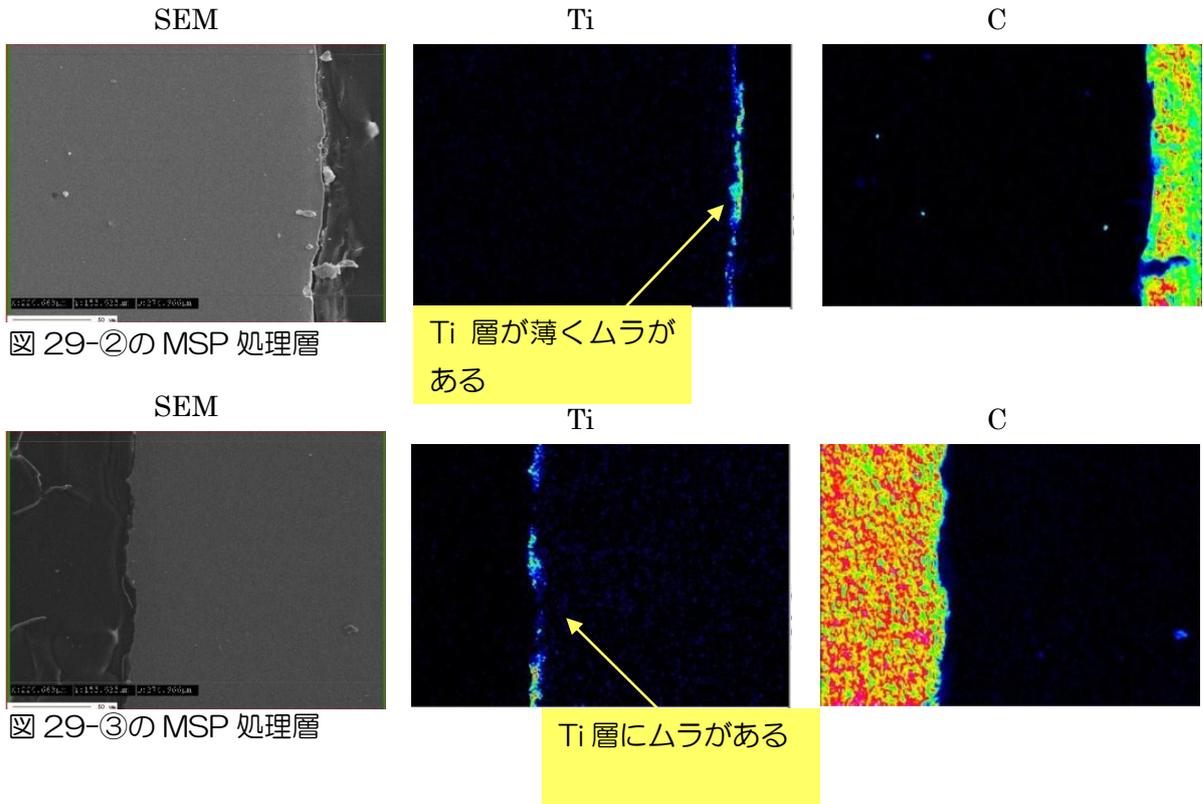


図 31 断面の解析結果

(2) 台形状における検証結果

(2) -1 台形状—90度垂直壁を有する形状の検証結果

(測定箇所)

以下、図 32・図 33 に台形状 (2) -1 における測定箇所を示す。

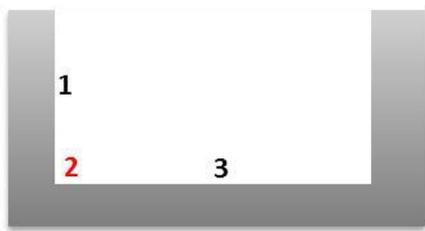


図 32 断面の解析箇所模式図



図 33 硬度の測定箇所模式図

(結果)

台形形状—90度垂直壁面の検証では、底面と90度垂直壁を有する凹形状の場合、エッジ部と垂直部分にTiの厚みムラができる結果となった。また、底面と壁面にも厚みムラが発生している。硬度においては、底面と壁面に大きな差異は見られなかった。

広い角度でのMSP処理よりも角度が鋭角な方が電極は消耗しやすいと考えられている。電極の送り方—例えば、90度の各部のみ斜線方向でMSP処理を行うなど—を変化させる、あるいは揺動加工と呼ばれる複数軸を同時に動かす加工方法で1回の工程でMSP処理を行うなどすることによって、エッジ部のMSP処理が改善されえる可能性がある。

