

ナノテク・部材イノベーションプログラム

「高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」

研究開発成果について
(中間評価)(公開)共通基盤技術 研究開発項目②
複合化金属ガラスによる
高強度・超々精密部材技術

説明内容

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景
2. 目標値および開発体制
3. 研究開発成果
研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製
研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発
4. まとめと今後の課題
5. 実用化の見通し(公開部分)

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景
2. 目標値および開発体制
3. 研究開発成果
 - 研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製
 - 研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発
4. まとめと今後の課題
5. 実用化の見通し(公開部分)

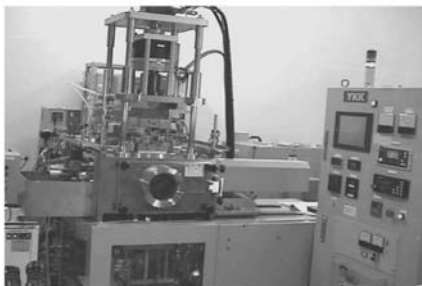
1. 研究開発背景

事業原簿 p. III-102

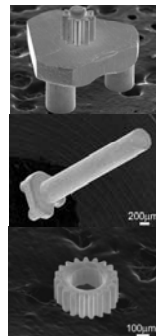
金属ガラスの成形加工技術プロジェクト(平成14~18年度)の成果

資料 6-1-2

射出成形装置・超精密金型の開発



超精密歯車の開発



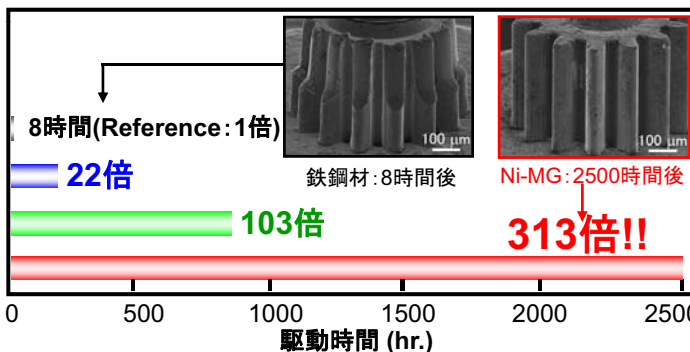
直径1.5 mmギヤードモータの開発



最大1609:1(4段)のギヤヘッド搭載による高トルク化 (1.4 mNm)

歯車耐久性の検証

太陽キャリア
遊星歯車
出力軸キャリア
鉄鋼材(従来品)
Zr基金属ガラス
Cu基金属ガラス
Ni基金属ガラス

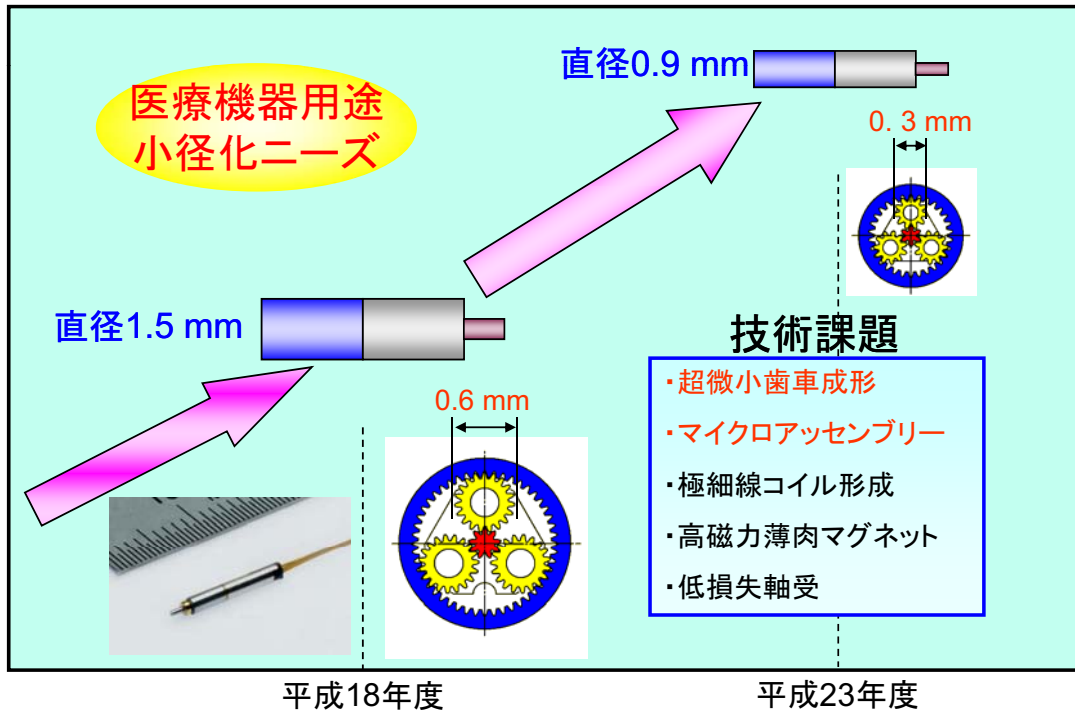


鉄鋼材に対して22~313倍の耐久性!

