平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「表面改質技術による金型の高寿命化」

研究開発成果等報告書

平成22年3月

委託者 中 国 経 済 産 業 局 委託先 財団法人鳥取県産業振興機構

< 目 次 >

第1章 研究開発の概要

1-1	研究開発の背	景	• 1	研	究		的	及	び		標									
1 - 1 - 1	研究開発の背	景	• 1	研	究		的			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
1-1-2	研究目標	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
1-2	研究体制																			
1-2-1	研究組織	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
1-2-2	管理体制	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
1-2-3	管理員及び研	究	者			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	6
1-3	成果概要	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
1-4	プロジェクト	連	絡	窓				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	9

第2章 本論(研究開発の成果報告)

2-1	拡散窒化層の最適化技術の確立
2-1-1	高速度鋼への拡散窒化 ・・・・・・・・・・・・ 11
2-1-2	粉末高速度鋼への拡散窒化 ・・・・・・・・・ 16
2-1-3	ガス窒化による拡散窒化処理の検討 ・・・・・・ 19
2-2	硬質皮膜の選定・最適化による耐磨耗性皮膜の開発
2-2-1	∨C皮膜の合成 ・・・・・・・・・・・・・・ 22
2-2-2	VC皮膜の最適組成の検討 ・・・・・・・・・ 27
2-3	金型仕上げ技術の確立
2-3-1	研磨方法の確立 ・・・・・・・・・・・・・ 33
2-3-2	研磨条件の数値化 ・・・・・・・・・・・・ 34
2-3-3	最適研磨条件の確立 ・・・・・・・・・・・・ 34
2-4	金型の寿命評価
2-4-1	金型寿命現状把握 ・・・・・・・・・・・・ 38
2-4-2	表面改質品効果確認、廃型解析 ・・・・・・・ 39
2-5	プロジェクトの管理運営 ・・・・・・・・・ 43

第3章 全体総括		
3-1	研究開発成果	••••• 44
3-2	今後の課題	••••••
3-3	事業化展開	••••••

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

1-1-1 研究開発の背景・研究目的

く背景>

各国において自動車に対する燃費規 制、排気ガス規制等の環境規制が遂次 強化されており、自動車産業では、環 境対応が企業の競争力を大きく左右す る状況となっている。このため、自動 車の軽量化、エンジンの効率向上、燃 料電池のコスト削減、ハイブリッドシ ステムの効率向上、バッテリー、モー



ターその他電子部品の効率向上等が必要となる。さらに自動車のリサイクル性等への配慮も重要となっている。また、原油・原材料の大幅な価格変動や昨今の経済情勢を受け、日欧米の自動車市場は縮小傾向にある中、ますます市場のグローバル化が進み、BRICs市場での低コスト車の出現等、国際的な価格競争は激しさを増している。そのため、魅力ある新商品をスピーディに開発し、市場に投入することが鍵となっている。特に低コスト化の要求は永遠の課題ともいえる。これら部材の製造は、その製品の形状上、従来、機械加工,鍛造,MIM,焼結等で製造するしかなかったが近年コスト低減を目的として特殊な金型によるプレス加工が開発されつつある。これらの部材実現のためのプレス金型は形状も複雑かつ特殊となり、応力集中や部分的摩耗、耐久性に問題が生じている。

<研究目的>

本研究開発では、高強度コーティング皮膜によりプレス金型の長寿命化を実現 することを目的とする。これにより、プレス加工による低コスト部材の実現を促 し、川下企業における部品の更なるコストダウンと高品質化を達成する。

また低コスト化の一方、自動車用部材においては軽量化も大きな目標となって おり、超高張力鋼板など、軽量かつ高強度の材料が次々と開発されている。この ような軽量高強度材料は、硬さなど材料強度特性が高いため加工が困難であり、 軽量高強度材料に対する切削工具や金型は、高い硬度と耐摩耗性・耐久性などが 必要とされている。

このような軽量高強度材料部品,精密複雑形状部材を低コストに製造するための プレス加工プロセスにおいて、金型の耐久性は重要な課題である。これらの実現に おける研究として本研究に取り組む。

<研究の概要>

上記目的を達成するため、本テーマにおいては参画企業の有する表面皮膜処理技術と熱処理技術、及び独自のプレス加工技術の複合加工技術により金型の高寿命化 と高精度・低コスト化を図る。本研究では各要素技術に関わる以下の5つのサブ テーマ実施を持って最終部材コストダウンを達成する。 1.拡散窒化層の最適化技術の確立

- 【1-1】高速度鋼への拡散窒化
- 【1-2】粉末高速度鋼への拡散窒化
- 【1-3】ダイス鋼への拡散窒化
- 【1-4】各種材質の最適拡散窒化技術の確立
- 2.硬質皮膜の選定・最適化による耐磨耗性皮膜の開発
- 【2-1】 VC皮膜の合成
- 【2-2】 VC皮膜の最適組成
- 【2-3】 VC皮膜の傾斜化
- 3.金型の潤滑性改善技術の確立
- 【3-1】 **DLC**皮膜の合成
- 【3-2】硫化物皮膜の合成
- 【3-3】最適潤滑層の評価
- 4.金型と被加工材の潤滑性確保技術の確立
 - 【4-1】 潤滑材基礎データの収集
 - 【4-2】 潤滑材基礎データの数値化
- 【4-3】最適潤滑条件の確立
- 5.金型仕上げ,再研磨技術の確立
 - 【5-1】研磨方法の確立
 - 【5-2】研磨条件の数値化
 - 【5-3】 最適研磨条件の確立

1-1-2 研究目標

<平成21年度補正予算事業において達成すべき目標>

1. 拡散窒化層の最適化技術の確立	目標値	
【1-1】高速度鋼への拡散窒化	①.硬さ	800日7以上
【1-2】粉末高速度鋼への拡散窒化	②.化合物層	無し
	 ③.窒化深さ 	10-100µm で調整
		可能
2. 硬質皮膜の選定・最適化による耐磨	目標値	
耗性皮膜の開発	①.硬さ	3000日>以上
【2-1】 VC皮膜の合成	②.膜厚	1~3µm
【2-2】 VC皮膜の最適組成		
3.金型仕上げ,再研磨技術の確立	目標値	
【3-1】研磨方法の確立	①.カケサイズ	現状のカケの大きさ
【3-2】研磨条件の数値化		の1/5以下
【3-3】 最適研磨条件の確立		

く最終的に達成すべき目標>

金型寿命を現在の2倍に向上させる。

1-2 研究体制



- 1-2-2 管理体制
 - ①事業管理者

[財団法人鳥取県産業振興機構]



②(再委託先)