なお、断面の解析結果を図34に硬度を表11に示す。

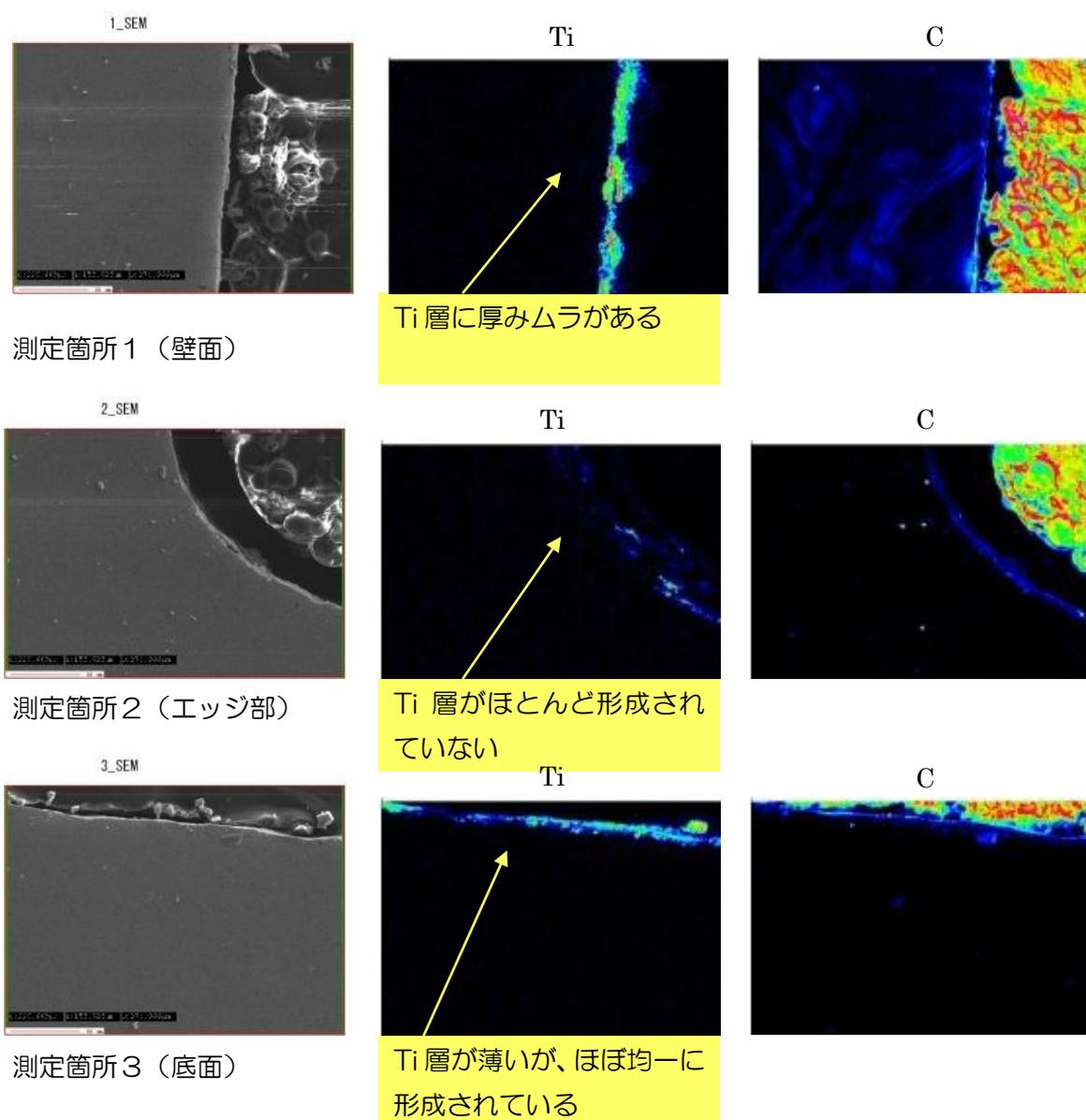


図 34 断面の解析結果

表 11 硬度測定結果

測定箇所	硬度 (HV)	
	Max	Min
1	1251	857
2	1354	1103

(2) -2 台形状—45度斜面を有する形状の検証結果
(測定箇所)

以下、図 35・図 36 に台形状 (2) -2 における測定箇所を示す。

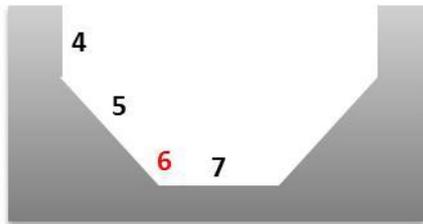


図 35 断面の解析箇所模式図

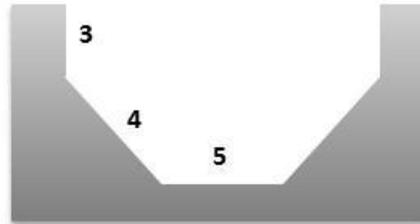


図 36 硬度測定箇所模式図

(結果)