鉄鋼材: 炭素工具鋼(SK)

超小型モータの市場ニーズ

モータ直径 → 小



説明内容

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景

2. 目標値および開発体制

3. 研究開発成果

研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発

4. まとめと今後の課題

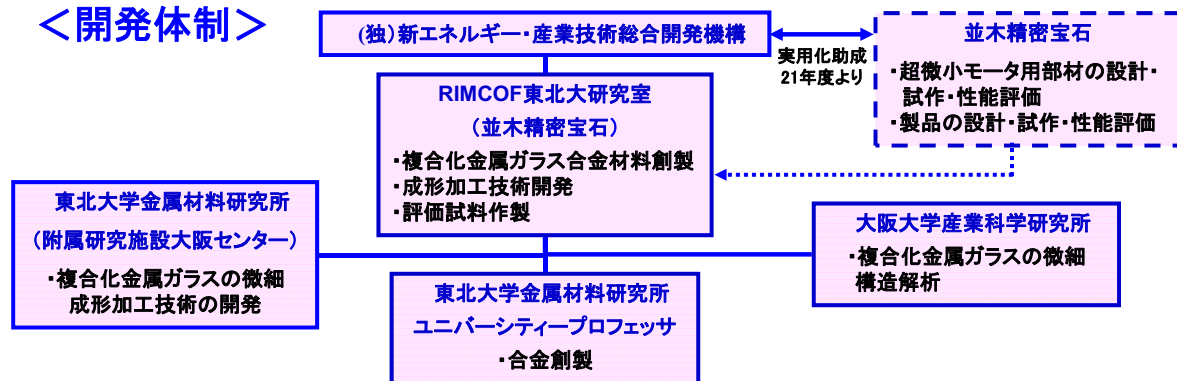
5. 実用化の見通し(公開部分)

2. 目標値および開発体制

<目標値>

区分	開発項目	中間目標	最終目標
共通基盤技術	高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製	圧縮強さ1650 MPa以上 圧縮塑性伸び5%以上	圧縮強さ1650 MPa以上 圧縮塑性伸び10%以上
	超々精密ギヤ等の成形技術の開発	歯車直径 0.3 mm以下 寸法公差 ±2 μm (歯先円・歯底円直径)	歯車直径 0.3 mm以下 寸法公差 ±1 μm (歯先円・歯底円直径)
実用化研究 平成21年度より	超微小モータ用部材の開発	直径0.9 mmモータの設計	直径0.9 mmモータの試作と性能評価

<開発体制>



説明内容

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景
2. 目標値および開発体制
3. 研究開発成果
 - 研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製
 - 研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発
4. まとめと今後の課題
5. 実用化の見通し(公開部分)

3. 研究開発成果

資料 6-1-2

研究開発項目②-1

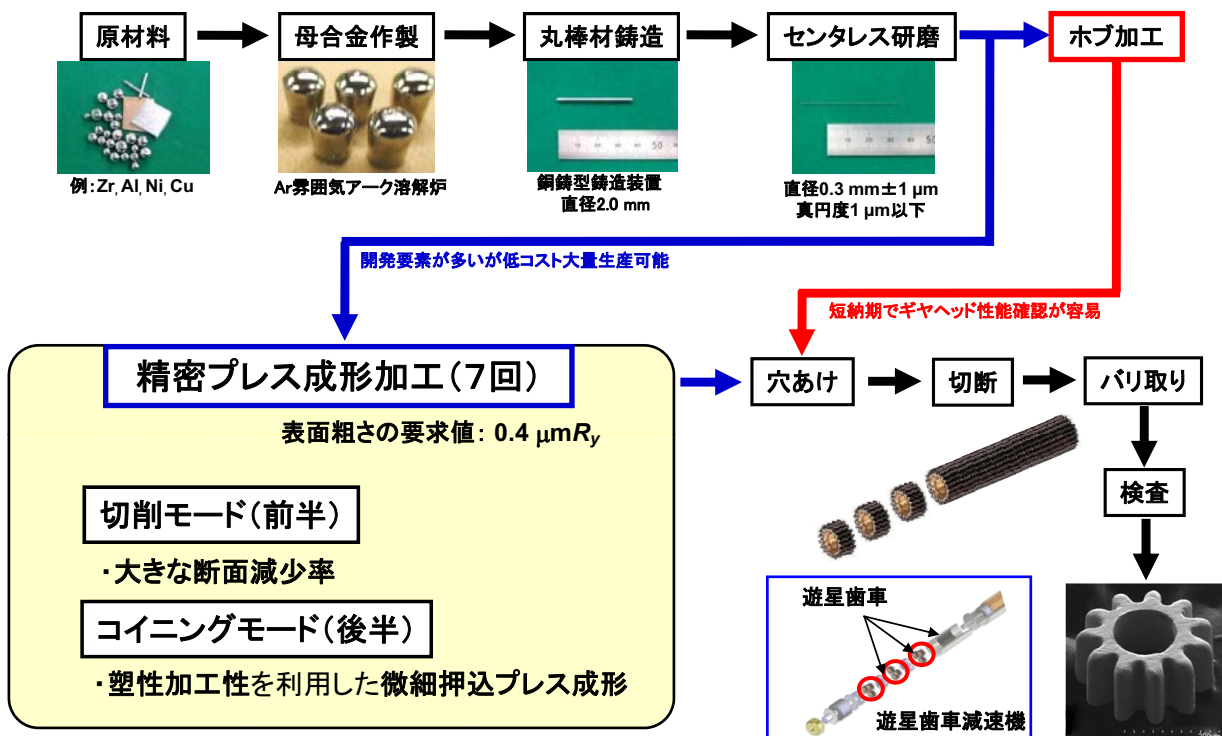
高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

1. 想定される部材創製プロセス
2. 単相金属ガラスによる精密プレス成形性基礎評価
(一次元切削モード)
3. 単相金属ガラスによる精密プレス成形性基礎評価
(一次元コイニングモード)
4. 複合化金属ガラスの選定
5. 成果のまとめと目標達成状況