鳥取県金属熱処理協業組合



株式会社寺方工作所



地方独立行政法人鳥取県産業技術センター



独立行政法人国立高等専門学校機構 米子工業高等専門学校



1-2-3管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人鳥取県産業振興機構

管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
 三王寺 由道 小坪 一之 岡島 加奈 奥田 美也子 杉本 知子 伊藤 昭子 	事務局次長(兼新事業創出部長) 新事業創出部新事業支援グループ特別研究員 新事業創出部経営支援グループ主事 新事業創出部新事業支援グループ事務員 新事業創出部新事業支援グループ事務員 総務企画グループ事務員	[5] [5] [5] [5] [5] [5]

【再委託先】

鳥取県金属熱処理協業組合

	氏名	所属・役職	実施内容(番号)
渡辺	英人	専務理事	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2] [3-1] [3-2]
馬田	秀文	工場長	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
生田	智章	営業技術課長	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
福間	充	営業技術課生産技術係長	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
吉岡	幸一郎	営業技術課研究開発係長	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
中本	孝志	営業技術課参事	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
生田	理	製造課高周波窒化係長	【1-1】【1-2】
竹谷	雅和	営業技術課員	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]

株式会社寺方工作所

	氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
寺方	泰夫	代表取締役社長	[3-1] [3-2] [3-3] [4-1] [4-2]
山田	良一	生産技術課長	【4-1】【4-2】
山田	博昭	金型製造課長	[3-1] [4-1] [4-2]
田中	伸治	業務課営業係長	[3-3] [4-1] [4-2]
溝上	善久	生産技術課生産技術係長	【4-1】【4-2】
大西	正明	金型製造課員	【4-1】【4-2】
倉繁	良文	金型製造課員	【4-1】
野田	峰行	金型製造課員	【4-1】
山﨑	正文	金型製造課員	【4-1】

森本	友和	金型製造課員	【4-1】
秋藤	潤	金型製造課員	【4-1】
種部	和彦	金型製造課員	【4-1】
桝井	智也	金型製造課員	【4-1】
吉本	憲之	技術部設計係員	【4-1】【4-2】
山根	拓実	技術部設計係員	【4-1】【4-2】
土井	順子	技術部設計係員	【4-1】【4-2】
山下	秀和	技術部生産技術課員	【3-1】【3-2】【3-3】【4-1】 【4-2】
石原	聖治	技術部生産技術課員	【4-1】【4-2】
田中	祐樹	技術部生産技術課員	【4-1】【4-2】
松本	茂仁	技術部生産技術課員	【4-1】【4-2】
福井	隆彦	製造部大栄2係長	[4-1] [4-2]
坂根	浩二	製造部大栄2係員	[4-1] [4-2]

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

	氏名	所属・役職	実施内容(番号)
今岡	睦明	無機材料科研究員	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2] [3-1] [3-2] [3-3] [4-1] [4-2]
野嶋	賢吾	無機材料科研究員	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2] [3-1] [3-2] [3-3] [4-1] [4-2]
伊達	勇介	無機材料科研究員	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2] [3-1] [3-2] [3-3] [4-1] [4-2]

独立行政法人国立高等専門学校機構 米子工業高等専門学校

氏名	所属・役職	<u>実施内容(番号)</u>
小田 耕平	物質工学科教授	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]
青木 薫	物質工学科教授	[1-1] [1-2] [2-1] [2-2]

1-3 成果概要

平成21年度補正予算事業において達成すべき目標値に対し表 1-3-1 のような結果となり、ほぼ目標値を達成した。

しかしながら、最終的に達成すべき目標である"金型寿命を現在の2倍に向上" については、表 1-3-2 に示すように最大でも 1.6 倍程度であり今年度の研究のみ では達成できなかった。

以上より最終的目標である"金型寿命を現在の2倍に向上"を達成するには、本 年度の研究で得られた知見をベースに各項目の更なる最適化と3年計画で挙げてい た別小テーマの開発があわせて必要と考えられる。

1.拡散窒化層の最適	目標値	達成値		
化技術の確立	①.硬さ	①.硬さ		
	800日>以上	1200日>以上		
	②.化合物層	②.化合物層		
	無し	無し		
	 ③.窒化深さ 	③.窒化深さ		
	10-100µm で調整可能	ほぼ調整可能。		
2. 硬質皮膜の選	目標値	達成値		
定・最適化による耐	①.硬さ	①.硬さ		
磨耗性皮膜の開発	3000日>以上	約 3000HV		
	②.膜厚	②.膜厚		
	1~3µm	ほぼ調整可能		
2 今刑什トげ 五四	目標値	達成値		
3.並至止上り,再则 麻は術の確立	①.カケサイズ	①現状約 48 µ m		
	現状のカケの大きさ	開発後8µm		
	の1/5以下	1/5以下		

表 1-3-1 目標値と達成値一覧

表 1-3-2 表面改質種とプレスショット数,寿命向上度一覧

		ショット数	寿命向上度(倍)		
	表面改質種別	型A	型B	型A	型B
1	TiCN(市販)	45,000	35,000	現状	現状
2	拡散窒化+TiCN(市販)	60,000	55,000	1.3	1.6
3	拡散窒化+VC(市販)	30,000	20,000	0.7	0.6
4	拡散窒化+VC(技術センター)	50,000	40,000	1.1	1.1

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

事業管理者

法 人 名:財団法人鳥取県産業振興機構
 代表者役職・氏名: 理事長 金 田 昭
 住所:〒689-1112 鳥取県鳥取市若葉台南7丁目5番1号
 連絡担当者名:小坪・岡島(新事業創出部)
 Tel:0857-52-6704 Fax:0857-52-6673
 E-mail:kkotsubo@toriton.or.jp、kokazima@toriton.or.jp

第2章 本論

2-1 拡散窒化層の最適化技術の確立

従来の窒化処理によって得られる窒化層は、化合物層および拡散層からなる が、化合物層は高硬度な為、耐摩耗性には優れるが耐衝撃性に劣る。そこで、 コーティングの下地として有効とされる、化合物層が生成されない拡散窒化処 理の最適化技術の確立に取り組む。

目標值•800Hv以上

- 化合物層なし
- 10~100 µm で窒化深さの調整可能
- (1) 試験方法
 - 1) 試験条件

拡散窒化処理には、プラズマ窒化設備を用い、処理温度、ガス比、加熱方法 は一定とし、窒化処理時間を0.17、5、20H r とした。

2) 試験材料

試料には高速度工具鋼、粉末高速度工具鋼を焼入れ焼戻ししたものを用いた。

- (2) 評価方法
 - 1)表面硬度および断面高度の測定

測定にはマイクロビッカース硬さ試験機を用い、荷重 100gで測定を行った。 2) 組織の判定

図 2-1 に SKH51 の腐食液の違いによる断面組織の違いを示す。黒く腐食 される窒化層の深さは同等だが、マーブル試薬による腐食のほうが、より鮮明 になるため、化合物層の判定にはナイタル溶液、窒化深さ判定にはマーブル溶 液を用いた。