底面と 45 度斜面・垂直壁を有する凹形状の検証では、底面・斜面・壁面の MSP 処理層に厚みムラがなくほぼ均一に層が形成される結果となった。

断面の解析結果を図 37 に硬度を表 12 に示す。



測定箇所 4

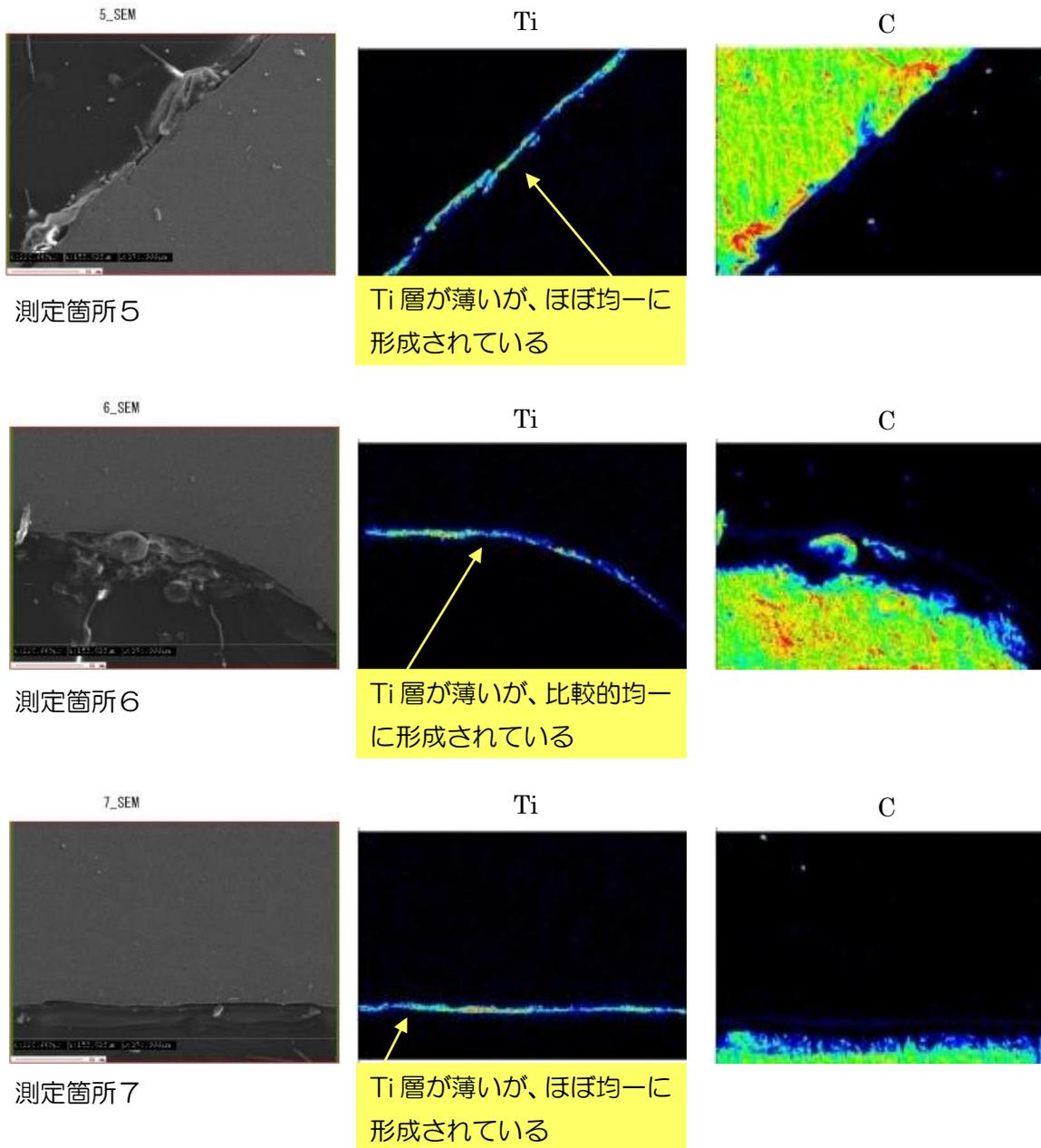


図 37 断面の解析結果

表 12 硬度測定結果

測定箇所	硬度 (HV)	
3	1471	979
4	1219	1051
5	1284	936

(2) - 3 台形状—25度斜面を有する形状の検証結果

(測定箇所)

以下、図 38・図 39 に台形状 (2) -3 における測定箇所を示す。

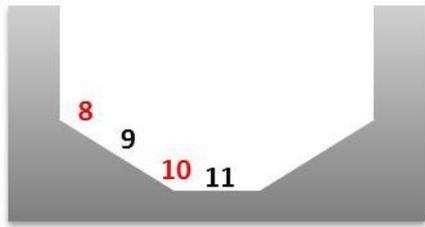


図 38 断面の解析箇所模式図

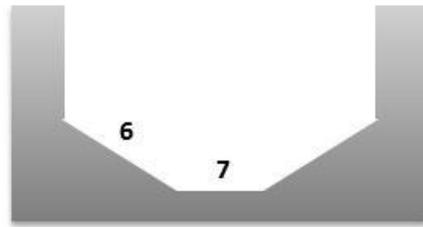
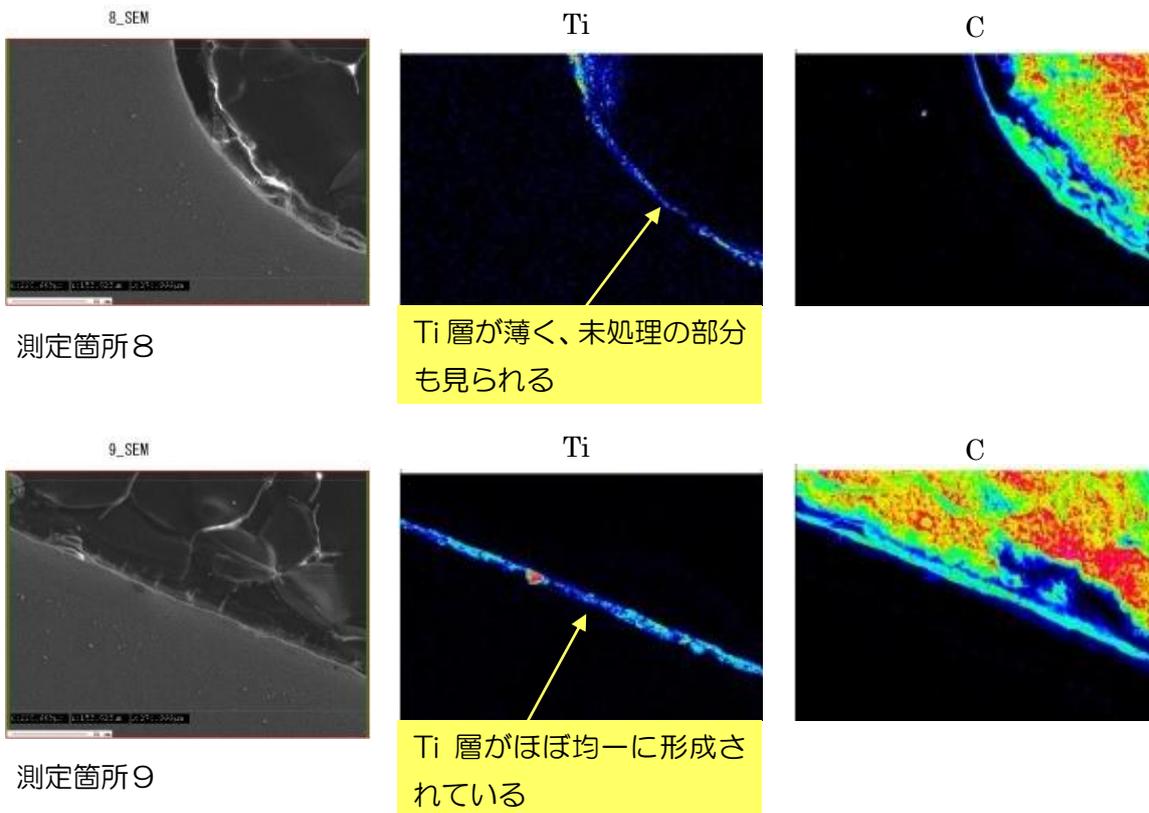