3. 研究開発成果

資料 6-1-2

想定される部材創製プロセス

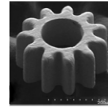


3. 研究開発成果

想定される部材創製プロセス

資料 6-1-2

複合化金属ガラス製直径 0.3 mm遊星ギヤ

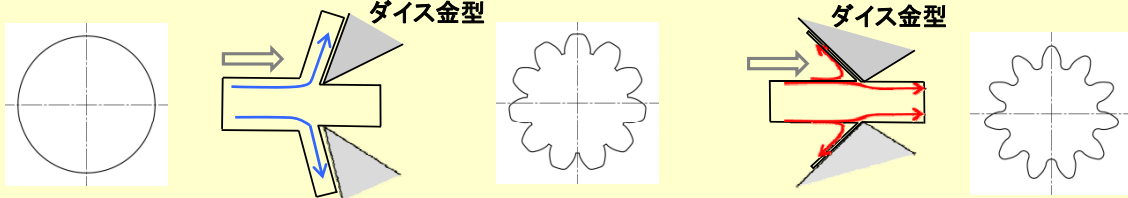


要求表面粗さ 0.4 μmR_y

精密プレス成形加工

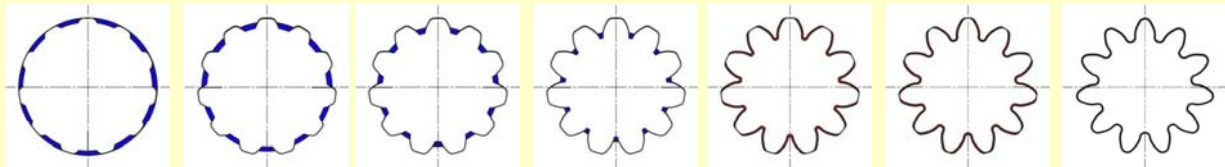
切削モード

コイニングモード



- 加工初期段階で大きな断面減少率を得る
- コイニングモードが可能な表面粗さの確保 (0.4 μmR_y より大きくても可)

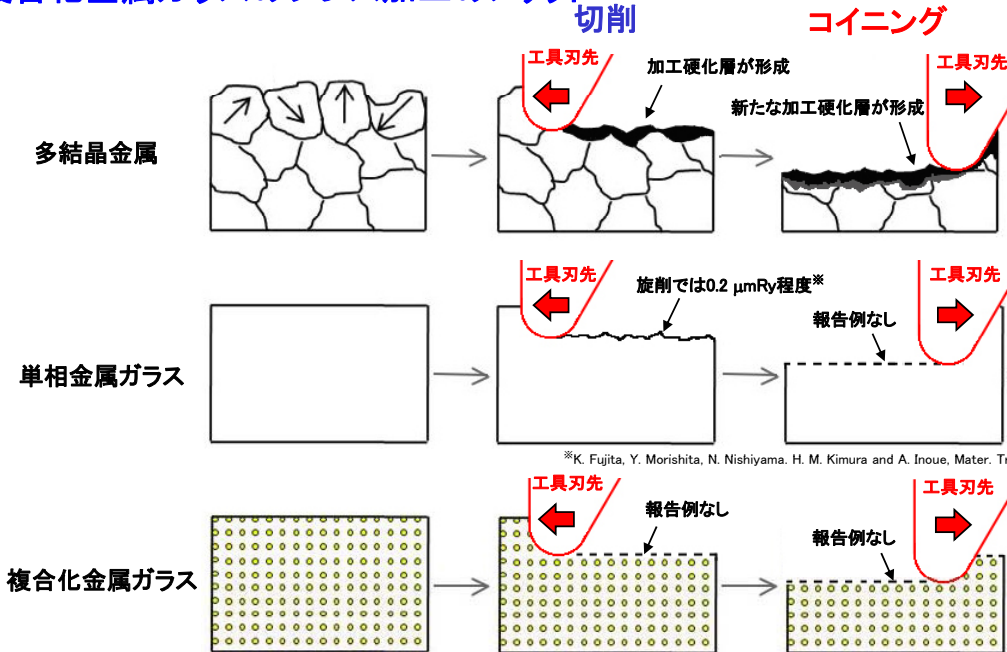
- 塑性加工性を利用した微細押込プレス成形
- 切削モードで得られた被削面を塑性変形させて、表面粗さを向上 (表面粗さ0.4 μmR_y 以下)



3. 研究開発成果

複合化金属ガラスのプレス加工のメリット

資料 6-1-2



*K. Fujita, Y. Morishita, N. Nishiyama, H. M. Kimura and A. Inoue, Mater. Trans. 46 (2005) 2856.

合金創製では、圧縮強さと圧縮塑性伸びの目標達成と同時に、切削モードおよびコイニングモードで加工表面粗さと寸法精度が達成可能な合金を選定。

3. 研究開発成果

複合化金属ガラス 合金選定・開発プロセスの手順

資料 6-1-2

<合金選定>

Zr基単相金属ガラス

(基礎データが多い)



複合化金属ガラスの選定

高強度で圧縮塑性伸びを発現する
Ti-Zr-Cu-Pd-Nb系複合化金属ガラスを選定。

※単相金属ガラスと複合化金属ガラスの加工メカニズム比較も行う



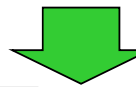
評価結果からの要求



精密プレス成形性基礎評価

<開発プロセス>

二次元(面)でのギヤ断面形状精密プレス成形(最終プロセス)