SKH51 SKH4 図 2-1 腐食液による断面組織の違い 400倍

マーブル腐食

ナイタル腐食

3) 化合物層の判定

X線回折により窒素化合物層の同定が困難であった為、窒化しないもの、化 合物層が1μm生成されたものと拡散窒化処理を行ったものとを比較した。

4) コーティングの下地としての有効性の評価

窒化なし、および拡散窒化処理を行ったものに TIN コーティングをし、以下の試験で比較した。

①圧痕試験

ロックウェル硬さ試験機によりCスケールで測定し、圧痕周辺を観察し、 評価する。

②スクラッチ試験

試料表面を荷重を徐々に増加させながらダイヤモンド圧子で表面を引っ掻き、薄膜の割れ、または剥離の臨界荷重から評価する。

2-1-1 高速度鋼への拡散窒化

1)表面硬度

表2-1-1に表面硬度測定結果を示す。処理時間に関係なく 1200HV0.1 以上という結果が得られた。

A⊠₹≣	人人米石	HV0.1			
则性	刀親	0.17Hr	5Hr	20Hr	
SKH2	W	1256	1225	1267	
SKH3	W	1256	1298	1246	
SKH4	W	1246	1256	1267	
SKH51	Mo	1267	1256	1256	
SKH55	Mo	1246	1256	1256	
SKH57	\vee	1267	1277	1256	
YXR3	マトリックス	1236	1288	1226	
YXR7	マトリックス	1246	1267	1277	
YXR33	マトリックス	1288	1277	1288	

表2-1-1 高速度工具鋼の表面硬度

2) 断面組織

図2-1-1に断面組織を示す。 倍率は 800 倍で腐食液には 5%ナイタル溶液を使用した。 試料は 20Hr 処理のもので各鋼種とも白色の化合物層は確認できない。





3)窒化深さ

図2-1-2 に 0.17Hr、5Hr、20Hr 処理の腐食による窒化深さと断面硬 度分布による窒化深さを示す。各鋼種とも断面組織、断面硬度分布による深さ に差があり、鋼種別で窒化深さに差があることがわかった。また、処理時間が 長くなるほど鋼種別窒化深さの差は大きくなっている。また、図2-1-3に SKH51 の断面組織と断面硬度分布を示す。黒く腐食される拡散層と断面硬度 分布による窒化深さには差があることがわかる。



高速度工具鋼 0.17Hr処理

高速度工具鋼 5Hr処理



高速度工具鋼 20Hr処理



図2-1-2 高速度工具鋼の鋼種と窒化深さ





4) X 線回折結果

図2-1-4 に SKH51 の 20H r 窒化処理における X 線回折結果を示す。 化合物層が生成された場合のピーク位置には明確なピークは確認できない。また、20°付近に新たなピークが確認でき、窒化物が生成されたものと推測される。



図2-1-4 SKH51のX線回折結果

5) 圧痕試験

図2-1-5 にT i N圧痕試験結果を示す。コーティングの下地としての有効性を確認する為、SKH51 に窒化なし、0.17、5、20Hr 拡散窒化したものにT i Nを処理し、圧痕試験による圧痕の顕微鏡観察を行った。窒化なしのものと比較し大きな剥離、チッピング等は確認できない。



窒化なし+TiN



5H r 窒化+T i N



O.17H r 窒化+T i N



20H r 窒化+T i N

図2-1-5 SKH51の圧痕試験結果

6) スクラッチ試験

図2-1-6にSKH51の各処理時間におけるスクラッチ試験結果を示す。 窒化なしと比較すると、処理時間の増加と共に臨界荷重の増加が確認できる。



図2-1-6 SKH51のスクラッチ試験結果

2-1-2 粉末高速度鋼への拡散窒化

1)表面硬度

表2-1-2 に表面硬度測定結果を示す。処理時間に関係なく 1200Hvo.1 以上という結果が得られた。

细痣	<u> </u>	Hvo.1		
亚 则个里	力規	0.17Hr	5Hr	20Hr
HAP10		1236	1366	1226
HAP40	SKH40	1246	1309	1332
HAP50		1288	1331	1288
HAP72		1264	1309	1277

表2-1-2 粉末高速度工具鋼の表面硬度

2) 断面組織

図2-1-7に断面組織を示す。 倍率は 800 倍で腐食液には 5%ナイタル溶液を使用した。 試料は 20Hr 処理のもので各鋼種とも白色の化合物層は確認できない。





図2-1-7 粉末高速度工具鋼の断面組織

3)窒化深さ

図2-1-8に 0.17Hr、5Hr、20Hr 処理の腐食による窒化深さと断面硬度分布による窒化深さを示す。各鋼種とも断面組織、断面硬度分布による深さに差があり、鋼種別で窒化深さに差があることがわかった。また、処理時間が長くなるほど鋼種別窒化深さの差は大きくなっている。

粉末高速度工具鋼 0.17Hr処理







粉末高速度工具鋼 20Hr処理



図2-1-8 粉末高速度工具鋼の鋼種と窒化深さ

4) X線回折

図2-1-9にHAP72の20Hr窒化処理をおこなったもののX線回折結果を示す。化合物層が生成された場合のピーク位置には明確なピークは確認できない。



図2-1-9 HAP72のX線回折結果

5) 圧痕試験

図2-1-10にHAP72のTiNE痕試験結果を示す。窒化なしのものに は大きな剥離が確認されるが、処理時間の増加に伴い、剥離およびチッピング は減少している。



図2-1-10 HAP72の圧痕試験結果

6) スクラッチ試験

図2-1-11にHAP72のスクラッチ試験結果を示す。窒化なしと比較すると、処理時間の増加と共に臨界荷重の増加が確認できる。



図2-1-11 HAP72のスクラッチ試験結果

2-1-3 ガス窒化による拡散窒化処理の検討

ガス窒化処理での拡散窒化処理が可能かどうか、アンモニア濃度を変化させ 化合物層の確認を行った。処理温度、処理時間を一定にし、アンモニア濃度を 16.7~66.6%に変化させ窒化層の確認を行った。

1) 断面組織

図2-1-12に各アンモニア濃度でガス窒化処理した800倍の断面組織 示す。試料には65HRCに熱処理済みのSKH51を用い、腐食液には5%ナイ タル溶液を使用した。いずれの場合も白色の化合物層が確認できる。



16.7%

33.3%

66.6%



2) X 線回折結果

図2-1-13に X 線回折結果を示す。今回ピークの特定にはいたらなかったが、窒素化合物と思われるピークの増加が確認できた。、



3) 圧痕試験

図2-1-14に上記各濃度でガス窒化後 TiN 処理したものの圧痕試験の表面観察写真を示す。圧痕外周が広い範囲で剥離している。また、剥離面の断面組織には化合物層が確認できる。