図 39 硬度の測定箇所模式図

(結果)

上記試験の結果、底面と 25 度斜面・垂直壁を有する凹形状の場合、底面・斜面・壁面の MSP 処理層の厚みに若干ムラがあり、未処理部も見られる。

断面の解析結果を図 40 に硬度を表 13 に示す。



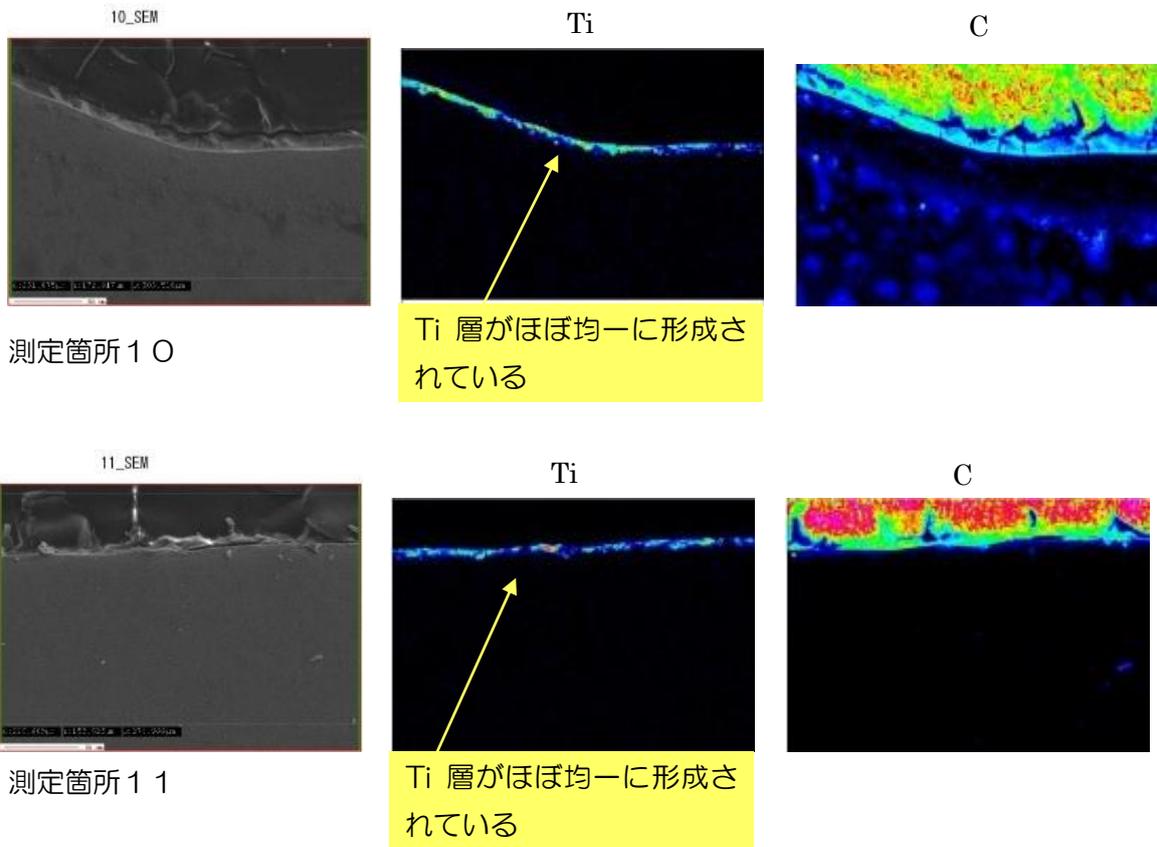


図 40 断面の解析結果

表 13 硬度測定結果

測定箇所	硬度 (HV)	
	Max	Min
6	1188	1026
7	1318	1076

2-5. 実際に使用した部品の耐久性試験

金型部品において、任意の形状で任意の箇所に硬度や耐久性を付与する加工が求められている。このニーズは、実に多種多様である。そこで、川下企業がそれぞれ要求する機能付与や精度の向上を満たすことができるのか、あるいはどの程度満たすことが可能なのかという点について、MSP 処理した金型を用いて検証する。

前年度は、調査に対して、ハサミ刃部分の Ti 処理後の研削加工（M 社）、温間鍛造金型の MSP 処理（M 社）、バンディングプレス金型の外周 TiC 処理について報告を行った。本年度も前年度と同様、川下企業に対する調査を行った（表 14）。

表 14 一覧

調査内容	現状
1. 温間鍛造金型（700 度）の MSP 処理（Ma 社）	第一試験実施。 高いせん断応力に耐えることができなかった。
2. パンチ金型先端部の MSP 処理（T 社）	MSP 処理実施（詳細は下記参照）
3. パンチ金型への MSP 処理と耐久試験	MSP 処理及び耐久試験実施 （詳細は下記参照）
4. ベルビルスプリングへの MSP 処理（I 社）	MSP 処理実施（詳細は下記参照）
5. タレットパンチ作用部の MSP 処理（M 社）	実施評価済
6. バーリングパンチの MSP 処理（M 社）	試験実施済。 高いせん断応力に耐えることができなかった。 →高いせん断応力が作用する箇所に対して MSP 処理の密着性がより重要である。
7. ゴム金型への MSP 処理（P 社）	協議済。 型ができ次第、試験に入る予定。