予備検討

一次元切削基礎評価

切削モードプロセスの確立

一次元コイニング基礎評価

コイニングモードプロセスの確立

各パラメータの影響

- ・切込量、切削速度、工具すくい角、工具材質→すべて表面粗さに影響を及ぼす。
- ・切削回数を減らすことで低コスト化が期待される。

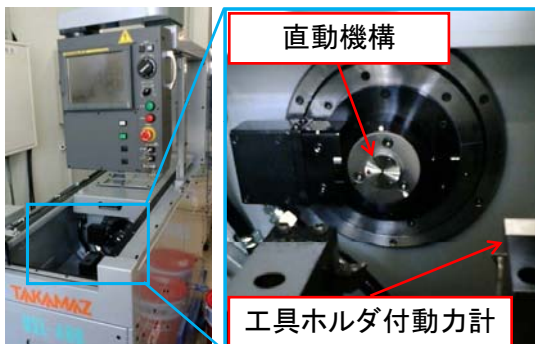
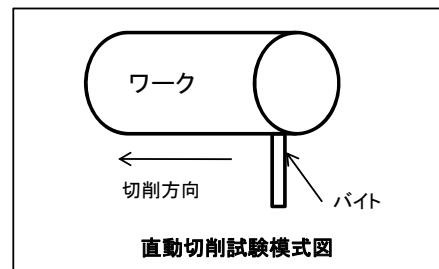
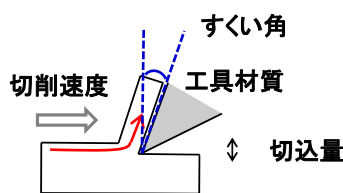
2009.8.12: 中間評価 於: 大手町サンスカイルーム A会議室

13/49

3. 研究開発成果

精密プレス成形性基礎評価(一次元切削モード)

資料 6-1-2



(平成20.3.18導入)

<試験条件>

- ・試料 Zr基金属ガラス($Zr_{55}Al_{10}Ni_5Cu_{30}$)
直径2 mmの丸棒材
- ・切削速度 1~25 m/min.
- ・工具材質 市販サーメット
- ・工具形状 先端曲率半径 R_n 0.2 mm
すくい角 0°
- ・切込量 1、10、25、50 μ m

<評価方法>

- ・切削抵抗の測定
- ・被削面組織評価(XRD)
- ・被削面組織観察(TEM)
- ・表面状態観察(SEM)
- ・表面粗さ測定(レーザー顕微鏡)

2009.8.12: 中間評価 於: 大手町サンスカイルーム A会議室

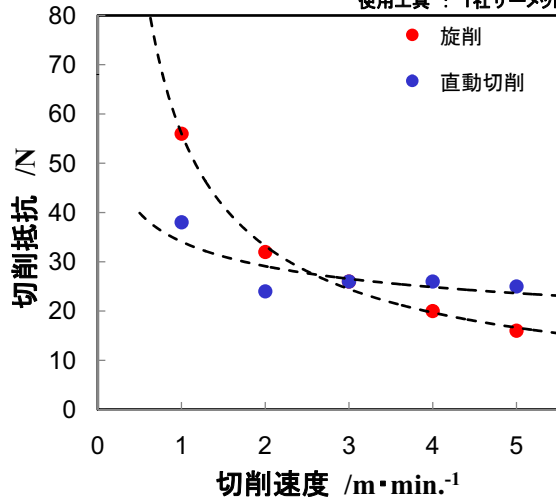
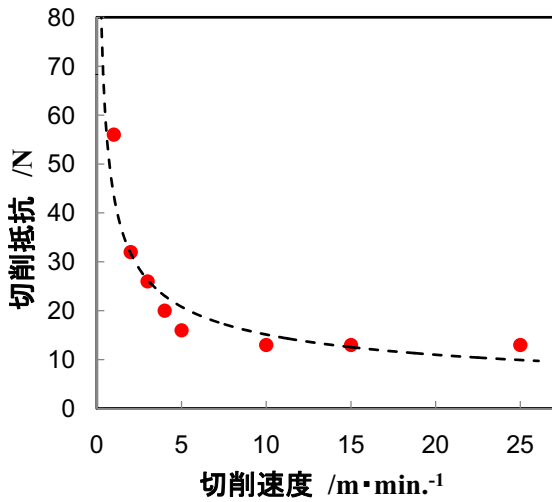
14/49

3. 研究開発成果

精密プレス成形性基礎評価(一次元切削モード)

資料 6-1-2

※ 切込量 : 50 μm
使用工具 : T社サーメット



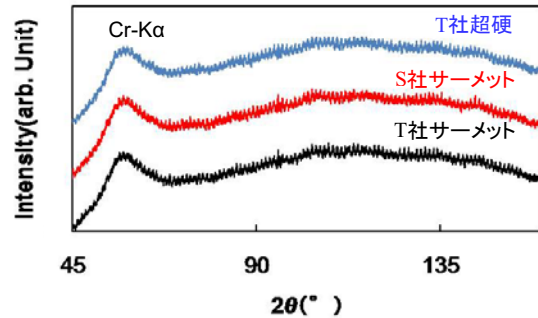
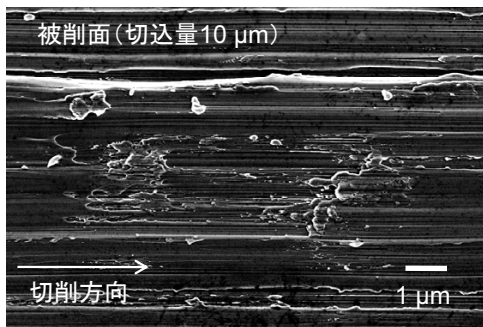
- ・金属ガラスの直動切削→旋削と同程度の切削抵抗で加工可能。
- ・3 m/min.を境に切削抵抗が逆転し、3 m/min.以下の切削速度では直動切削の方が切削抵抗が小さいことが分かった。

切削速度3 m/min.以下での精密プレス成形が適している。

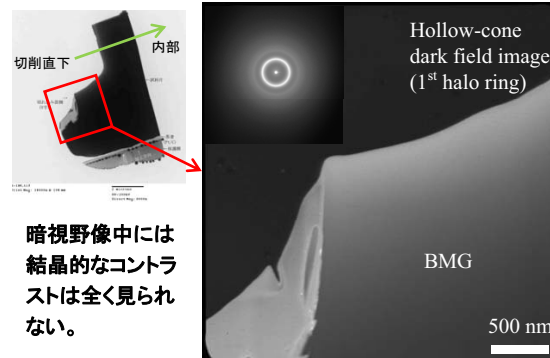
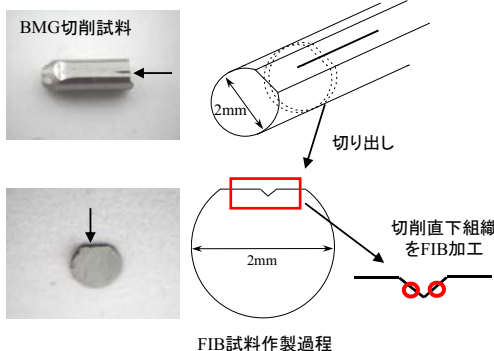
3. 研究開発成果