16.7%

33.3%

66.6%





未処理+TiN

ガス窒化+TiN 断面組織

図2-1-14 SKH51の圧痕試験表面観察および断面組織写真

まとめ

目標値に対して以下のような結果になった

1)表面硬度

材料が高速度工具鋼で熱処理済な為、母材硬度が 800~1000HVo.1 であったが、拡散窒化処理をすることで 1200 HVo.1 以上と焼入れ焼戻しでは得られない硬度となった。

2) 化合物層無し

顕微鏡による断面組織の観察より、最表面に層状の化合物は確認出来なかった。X線回折による分析では化合物層同定までにはいたらなかったが、文献等で示されている化合物層とのピークの一致も無かった。以上より化合物層は生成していないものと推測される。

また、作成された拡散窒化層はTiN膜との圧痕試験、スクラッチ試験の結果から、コーティングの下地としては有効である事が確認できた。

3) 窒化深さ 10~100 µm で調整可能

窒化深さは処理時間に比例することから、ある程度の目安が出来、調整可能 と考えられる。SKH4、SKH57、HAP50、HAP72 については 100 μm 以上の窒化深さにならなかったが、母材硬度の低下を考慮すると処理時間 は 20H r 程度が妥当と考えられる。

4) ガス窒化による拡散窒化処理の検討

今回の試験条件では、断面組織に化合物層が確認できる。圧痕試験結果では 圧痕外周が広い範囲で剥離しており化合物層の影響と考えられる。

2-2 硬質皮膜の選定・最適化による耐磨耗性皮膜の開発

本項目では、地方独立行政法人鳥取県産業技術センターの既存のイオンプ レーティング装置を利用してバナジウムカーバイド(以下、「VC」と示す)を ベースにした硬質皮膜の合成を行う。

目標値

- ・ 硬さ 3000HV 以上
- ・膜厚1~3µm

2-2-1 VC 皮膜の合成

(1) 試験方法

1) VC皮膜合成設備

皮膜の合成には、中空陰極放電(HCD)方式である(株)不二越製イオンプ レーティング装置 SS-2-8SP を用いた。皮膜合成用原料には、バナジウム (純度 99.9%)、アセチレンガスを用いた。

2) 試験片

試験片は、材質を高速度工具鋼 SKH51 とし、形状は \$\phi25 mm \times 20 mm、 HRC64 に調質した鏡面仕上げ面を有するものを使用した。

3) 皮膜の合成条件

皮膜の合成条件は表 2-2-1 のとおりとし、コーティング時のアセチレン流量 をパラメータとして皮膜を合成した。

表 2-2-1 皮膜の合成条件

アルゴンボンバード条件		
ボンバード時間	:	25min.
ワークバイアス電圧	:	150V

コーティング条件

コーティング時间	•	60min.
ワークバイアス電圧	:	150V
アセチレン流量	:	0~100mL/min.

.

(2)評価方法

合成した皮膜は、硬さ、化学組成、膜厚、摩擦係数による評価及びX線回折 (XRD)による結晶相の同定を行った。

1) 皮膜の硬さ測定

硬さの評価には(株)アカシ製マイクロビッカース硬さ試験機 AAV-4、微 小表面材料特性評価システム装置(株式会社ミツトヨ製ナノインデンター MZT-500 810-830 付) <写真1>を使用した。マイクロビッカースでは 荷重を 98mN (10gf)、ナノインデンターでは荷重を 100mN として、室温



<写真1>

2) 皮膜の化学組成分析

皮膜の化学組成分析には、日立ハイテクノロジーズ(株)製 S-3500H 及び(株) 堀場製作所製 EDX7490-X の SEM-EDX を用いて定量分析を行った。

3) 膜厚測定

膜厚測定は、(株)不二越製球面穴開け装置及び(株)キーエンス製レーザ顕 微鏡 VK-9500 を用いて、 φ20 mm の金属球を使ったカロテストにより顕微 鏡で観察しながら研磨痕を計測し、膜厚を算出した。

4) 皮膜の摩擦係数測定、耐摩耗性の評価

摩擦係数の測定は、高温用摩擦磨耗試験機(CSM 社製摩擦磨耗試験機 TRIBOMETER THT800) <写真2>を用いて、ボールオンディスク法によ り、室温条件下及び 100~400℃の高温条件下におけるドライ環境での摩擦係 数を測定した。主な測定条件は、相手材にアルミナ(φ6.25mm)、しゅう動 速度 0.1m/sec.、しゅう動距離 100m(約 1600 周)として、摩擦係数が安



定している 90~100m の平均値をその皮膜の摩 擦係数とした。また、皮 膜の耐摩耗性評価のため、 摩擦係数測定終了後の試 験片について磨耗痕の幅 を測定した。磨耗痕幅の 測定には(株)キーエン ス製レーザ顕微鏡 VK-9500 を用いた。

<写真2>

5)X線回折(XRD)による結晶相の同定

皮膜の結晶相は、(株)リガク製 RINT2000PC を用いて、管電圧 40kV、 管電流 300mA で、CuK α 線による回折パターンを測定して同定を行った。

(3) 試験結果

1) 皮膜の硬さ

図 2-2-1 にアセチレン流量を変えて合成した VC 皮膜のビッカース硬さを 示す。原料ガスであるアセチレンを導入しない場合、皮膜のビッカース硬さは 300HV であったが、アセチレン流量を増加させるに従って硬度は高くなり、 アセチレン流量が 72mL/min.で約 2900HV、81mL/min.で約 3000HV と なった。ただし、アセチレン流量をそれより多く導入してもビッカース硬さは 3000HV 付近にとどまった。図 2-2-2 に、同じくナノインデンターによって 測定したマルテンス硬さ値を示す。





図 2-2-2 台成した皮膜のマルテンス硬さ (ナノインデンターによる測定)

マルテンス硬さとアセチレン流量の関 係はビッカース硬さの場合と同様で、マ ルテンス硬さはアセチレン流量が 70~ 100mL/min.付近で約 17GPa となった。

参考のため、ビッカース硬さとマルテンス硬さの関係図を図 2-2-3 に示す。両者は良好な正の相関を持っていることを確認した。

2) 皮膜の化学組成

SEM-EDX により皮膜の化学成分を分析したところ、アセチレンを導入しない条件で合成した皮膜からはバナジウムのみが、アセチレンを導入して合成した皮膜からはバナジウムと炭素が検出された。皮膜の化学組成を VCx(x を変数)として整理し、アセチレン流量を変えて合成した皮膜の化学組成を図 2-2-4 に示す。