(1) 温間鍛造金型のMSP処理

温間鍛造金型（700℃）の耐摩耗性改善のため、新 TiC 電極で処理を実施し、MSP 処理（TiC 処理）したサンプル金型を川下ユーザーである鍛造加工事業者を提供した。このサンプル金型において、一定ショット数（数千ショットを想定）における鍛造金型の底面荒れ状態を確認する。

(調査結果)

調査については、第一段階で高いせん断応力が作用して MSP 処理層が消失する結果となった。このため、高いせん断応力が作用する箇所に関して、MSP 処理層の密着性を上げる必要がある。ナガセインテグレックス及び川下ユーザーの双方の研究体制を整えて、継続して試験を行う。

(2) パンチ金型先端部のMSP処理

川下企業より、パンチ金型先端部の改質の要望を受けた。この要望に対して、パンチ金型先端部に実際 MSP 処理の試験を行った。

MSP 処理の様子を図 41 に示す。

(試験内容)

パンチ金型先端部を MSP 処理する。形状物の MSP 処理を行う。なお形状は 4 種類用意する。今回は、4 種類の基材の中で平形状の金型 2 個を使用して試験を行う。

基材 1：先端部 MSP 処理のみ

基材 2：先端部 MSP 処理後、精研削にて基材から $-5\mu\text{m}$ 研削加工を行う

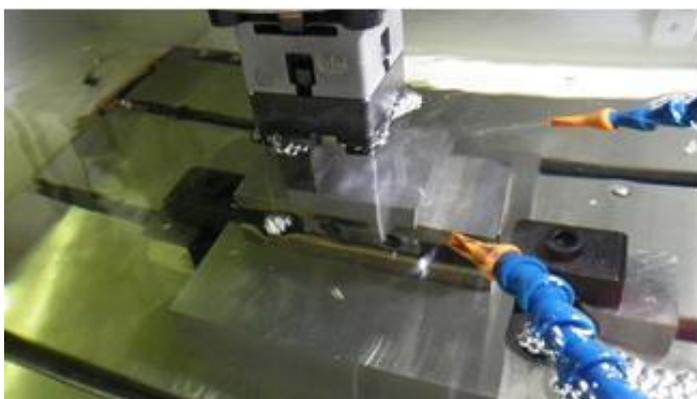


図 41 MSP 処理の様子

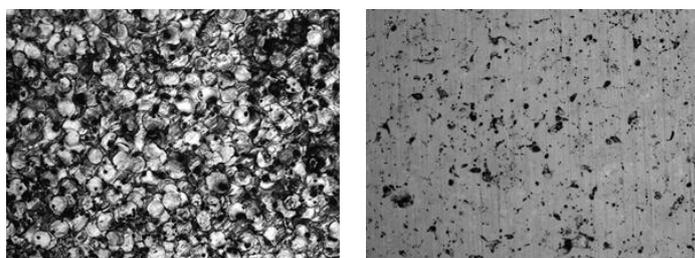
(結果)

試験結果に関しては、ユーザー評価待ちである。

基材1・基材2の表面画像を図42に面粗度を表15に示す。

表15 測定結果

	面粗度 (Ra)
基材1	1.17 μm
基材2	0.08 μm



基材1

基材2

図42 表面画像

(3) パンチ金型へのMSP処理と耐久性試験

パンチ金型にMSP処理を行い、耐久性・耐摩耗性の試験を行った。

(試験内容)

パンチ金型にMSP処理を行い、実際に製品を打ち抜いて製品の返り量で評価する。処理はダイ上面のみに行う。

(試験条件)

- ◇金型材質：SKD11
- ◇打ち抜き材：珪素鋼板 (0.5mm厚)
- ◇打ち抜き回数：100万回

(結果)

MSP処理を行ったパンチ金型では、100万回の打ち抜きでも返りが発生しなかったが、MSP処理を行わなかったパンチ金型は100万回の打ち抜きで返りが発生した。これは、MSP処理を行ったパンチ金型は金型が磨耗していないが、無処理のパンチ金型は磨耗していることを示している。無処理の場合は、約40万回で寿命であるためMSP処理によって2倍以上の耐摩耗性が付与されたと言える(図43)。

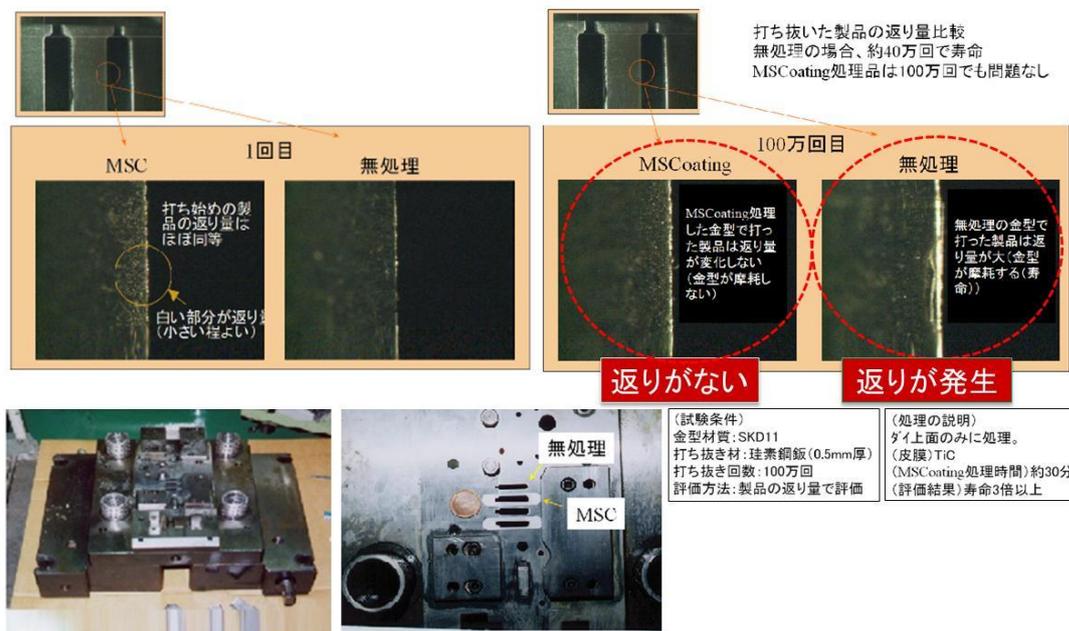


図 43 パンチ金型の試験結果図

(4) 耐腐食性向上のための試験

川下企業より、ベルビルスプリング⁹表面をMSP処理することによってどの程度耐腐食性の向上が見られるか試験したいと要望を受けた。この要望に対して、実際にMSP処理による試験を行った。