精密プレス成形性基礎評価(一次元切削モード)

資料 6-1-2



各種工具で切削したZr基金属ガラス被削面から得たXRD図形



第1ハローリング全体を用いて結像したホローコーン暗視野像

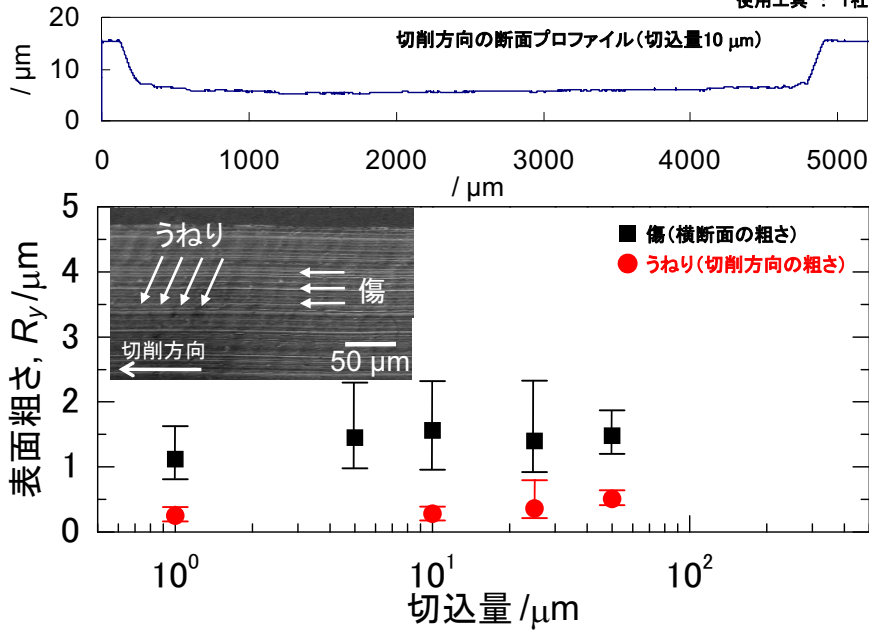
切削したZr基金属ガラスの被削面直下の断面TEM組織(ご評価: 弘津先生)

3. 研究開発成果

単相金属ガラス 切込量による表面粗さの変化

資料 6-1-2

※切削速度 : 1 m/min
使用工具 : T社超硬



・うねり(切削方向)と傷(横断面)の2種類のモードが粗さに影響
・特に傷による横断面方向の粗さの改善が必要

3. 研究開発成果

切削工具の選定

資料 6-1-2

	K社 超硬TiCN コーティング	M社超硬	M社超硬 DLC	T社 サーメット	T社超硬	T社超硬 DLC	S社 超硬TiN コーティング	S社 サーメット	単結晶 ダイヤモンド
母材平均粒径 / μm	0.6	≤1	≤1	2	非公開	非公開	0.3	1	-
コーティング厚 / μm	2	-	1.5	-	-	1.5	2	-	-
先端曲率Rn / μm	0.03								0.2
刃先角度	55°								60°
逃げ角	7°	7°	7°	7°	7°	7°	7°	11°	7°
すくい角	15°	30°	30°	14°	14°	14°	15°	6°	0°

・M社超硬とM社超硬DLCは
ともに工具チップングが発生



工具すくい角は小さい方が
望ましいと考えられる。

・単結晶ダイヤモンドでの
ダイス金型作製

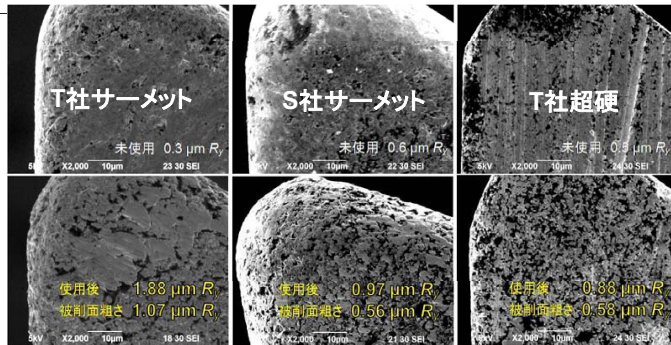
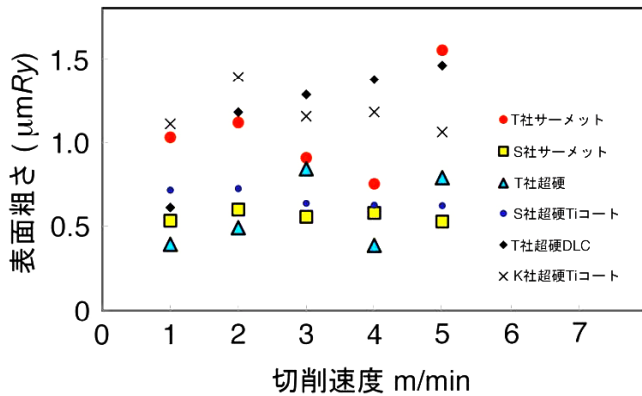


単結晶ダイヤモンドで複雑形状の
ダイス金型作製は難しい。

3. 研究開発成果

切削工具の選定

※工具による差を明確化するため、切込量50 μmで工具形状補正を未実施



各種工具の切削前および切削後の外観および表面粗さ

・使用工具により切削面の表面粗さが変化
 ・使用後の工具表面の粗さが切削面粗さに影響

↓

工具粒子の欠落が原因?