図 2-2-4 合成した皮膜の化学組成

皮膜の組成は、アセチレン流量を増加させるに従って C 濃度が高くなり、ア セチレン流量が 72mL/min.で V:C=1:0.8 程度となった。 ただし、 アセチ レン流量をそれより多く導入しても VC 量論比は同程度となった。

3) 膜厚

試験片を図 2-2-5 のように取り付けた条件で膜厚を確認した。 コーティング 時間 60 分でコーティングする場合についてアセチレン流量を変えて合成した 皮膜の膜厚を図 2-2-6 に示す。VC 皮膜の膜厚は、アセチレン流量を変化させ ても約 3.2μm となった。また、アセチレン流量を 90mL/min.としてコー ティング時間を変化させた場合の膜厚を図 2-2-7 に示す。 コーティング時間が 長くなるにつれて膜厚が厚くなる傾向が見られた。以上から、膜厚はコーティ ング時間によって制御可能であることを確認した。







写真左:装置内部の様子、右:試験片を取付けた状態





R = 0.994

(コーティング時間 60min.の場合)

(アセチレン流量 90mL/min.の場合)

6

5 4 [mm]

3

마

4) 皮膜の摩擦係数、耐摩耗性の評価 アセチレン流量を変えて合成した皮膜 について、室温で測定した摩擦係数(荷 重 10N で測定) を図 2-2-8 に示す。 アセチレン流量 45mL/min.以上で成膜 した皮膜(2000HV 程度以上)では摩 擦係数がほぼ 0.6 程度となった。また、 耐摩耗性を評価するため磨耗痕幅を測定 したところ、いずれも 0.14~



図 2-2-8 合成した VC 皮膜の摩擦係数 (室温での測定)

0.16mm となり、今回の測定条件下では特段の差異は生じなかった。なお、ア セチレン流量が 45mL/min.よりも少ない皮膜では、測定中に皮膜の磨耗やキ ズの発生が激しく、安定した摩擦係数測定を行うことができなかった。

アセチレン流量 90mL/min.で合成した皮膜(以下、「VC 皮膜 C_2H_2 90mL/min.>」と示す)について、試験片を加熱しながら摩擦係数を測定(荷 重 2N で測定)した結果を図 2-2-9 に示す。表面温度が 250℃までは概ね μ (摩擦係数)=0.6 程度であったが、さらに加熱し 400℃では μ =0.47 とな り、摩擦係数が低下する傾向が見られた。なお、表面は加熱によって徐々に変 色し、400℃では図 2-2-10 に示すようにやや青みがかった色に変化した。





図 2-2-10 摩擦係数測定後の試験片 左から室温、250℃、400℃

5) XRD による結晶相の同定

X 線回折結果を図 2-2-11 に示す。VC 皮膜<C₂H₂90mL/min.>をデータ ベースで検索したところ、炭化バナジウム V₈C₇あるいは V₄C₃とピーク位置が 類似していた。また、VC 皮膜<C₂H₂90mL/min.>を V₈C₇とみなしてピークを 見比べると、VC 皮膜<C₂H₂90mL/min.>は(4,0,0) 面の発達した構造である ことが推測された(V₄C₃とみなせば(2,0,0) 面が発達した構造)。アセチレン 流量を 70~100mL/min.として合成したその他の皮膜についても"VC 皮膜 <C₂H₂90mL/min.>"と同様なピークを示しており、今回の合成条件下で高硬 度を示す領域の皮膜は、[100]方向に発達した V₈C₇あるいは V₄C₃であると推 測された。



図 2-2-11 VC 皮膜の XRD 回折結果

(4) まとめ

合成した皮膜の特性をまとめると以下のとおり。

- HCD 方式イオンプレーティング装置によって、原料にバナジウム及びアセ チレンガスを用いることで、バナジウムカーバイド(VC)皮膜を合成する ことができた。
- •アセチレンガス流量を制御することで、3000HV を有する高硬度な物性を 示す皮膜が合成できた。
- VC 皮膜は、コーティング時間で膜厚を制御することができ、(試験片の設置条件にもよるが) コーティング時間 60min.で概ね 3µm の成膜が可能であった。
- •VC 皮膜の摩擦係数は μ=0.6 程度(室温での測定)であった。
- 3000HV 程度の高硬度な VC 皮膜を同定したところ、[100]方向に発達 した V₈C₇あるいは V₄C₃であると推測された。

2-2-2 VC 皮膜の最適組成の検討

VC 皮膜を金型に適用するにあたり、皮膜の耐摩耗性や密着性等を考慮して 適切な皮膜組成、皮膜構造を決定する必要がある。以下の検討では、最表面に は "VC 皮膜<C₂H₂90mL/min.>"を成膜することとし、基材との密着性を高め るための最適皮膜構造として、VC 単層膜のほか各種の傾斜膜・多層膜の合成 を試みた。

(1) 試験方法

1) VC皮膜合成設備

合成する皮膜は、前述2-2-1(1)に示すイオンプレーティング装置を 使い、皮膜合成用原料についても前述のバナジウム・アセチレンガスのほか、 チタン(純度 99.9%)、窒素ガス(純度 99.9995%)を用いた。

2) 試験片

材質を高速度工具鋼 SKH51 とし、形状が \$\phi25 mm \times 5 mm、 HRC60 に 調質した鏡面仕上げ済みの試験片を用いた。

(2)評価方法

合成した皮膜の膜厚を前述2-2-1(2)に示す方法で測定するほか、合成した皮膜の深さ方向の組成分析を行うためにグロー放電発光分光分析 (GDS)を行った。また、皮膜の密着性に関する評価を行うため、ロックウェ ル硬さ試験機を使用した圧痕の状態観察(圧痕試験)、スクラッチ試験による評 価を行った。

1) GDS による深さ方向の組成分析

皮膜の深さ方向の組成分析には、(株)堀場製作所製グロー放電発光分光分析 装置 JY-5000RF を用いて分析した。

2) 圧痕試験

皮膜の密着性を簡易的に評価する手法として、ロックウェル硬さ試験Cス ケール(HRC)の圧痕周辺の皮膜の付着状態を観察する方法が提案されている。 HRC では、円すい型ダイヤモンド圧子(円すい角度 120°、先端の曲率半径 0.2 mm)を1471 N(150 kgf)の荷重で押し込み、圧子が進入した深さに より硬さを決定するが、圧痕試験では圧痕周辺の皮膜のはく離やクラックの状 態から密着性を比較した。この試験は、(株)アカシ製ロックウェル硬さ試験機 ARK-8 を用いて圧痕を形成し、圧痕の観察は主に(株)キーエンス製レーザ 顕微鏡 VK-9500を用いた。