(試験内容)

基材部と黒染部のそれぞれにMSP処理を行う。基材は2つ用意し、各々にTiC処理とSi処理を行い評価する。以下、MSP処理箇所を図44に、MSP処理の様子を図45に示す。

⁹ ベルビルスプリングとは、皿ばねのことである。円盤の中心に穴があるリングを円錐状に成形した皿形をしている。

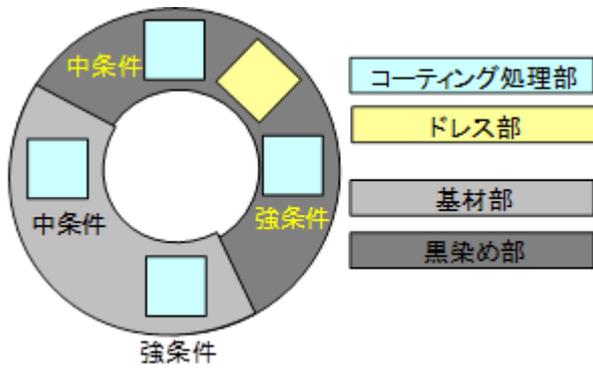


図 44 MSP 処理箇所の模式図



図 45 MSP 処理の様子

(結果)

耐腐食性については、ユーザー評価待ち。

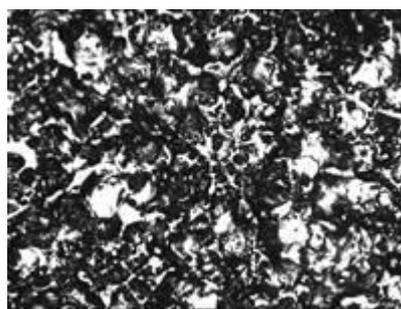
TiC 処理面と Si 処理面の面粗度を表 16 に MSP 処理後の表面画像を図 46 に示す。

表 16 MSP 処理面毎の面粗度

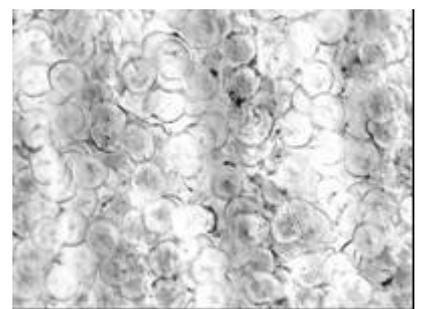
	面粗度
TiC 処理部 (中条件)	1.4 μm
TiC 処理部 (強条件)	2.3 μm
Si 処理部	0.2 μm



TiC 中条件



TiC 強条件



Si

図 46 MSP 処理後の表面画像

(5) その他の調査

①調査内容：コーティングダイのリップ部分の TiC 処理 (M 社)

目的：リップ部の強度向上目的

調査結果：再トライ計画中

②調査内容：タレットパンチ・バーリングパンチの TiC 処理 (M 社)

調査結果：評価済

③調査内容：ゴム金型への MSP 処理 (P 社)

調査結果：ゲートへの処理する実験にて、円錐穴に処理する方法が試作段階。

実型を使用した応用研究は未実施。

2-6. 事業化の検討

本研究開発成果を用い、下記（１）から（４）のとおり高耐久性ニーズが高い金型部品等を試作した。また、広く川下企業に提案し事業化を推進するために、MSP 処理及び研削加工を行った部品を JIMTOF2012 展示会に展示した。また、展示会場で川下企業と株式会社ナガセインテグレーションがコミュニケーションをとることによって、高機能金型の研究開発に必要な川下企業のニーズ・情報を収集した。

（１）金属部品の MSP 処理による高寿命化

立体形状の金属部品を想定し、高寿命化の技術提案を行った（図 47）。形状はシートカッターを想定している。基材材質は SKD11 である。加工の結果、硬度 850HV 程度であった基材を 1400HV まで硬度を上げた。また、研削によりシャープなエッジに加工した。このように高寿命化且つ高精度の加工技術を PR した。川下産業からの要望として展示ワークの応用で、裁断機の刃先へのコーティング依頼や工業用ハサミへの応用等波及効果が得られた。