↓

・金属ガラスの粘性流動による工具先端への付着物
 ・表面の粗い工具では金属ガラスの優れた転写性が却って悪影響

↓

粒子径が細かく、表面平滑性に優れた工具が必要

↓

T社超硬 or S社サーメットを候補材として選定

3. 研究開発成果

切削工具の選定

傷(横断面)の発生原因
工具粒子の大きさ・摩耗

↓

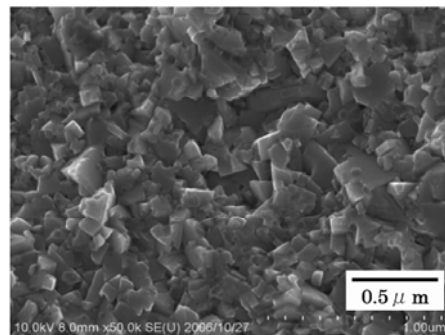
金属ガラスの優れた転写性が影響

↓

高強度で粒子径が細かく、表面平滑性に優れた工具が必要

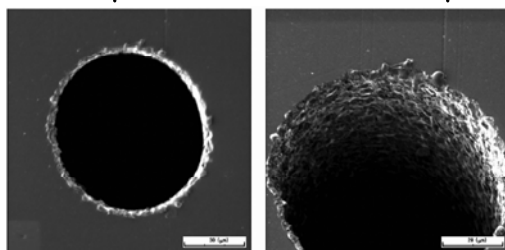
↓

F社製超微粒超硬合金も候補材として選定

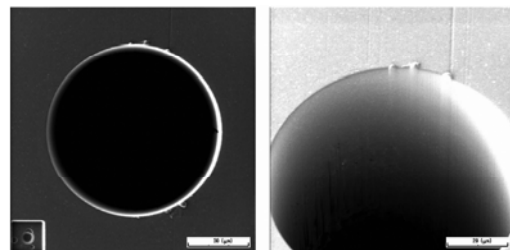


0.1 μm粒度のWC-4mass%Co超微粒超硬合金の破面(食刻面)のSEM組織例

< 粒径0.1 μm超硬合金の穴加工、直径80 μm >



放電加工穴



放電加工後にFIB加工 加工深さ150 μm

工具選定の知見を超々精密ギヤ等の精密プレス成形金型選定に活用

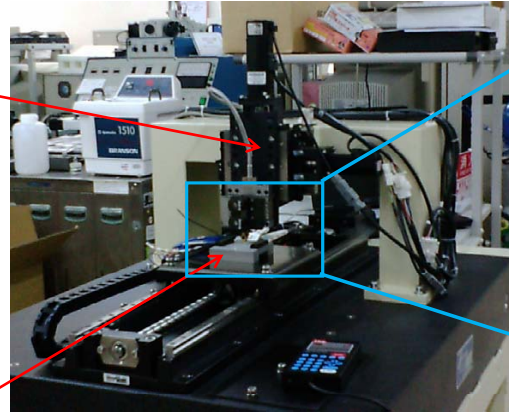
3. 研究開発成果

精密プレス成形性基礎評価(一次元コイニングモード)

資料 6-1-2

Y-Zステージ

- ・移動精度 1 μm



Xステージ(試料台)

- ・最大速度 180 m/min.
- ・移動精度 1 μm (60 mmの移動に対して)
- ・試料の加熱が可能 (1000 $^{\circ}\text{C}$ 対応マイクロセラミックヒータ)

(平成20.3.18導入)

工具ホルダ付動力計

- ・圧電式3成分動力計
- ・分解能 2 mN
- ・測定範囲 -250 ~250 N

- ・コイニングモード基礎評価
- ・工具の二次元形状展開

3. 研究開発成果

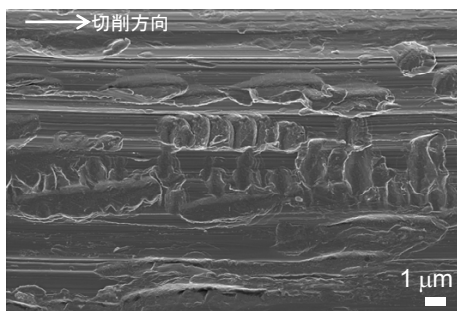
精密プレス成形性基礎評価(一次元コイニングモード)

※切込量: 50 μm

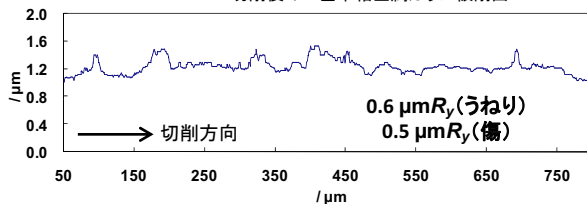
切削およびコイニング速度: 1 m/min

使用工具: T社超硬

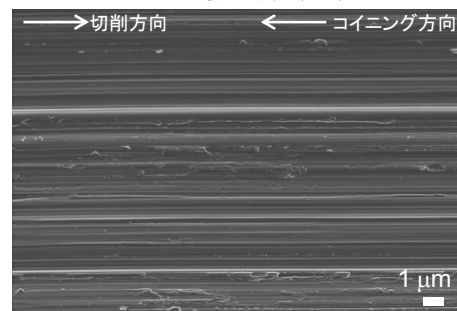
資料 6-1-2



切削後のZr基単相金属ガラス被削面



切削後のZr基単相金属ガラス被削面の表面粗さプロファイル



切削+コイニング後のZr基単相金属ガラス被削面

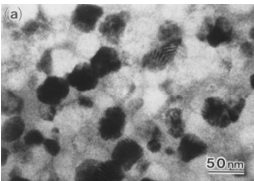
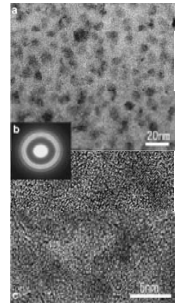
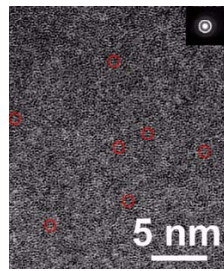
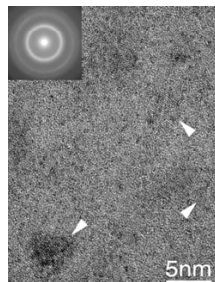