3) スクラッチ(引っ掻き) 試験

皮膜の密着性を定量的に評価するため に、CSM 社製スクラッチテスタ REVETEST を用いてスクラッチ試験を 行った。試験は、円すい型ダイヤモンド 圧子(円すい角度 120°、先端の半径 0.2 mm) を用いて、10 mm/min.の速 度で直線的に圧子を移動しながら 100 N/min.で徐々に荷重を加え(最大荷重 100 N)、皮膜がはく離する際に発生す る音をアコースティックエミッション (AE) 信号で計測するものである。は く離が始まる(=AE 強度が急激に上昇 する)荷重を臨界荷重(Lc)と呼び、 Lc 値が高いほど密着性が良いとする。 なお、スクラッチ試験における AE 強度 は図 2-2-12 に示すような挙動を典型 的に示す。AE 強度が急激に上昇する部 分を顕微鏡で観察すると、皮膜がはく離 した様子が観察される。



図 2-2-12 スクラッチ試験 測定例 (基材 SKD11、膜種 TiCN) 上:AE 強度の波形 下:荷重 35N 付近のスクラッチ痕

(3) 試験結果

1) VC 単層膜

VC 単層膜の成膜条件を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 VC 単層膜の成膜条件

アルゴンボンバード条件		
ボンバード時間	:	25min.
ワークバイアス電圧	:	150V
コーティング条件		

コーティング時間	:	60min.
ワークバイアス電圧	:	150V
アセチレン流量	:	90mL/min.

これと比較のために、窒化バナジウム(VN)ならびに窒化チタン(TiN)の 各単層膜、最表面に炭窒化チタン(TiCN)を有する多層構造の皮膜(以下、特 に断らない限り「TiCN 膜」と称する)を成膜し、同様の試験を行った。各皮膜 の膜厚、ビッカース硬さを表 2-2-3に示す。

表 2-2-3 単層膜の膜厚、ビッカース硬さ

	膜厚 [μm]	表面硬度 [HV0.01]
VC	3.2	3100
VN	2.9	2400
TiN	3.8	2100
TiCN	4.1	2400

① 圧痕試験

図 2-2-13 に各皮膜の圧痕を示す。VC 単層膜には大きなクラックの発生等 は観察されなかった。TiN、TiCN も大きなクラック等は観察されなかったが、 VN は大きなクラックが発生し、皮膜の密着性が不十分であると推測された。



図 2-2-13 HRC 圧痕 左から順に VC、VN、TiN、TiCN 膜

② スクラッチ試験

図 2-2-14 に各皮膜の Lc 値を示す。VC 単層膜は、実績のある TiN 膜ある いは TiCN 膜よりも Lc 値が低く、単層膜としての使用は密着性の点から難しい ことが考えられた。また、VN 単層膜は VC よりも Lc 値がさらに低く、密着性 改善のための VN の利用は難しいと考えられた。



2) VC~V 傾斜膜

基材と最表面の密着性を高めるために、その中間部分に組成及び硬度が傾斜 する皮膜(傾斜膜)の成膜を試みた。具体的には、コーティング時間内におい て基材との界面にはバナジウム(a 工程)、その後アセチレン流量を連続的に

O→90mL/min.に増加させて皮 膜中の炭素濃度を高め(b 工程)、 最表面にはアセチレン流量 90mL/min.の条件下でVC皮膜 を成膜する(c工程)プログラム で成膜した(以下、この手法で 成膜した皮膜を「VC~V 傾斜 膜」と示す)。成膜条件を表 2-2-4 に示す。成膜した傾斜膜 (case1~3)について、GDS 分析結果を図 2-2-15 に、膜厚 とビッカース硬さを表 2-2-5に 示す。

表 2	2-2-4	VC~V	傾斜膜の成膜条件
-----	-------	------	----------

アルゴンボンバード条件 ボンバード時間 ワークバイアス電圧	: 25min. : 150V
コーティング条件 コーティング時間 アセチレン流量 「mL/min」	: 60min. case1 case2 case3
(a)工程 O (b)工程 O→90 (c)工程 90	1min 1min. 1min 44min 30min. 16min 15min 29min, 43min
ワークバイアス電圧	: 150V





	膨	模厚 [µ m] (グ 最表面	9訳) 傾斜部分	表面硬度 [HV0.01]
傾斜膜 case1	3.6	1.21	2.43	2900
case2	3.4	2.07	1.33	3000
case3	3.3	2.66	0.66	2800

表 2-2-5 VC~V 傾斜膜の膜厚、ビッカース硬さ

① 圧痕試験

図 2-2-16 に VC~V 傾斜膜の HRC 圧痕を示す。いずれの圧痕も皮膜のはく 離やクラック等は観察されなかった。



図 2-2-16 VC~V 傾斜膜の HRC 圧痕 左から順に傾斜膜 case1、case2、case3

② スクラッチ試験

図 2-2-17 に VC~V 傾斜 膜の Lc 値を示す。成膜した 3 種の傾斜膜は、単層膜より も Lc 値が低く、この条件で 成膜した皮膜の使用は難しい と考えられた。



図 2-2-17 VC~V 傾斜膜の Lc 値

(4) まとめ

最表面に VC 層を有する皮膜を金型に適用するにあたり、特に皮膜の密着性 を考慮して適切な皮膜組成、皮膜構造を決定することとした。検討結果をまと めると以下のとおり。

1) 成膜した VC 単層膜および VC~V 傾斜膜は、実績のある TiN 膜あるいは

TiCN 膜よりも Lc 値が低く、密着性の点から金型への適用が難しいと推測 された。

2) 最表面 VC 層と基材の間の中間層を適切に制御することで、最表面 VC 層の密着性を改善することが可能であった。

2-3 金型仕上げ技術の確立

本項目では金型仕上げ技術の確立に向けた研究を行なう。 目標値として、現状の1/5以下サイズのカケを目指す。

2-3-1 研磨方法の確立

硬質皮膜を中心とした最表面部品の仕上げは、従来の方法だと硬すぎるがために図 2-3-1 のようなカケを発生し、寿命の低下、品質悪化を招いていた。

そこで、金型の刃先仕上げ加工に 使用する、平面研削盤とカップ砥石 を使用する立形マシニングセンター での研削方法について、図 2-3-2の ように砥石の回転方向とワークの セット状態を変えて、刃先の欠けの 量が最小になるような研削方法を確 立するためにテストを行った。



コーティングが剥がれてい るがまだ残っている





図 2-3-2 研削方法

2-3-2 研磨条件の数値化

2-3-1のような研削方法で、表 2-3-1 に示す研削条件でテストを行った。 なお、平面研削①、②、③の研削機は同一のものを使用した。

	1	2	3	4
研削条件	平面研削	平面研削	平面研削	マシニングセ ンター
粒度	#325	#800	#2000	#1000
砥石径	φ200	φ180	φ180	φ50
回転数rpm	2000	2000	2000	6000
周速度(m/s)	20.9	18.8	18.8	15.7
切り込み mm	荒 0.003 仕上 0.001	荒 0.003 仕上 0.001	荒 0.003 仕上 0.001	荒 0.003 仕上 0.002