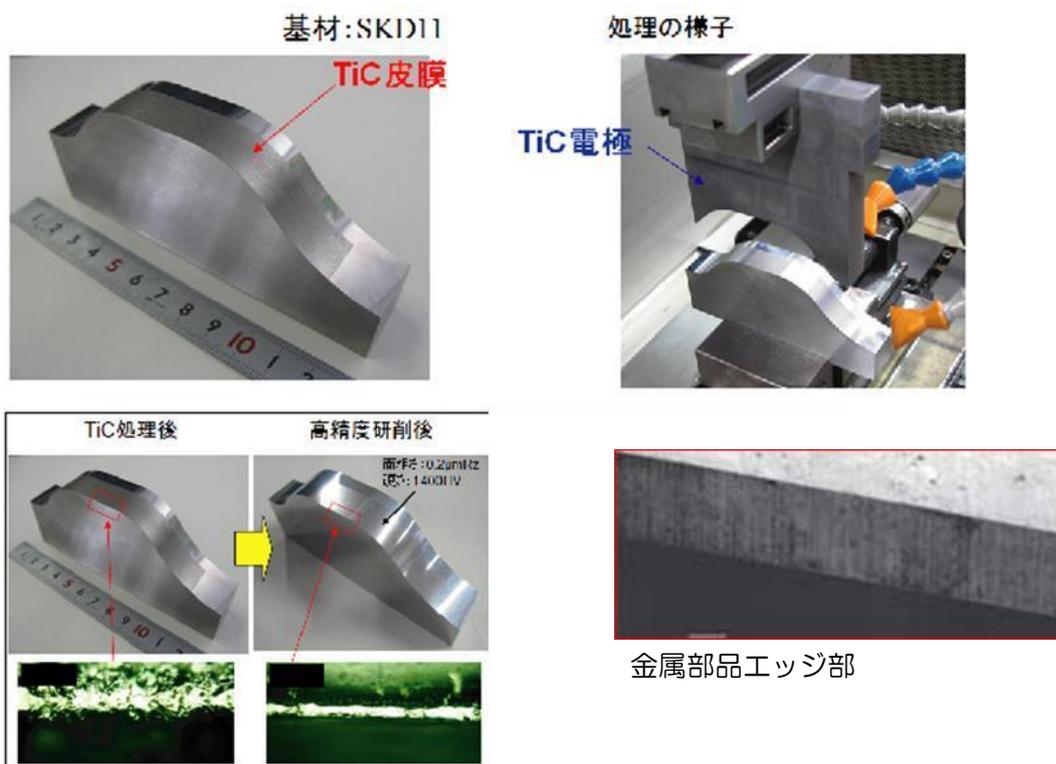


図 47 MSP 処理及び研削加工を行った金属部品

(2) 高精度バイスの口金の高寿命化

株式会社ナガセインテグレックスの研削盤における治具に MSP 処理を行い、部品への高寿命化の技術提案を行った（図 48・49）。

これは、「SHSD-80a」というハイレスプロ¹⁰テーブルの研削盤の自動ワーク交換機能で使用するパレットのツメ部分に MSP 処理を行い、基材から $3\mu\text{m}$ 研削加工を行ったものである。パレットのツメ部分の磨耗を防ぐことで、ワークの保持精度を保つことをねらいにしている。このような小さな範囲に MSP 処理を行っても、基材から皮膜が剥離することがない。この分野は今回新たに株式会社ナガセインテグレックスが提案するところであり頻りに着脱を行う部位に有効だと考える。展示会での川下企業の反応を分析し、今後事業展開を進めていく。

面粗度の測定結果を表 17 に示す。



図 48 加工したパレットの写真

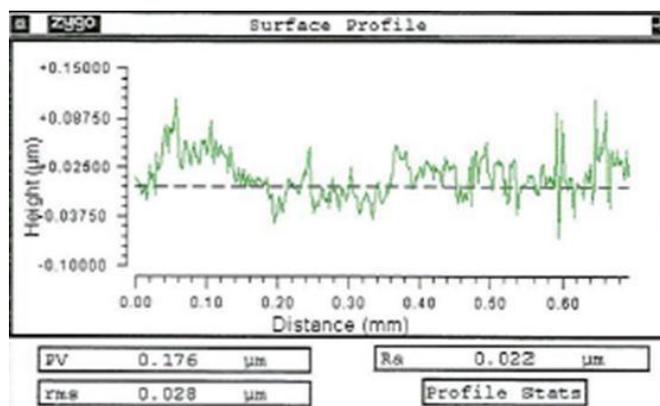


図 49 面粗度のデータ

表 17 測定結果

面粗度 (Rz)	面粗度 (Ra)
0.176 μm	0.022 μm

(3) モータコア金型 ダイへの MSP 処理

モータコア金型のダイ部分に MSP 処理を行い、耐摩耗性を向上させる技術提案を行った（図 50）。基材は SKD11 でサイズは 1880×180×20mm となっている。

面粗度と硬度の測定結果を表 18 に示す。

パンチとダイの対摩耗性向上はリードフレームの金型寿命テストでも示している通り 2.5 倍以上の成果を出している。この分野には今後も積極的に PR し、事業展開を進める。

¹⁰ ハイレスプロテーブルとは高速回転するテーブルのことである。SHSD-80αは、1000 往復/min のテーブル高速回転が可能である



表 18 測定結果

面粗度	0.8 μ m
硬度	HV2000

図50 MSP 処理及び研削加工を行ったモータコア金型

(4) Tダイ (コーター) への MSP 処理

Tダイ (コーター) のリップ部に対して、MSP 処理を行いリップ部の強度向上のための技術提案を行った (図 51・図 52・図 53)。下記ワークは、Tダイに MSP 処理を行った面を精研削加工にて、研削加工を行ったものである。

加工結果は表 19 に示す。

この分野への応用はリップ部のポイドが問題視されている。本年度、材料の提案・電極材料の開発により以前よりポイドの問題が改良できた。今回の展示会で得た新たな川下企業からのニーズを踏まえて、更なる改良をしていく予定である。