切削+コイニング後のZr基単相金属ガラス被削面の表面粗さプロファイル

- Zr基単相金属ガラスでのコイニング効果を確認 : 0.6 $\mu\text{m}R_y$ \rightarrow 0.2 $\mu\text{m}R_y$ (うねりの粗さ)
- : 0.5 $\mu\text{m}R_y$ \rightarrow 0.2 $\mu\text{m}R_y$ (傷の粗さ)

3. 研究開発成果

複合化金属ガラスの選定(過去の報告)

合金系	Zr基	Cu基	Ni基	Ti基
代表的な合金組成	$Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{7.5}Pd_{10}^1$ $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{12.5}Ag_5^1$	$Cu_{50}Zr_{50}^2$ $Cu_{60}Ti_{10}Zr_{30}^3$	$Ni_{60}Pd_{30}P_{20}^4$	$Ti_{41.5}Zr_{2.5}Hf_5Cu_{42.5}Ni_{7.5}Si_1^5$ $(Ti_{40}Zr_{10}Cu_{36}Pd_{14})_{0.99}Ta_1^6$
微細組織	 $Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{12.5}Pd_5^1$	 $Cu_{50}Zr_{50}^2$	 $Ni_{60}Pd_{30}P_{20}^4$	 $Ti_{41.5}Zr_{2.5}Hf_5Cu_{42.5}Ni_{7.5}Si_1^7$
特徴	$Zr_{65}Al_{7.5}Ni_{10}Cu_{7.5}Pd_{10}$ Glass+nano-Q.C.(30 nm) $d_c = 4$ mm (cast) $\sigma_f = 1800$ MPa (comp.) $\epsilon_f = 2.2$ % (comp.)	$Cu_{50}Zr_{50}$ Glass+nano-C.(10 nm) $d_c = 1$ mm (cast) $\sigma_f = 2100$ MPa (comp.) $\epsilon_f = 50$ % (comp.)	$Ni_{60}Pd_{30}P_{20}$ Glass+MRO (2 nm) $d_c = 16$ mm (cast) $\sigma_f = 1780$ MPa (comp.) $\epsilon_f = 7.6$ % (comp.)	$Ti_{41.5}Zr_{2.5}Hf_5Cu_{42.5}Ni_{7.5}Si_1$ Glass+nano-C. (10 nm) $d_c = 5$ mm (cast) $\sigma_f = 2080$ MPa (comp.) $\epsilon_f = 4.5$ % (comp.)

1) A. Inoue *et al.*, Scripta Mater., 44(2001) 1615.

2) A. Inoue *et al.*, Philo. Mag. Lett., 85(2005) 221.

3) Y. Chen *et al.*, Mater. Trans., 43(2002)2647.

4) Y.Q Zeng *et al.*, Mater. Trans., 47(2006) 175.

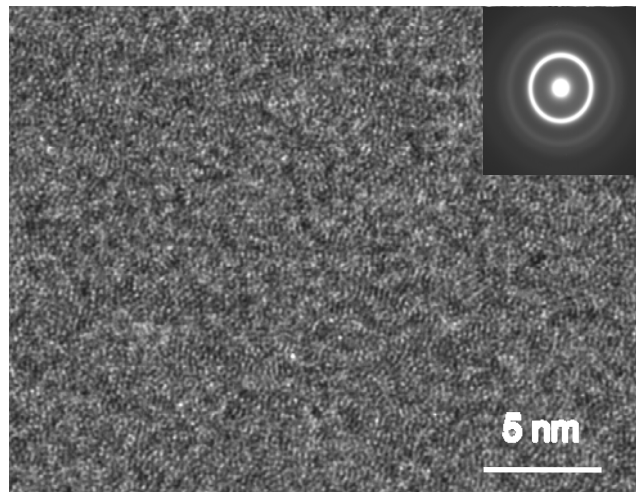
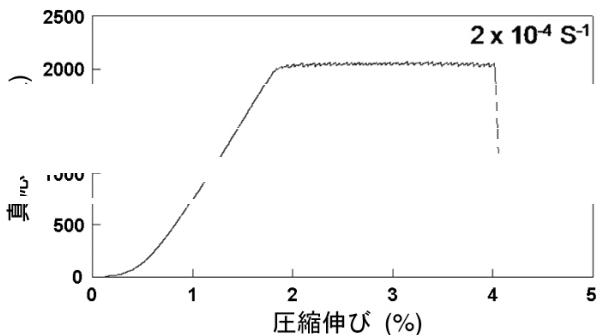
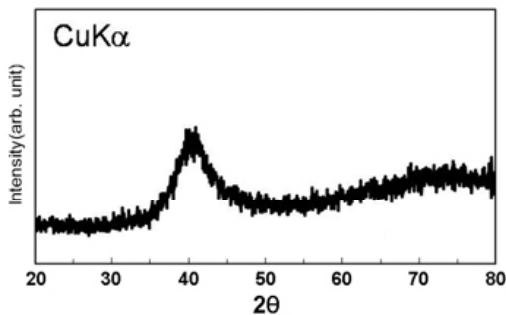
5) C.L. Ma *et al.*, Mater. Trans., 45(2004) 3223.