表 2-3-1 研削条件

2-3-3 最適研磨条件の確立

2-3-1及び2-3-2の条件において、TiN コーティング及び TiCN コーティングを施したパンチに模したテストピースを実際に研削加工して、パンチ刃先の欠けの具合の調査を行った。

パンチ刃先部をそれぞれ任意に10ヶ所の欠けの量を観察し最大値をグラフ にした。

(1) 平面研削の場合



図 2-3-3 平面研削による最大欠け量

平面研削の場合は、図 2-3-3のように砥石粒度が#325では、最大で48 μm、#800 でも、最大26μmの欠けが出来てしまい、#325 のワークを 平行に置いた場合の入側は特に欠けの量が大きいが、どちらも傾向はほぼ同じ で#800の方が大きい欠けが出来ているところもあった。

砥石粒度#2000では、T i Nコーティングの場合の欠け量は、ワーク斜めで出側が最大8μm、T i CNでは最大21μmの欠けが発生しており、全体的にT i CNの方が大きい。これはコーティング膜そのものの硬度が高いためと思われる。

また、ワークを平行に置いて砥石を垂直方向に抜けるように研削するよりも、 斜めに置いて砥石の抜ける角度を浅くする方が欠けは小さくなると思われたが いずれの場合も欠けの量は大きくなっていた。

(2) マシニングセンターの場合

次に、マシニングセンターによる研削加工での欠けの量を図 2-3-4に示す。 この場合は、最大で8μmの欠けが発生しており、T i N、T i CNともに同 じような欠け量になっており、わずかながらワークを斜めに置いて研削加工し た方が欠けが少ない。



図 2-3-4 マシニングセンター研削による最大欠け量

(3)研削方法による製品の寸法変化

(1)(2)の結果から TiN の場合は、#2000 の平面研削または、#1000 のマシニングセン ターによる研削加工。TiCN の場合は、マシニング センターでの研削加工が良かったので、実際に生産 している金型を使って、図 2-3-5のようなシェー ビング加工パンチの刃先の加工を平面研削の場合と マシニングセンターで加工した場合の図 2-3-6 の ような寸法変化を比較した。



研削条件は、

平面研削 #325 (表 2-3-1①の条件) マシニングセンター #1000 (表 2-3-1④の条件) パンチ材質 微粒子超硬に TiCN コーティング 被加工材 SPCC-SD t1.0 シェービング代 0.07 クリアランス 0.01

その結果図 2-3-7のように、マシニングセン ターで加工した場合は、85,000 ショットで 0.003mm寸法変化であったが、平面研削では、 42,000 ショットで 0.003mmの変化量であり 約2倍の寿命になった。



図 2-3-6



図 2-3-7 研削方法による製品寸法変化

まとめ

1)シェービング加工の場合、パンチ刃先が磨耗 してくると図 2-3-8のように側面が斜めになり製 品寸法がプラスになってくる。これは、図 2-3-9 のようにパンチ刃先のコーティングが磨耗によりは がれてくると、パンチ母材が露出し更に磨耗が大き くなることによる。これを防止するためにも刃先部 のコーティングの剥がれ(欠け)を少なくすること が重要と考えられる。(欠け)を少なくすることに よりパンチの寿命を延ばすことができる。



🗵 2-3-8

2) #2000 の平面研削でもT i NとT i CNのワーク平行研削では、10 μmの欠が出来るが、砥石が目詰まりして加工に時間がかかり生産性が悪いの でマシニングセンターでの加工の方が良いと思われる。

マシニングセンターで加工すれば、従来欠けが40μm以上あったものが10

μm以下に抑えることができ、研削方法を変えることで約2倍のパンチ寿命に することができた。



図 2-3-9パンチ刃先の磨耗

2-4 金型の寿命評価

2-4-1 金型寿命現状把握

図 2-4-1 のような製品で矢印 R 部の面粗度を要求されていた。この面粗度 を確保するためにプレスでしごき加工を行っていたが、図 2-4-2 に示すとおり 初期面粗度 RaO.2 だったものがA側は15,000ショット、B側は20,0 00ショットで RaO.4まで悪化していた。



被加工材	SCM415
素材板厚	t=4mm
パンチ材質	粉末ハイス
プレス機械	アイダ VL4000
加工油	塩素系油
粘度	103.4mm [*] / s (40℃)

図 2-4-1 実際の製品



図 2-4-2 製品面粗さの推移(Ra)

2-4-2 表面改質品効果確認、廃型解析

今回は、条件を同じにするために同じ形状、同じプレスでパンチ表面処理を 変えたものでテストを行った。

形状は、実際に引合いのある製品の形状を模したものとし、図 2-4-3 のよう な形状でしごき加工を行った。

潤滑は、図 2-4-4のようにストリッパ上面よりパンチに給油を行ったが、パンチとストリッパの隙間が狭いことと、潤滑油の粘度が高いため、結果として低潤滑部(パンチ A)と無潤滑部(パンチ B)になる為、それぞれの面粗さの変化を確認することとした。



この条件で寿命テストを行なった。 寿命は面粗さRaO.4までのショット数で評価した。 実験

従来のパンチと同様表面処理のものでは、図 2-4-5のように低潤滑(A)の ものは、約45,000ショットでRaO.4に達したが、無潤滑(B)のもの は、約35,000ショットでRaO.4になっており、悪化する速度も速く なっている。



図 2-4-5 ①製品の面粗さ(Ra0.4)

② 窒化+T i CN(市販メーカー)

母材に拡散窒化を施し TiCN コーティングをしたものでは、無潤滑、低潤滑 ともに約50,000ショットまで緩やかに変化しており、低潤滑では6000 のショット、無潤滑では55,000ショットでRaO.4に達し、以降急激 に悪化している。(図2-4-6)



図 2-4-6 ②製品の面粗さ(RaO.4)

3 窒化+VC(市販メーカー)

VCはTiCNよりもコーティング膜硬度が高いので、寿命が延びると予想 したが、図 2-4-7のように初期のころより悪化し始め、低潤滑でも約30,0 00ショット、無潤滑では20,000ショットでRaO.4に達し、以降は急 激に悪化している。このコーティング膜は潤滑の影響を受けやすいと思われる。



図 2-4-7 ③製品の面粗さ(Ra0.4)

④ 窒化+VC(産業技術センター)

本研究で開発したVCコーティングでは、図 2-4-8のように約37,000 ショットまで初期値を維持し、無潤滑では40,000ショットでRa0.4 に達し、低潤滑では50,000ショットでRa0.4に達すると予想される が、途中で面粗さが悪化している部分がある。