図 51 MSP 処理の様子

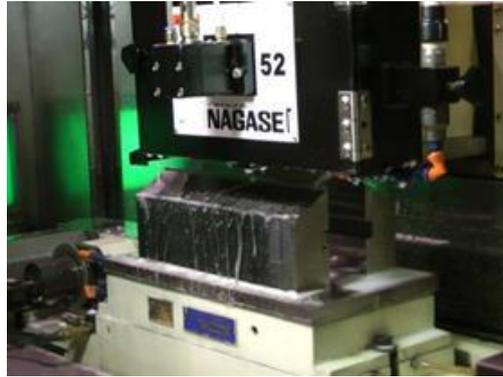


図 52 研削加工の様子

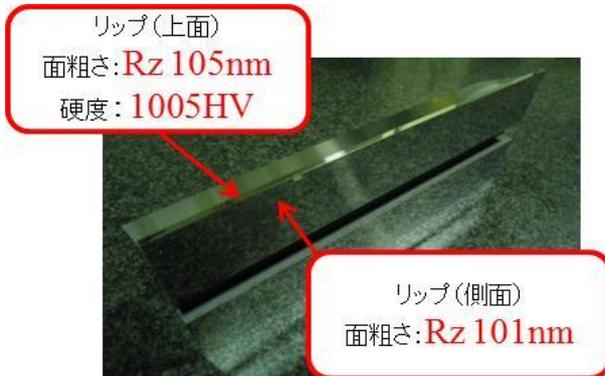


図 53 MSP 処理及び研削加工を行った T ダイ

表 19 加工結果

	リップ (上面)		リップ (側面)	
	面粗度	Rz=105nm	Ra=17nm	RZ=101nm
真直度	0.5 μ m		0.5 μ m	
硬度	1005HV		-	

第3章 全体総括

3-1. 成果総括

本研究開発は、必要な箇所に必要な機能を付与した高機能・高付加価値の金型部品加工の研究開発を行い、その製造技術を事業化することを最終目的として、MSP 条件と研削加工技術の条件開発に取り組むものである。

初年度・前年度で MSP 処理と研削加工の両分野を平行して多様な試験を行い、最適な条件を探求し、成果を得た。これらの成果を踏まえて、さらに立体形状に対して MSP 技術の開発を行った。

以下、本年度の試験の成果を表記する。

1. 基材表面は、ワイヤー放電による切断面よりも研削加工面の方が MSP 処理層は均一になることが分かった。
2. MSP 処理を行う場合、MSP 処理前の基材の状態は粗研削もしくは精研削で研削した状態が最も MSP 処理の効果が得られることが分かった。
3. MSP 処理後に研削加工を行う場合、MSP 処理前の基材の状態は精研削で研削した状態が最も MSP 処理の効果が得られることが分かった。
4. MSP 処理及び研削加工を行う際に、加工前の基材の面粗度が MSP 処理層に影響を与えることが分かった。
5. 立体形状における MSP 処理後の最適な研削条件を開発することができた。
6. 開形状の階段形状で MSP 処理を行い、電極深さによって MSP の対象となる基材に形成される MSP 処理層の厚みに差異がでることが分かった。
7. 90 度壁面を有する凹形状の場合、エッジ部の MSP 処理層が不十分である。同形状の金型に対するニーズも考慮して、さらに条件出しをする必要があることが分かった。
8. 45 度の斜面を有する凹形状の場合、底面・斜面・壁面・エッジ部に MSP 処理層がほぼ均一に形成されることが分かった。
9. 25 度の斜面を有する凹形状の場合、底面・斜面、底面・斜面に MSP 処理層がほぼ均一に形成されることが分かった。
10. 45 度の斜面を有する凹形状と 25 度の斜面を有する凹形状では電極の形状出しを行った。そのため、比較的均一に MSP 処理層が形成されたということが分かった。
11. 台形形状の 1・2・3 より 90 度のエッジ部では、MSP 処理の密着性が弱いことが分かった。
12. 電極の形状精度によって、MSP 処理層に影響を与える。
そのため、形状を測定し精度出し加工を行う必要があることが分かった。

金型の高寿命化を行う上で金型母材に要求される事は、面粗さがより平滑である事、更にMSP処理後も高番手の砥石を使用しコーティング層を精密に研削する事が重要である事が解った。

またボイドの発生を抑制する手法として電極の種類あるいは、金型母材の材質の影響する事が解ったため、川下産業の要望も加味しながら新しい提案が必要である。

立体形状への適応も精密な電極の作成と精密研削を実施する事で平面部同様MSPの効果を実証された。この技術を用いて幅の広い需要に対応でき、多くの試作加工ニーズに応える事が出来た。

3-2. 今後の課題及び事業化計画

本研究は、金型部品には不可欠な靱性・硬度・耐磨耗性・耐腐食性に優れる高機能・高付加価値金型重要機能部品加工研究開発を行い、その製造技術を事業化するものである。初年度・前年度・本年度の研究開発においてMSP処理技術及び研削加工技術について一定の成果をあげることができた。そこで、これら研究開発で得た知見を元に、耐久性向上の検証を進めるとともに事業化を推進する。

事業化推進活動としては、主に金型部品の開発、高機能金型部品の製造販売、高機能金型の加工請負、展示会への出展、株式会社ナガセインテグレックスの発行する技術情報誌でのPRを考えている。

展示会の出展では、平成24年度は11月にJIMTOF2012に出展し、MSP処理技術の提案を多くのユーザーに向けて発信することができた。このため、展示会に出展し、MSP処理及び検索技術を施した金型を展示することで、金型部品の開発・高機能金型部品の製造販売・高機能金型への加工請負につなげていく。

株式会社ナガセインテグレックスの発行する技術情報誌とは、「INCREDIBLE CONCEPT」という。この情報誌は、株式会社ナガセインテグレックスの技術やその他研削・加工に関わる要素の情報についてユーザーに理解し役立ててもらうために株式会社ナガセインテグレックスが自ら発行している。この情報誌の購読者は全国で約3000人であるため、MSP処理技術及び研削加工技術の提案を行い、事業化を推進する媒体として有効であるといえる。

また、川下企業における要望の調査を継続して行うことで、MSP処理及び研削加工によって賦与された機能（靱性・硬度・耐磨耗性・耐腐食性等）の検証・測定結果を蓄積し、多様なニーズに応えられるようにする。さらに、金型メーカーの現場ニーズを取り込んでいく。具体的なニーズがあれば、金型メーカー等にサンプル提供の協力を得る。

これらに加えて、株式会社ナガセインテグレックスの平面研削盤等の機械に対して、MSP処理を行った治具・機能部品などを組み込んでいくことも視野に入れる。