これはパンチが被加工材から抜けるときに潤滑油不足によりこすり上げているためと思われる。低潤滑は市販のVCコーティングよりも2倍、無潤滑でも1.5倍となり寿命が延びている。

なお、④のテストは被加工材の不足により45,000ショットまでとした。



図 2-4-8 ④製品の面粗さ(RaO.4)



まとめ

- 1)パンチ母材に拡散窒化を施しコーティングしたものの結果は良好であった。
- 2)効果が期待されたVC被膜ではTiCNよりも悪かった。実際の製品や今回の寿命テストでは、高粘度の潤滑油を使用していたため、図 2-4-4のような潤滑方法では、十分な潤滑が行えず悪い結果となった。高寿命化のためには潤滑の方法を変える必要があり、刃部に潤滑油をまわす方法を考えれば高寿命が期待できる。
- 3) 産業技術センターで開発した、窒化+VCコーティング膜は、図 2-4-9 のような微細形状での金型凸部の損傷が他のコーティングより少なかった。 このことから、今後重点受注対象としている製品の形状、ギヤ、ラッチ等 には有効と判断できる。
- 4) 実際の金型は使いきりではないので、コーティング膜がはがれた場合除膜 をし再成形して再度コーティングする必要がある。そのためにも除膜が可 能かどうかの確認が必要である。

2-5 プロジェクトの管理運営

(担当:財団法人鳥取県産業振興機構)

本研究開発の円滑な運営と推進を図るために、全体会議(プロジェクト推進 委員会)を定期的に開催し、各研究機関相互の連絡体制を密にするとともに、 各研究開発実施項目の課題抽出、検討、研究推進を行なった。プロジェクト推 進委員会開催実績は次のとおりである。

第1回推進委員会

開催日時 平成21年10月18日(火)午後2:00~4:00
 開催場所 米子コンベンションセンター会議室
 (〒683-0043 鳥取県米子市末広町294)

第2回推進委員会

開催日時 平成22年2月2日(火)午後2:00~4:00

開催場所 米子コンベンションセンター会議室

(〒683-0043 鳥取県米子市末広町 294)

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

平成21年度補正予算事業において達成すべき目標値に対し表 3-1-1 のような結果となり、ほぼ目標値を達成した。

最終的に達成すべき目標である"金型寿命を現在の2倍に向上"については、表 3-1-2 に示すように最大でも 1.6 倍程度であり今年度の研究のみでは達成できな かった。

1.拡散窒化層の最適	目標値						
化技術の確立	①.硬さ	①.硬さ					
	800日>以上	1200日>以上					
	②.化合物層	②.化合物層					
	無し	無し					
	 ③.窒化深さ 	③.窒化深さ					
	10-100µm で調整可能	ほぼ調整可能。					
2. 硬質皮膜の選	目標値	達成値					
定・最適化による耐	①.硬さ	①.硬さ					
磨耗性皮膜の開発	3000日>以上	約 3000日 V					
	②.膜厚	②.膜厚					
	1~3µm	ほぼ調整可能					
3.金型仕上げ,再研 磨技術の確立	目標値	達成値					
	①.カケサイズ	①現状約 48µm					
	現状のカケの大きさ	開発後8μm					
	の1/5以下	1/5以下					

表 3-1-1 月標値と達成値一覧

表 3-1-2 表面改質種とプレスショット数,寿命向上度一覧

		ショット数(ショット)		寿命向上度(倍)	
	表面改質種別	型A	型B	型A	型B
1	TiCN(市販)	45,000	35,000	現状	現状
2	拡散窒化+TiCN(市販)	60,000	55,000	1.3	1.6
3	拡散窒化+VC(市販)	30,000	20,000	0.7	0.6
4	拡散窒化+VC(技術センター)	50,000	40,000	1.1	1.1

3-2 今後の課題

表 3-1-1 の結果より、本年度取り組みの各個別テーマの目標値は達成している。 しかしながら、2-4-2項で表面改質品効果確認を行なった結果、最終的に達成 すべき目標である"金型寿命を現在の2倍に向上"については達成できなかった。 最終目標を達成するためには以下のような課題が上げられる。

- 1.拡散窒化層の最適化技術の確立について
 - 拡散窒化処理の有効性は2-4-2 表面改質品効果確認の実験①②により確認された。但し本年度の研究では窒化深さを全て80μm狙いとしているため、最適硬化層厚さがどの程度であるのかの検証が必要である。この検証を実施する事により、更なる拡散窒化の有効性の向上が望めると考えられる。
- 2. 硬質皮膜の選定・最適化による耐磨耗性皮膜の開発について

今回開発のVC皮膜では寿命向上への目立った効果は得られなかった。但し、 2-4-2 表面改質品効果確認、廃型解析の図 2-4-9の各パンチの微細部矢視 部拡大より損耗状況が他既存皮膜と比べ良好である。この情報をもとに最適膜厚, 組成, 密着度の向上等詳細条件の適正化により大きな寿命向上への可能性がある と考えられる。

3.金型仕上げ,再研磨技術の確立

今回の仕上げ技術により、カケ量を 1/5 以下とすることが出来た。2-3-3 最適研磨条件の確立の図 2-3-7研削方法により、製品寸法変化より寿命を 2 倍 程度とすることが可能となった。

但し研磨法は確立されたものの新規開発表面改質技術との詳細なすり合わせは 実施できなかったため、これらの考察も今後は必要と考えられる。

4.その他

最終目標である"金型寿命を現在の2倍に向上"を達成するには、本年度の研究 で得られた知見をベースに各項目の更なる最適化と3年計画で挙げていた別小 テーマの開発があわせて必要と考えられる。

3-3 事業化展開

今年度の研究では、3年計画予定の研究開発項目の一部しか実施できなかった。 その中でも拡散窒化の有効性,VC皮膜の詳細なデータ、金型仕上げ、再研磨技術 のノウハウは今後関連企業の貴重な知見になると考えられる。

鳥取県金属熱処理協業組合においては拡散窒化処理のノウハウをベースに今後も 開発を進め、既存顧客を中心にこの処理を提供していく予定である。

寺方工作所においては今回得られた知見を基にした金型技術により、自動車部品 のギヤ、ラッチ等、また今後重点受注対象としている製品製造に応用して行く予定 である。

この報告書には、委託業務の成果として、産業財産権等の対象となる技術情報(未出願又は未公開の産業財産権等又は未公開論文)、ノウハウ等の秘匿情報が含まれているので、通例の取扱いにおいて非公開とする。 ただし、行政機関の保有する情報の公開に関する法律(平成11年法律第42号)に基づく情報開示請求の対象の文書となります。