6) F.X. Qin *et al.*, Mater. Trans., 48(2007)2390.

7) M. Ishimaru *et al.*, Philo. Mag. Lett., 85(2005) 125.

3. 研究開発成果

複合化金属ガラスの選定(Ti-Zr-Cu-Pd-Nb系)

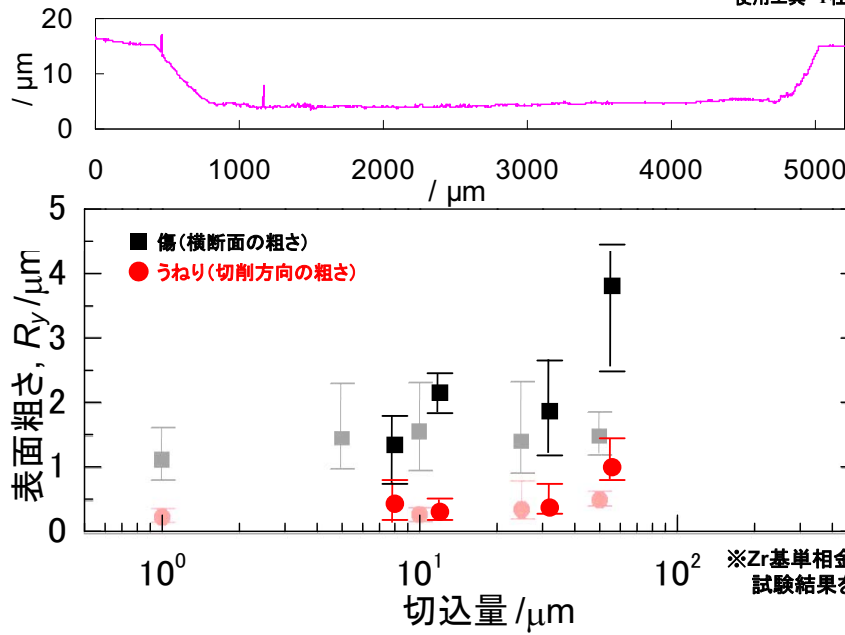


3. 研究開発成果

複合化金属ガラスの選定 (Ti-Zr-Cu-Pd-Nb系)

※切削速度 1 m/min
使用工具 T社超硬

資料 6-1-2



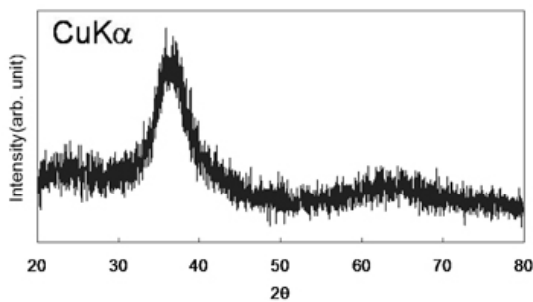
※Zr基単相金属ガラスの切削評価試験結果を薄いプロットで示した。

- ・Zr基単相金属ガラスに比べ、Ti基複合化金属ガラスの傷の切込量依存性が大きい
- ・Ti基複合化金属ガラスの**高強度** (2000 MPa) 特性が**工具粒子の欠落を促進**?

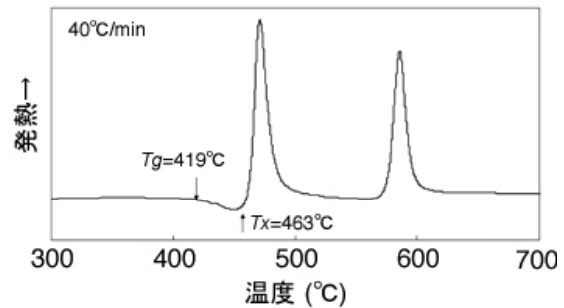
3. 研究開発成果

複合化金属ガラスの選定 (Zr-Al-Ni-Pd系)

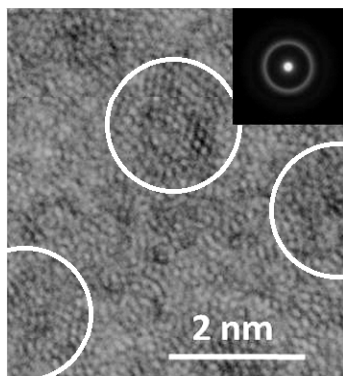
資料 6-1-2



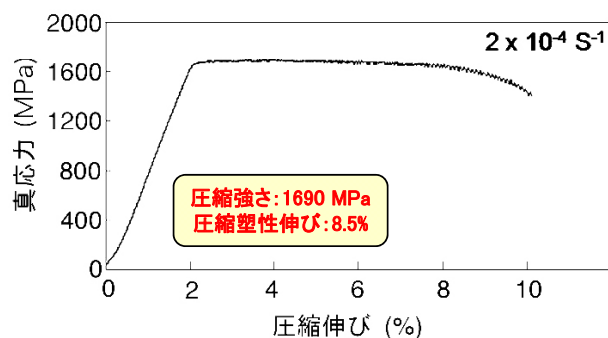
Zr-Al-Ni-Pd系複合化金属ガラスのXRD図形



Zr-Al-Ni-Pd系複合化金属ガラスのDSC曲線



Zr-Al-Ni-Pd系複合化金属ガラスのHR-TEM組織



Zr-Al-Ni-Pd系複合化金属ガラスの圧縮応力-伸び曲線

成果のまとめと目標達成状況

資料 6-1-2

区分	開発項目	中間目標	成果まとめ	中間目標達成状況
共通基盤技術	合金創製	圧縮強さ1650 MPa以上 圧縮塑性伸び5%以上	<p>1. 精密プレス成形性基礎評価(切削モード)</p> <ul style="list-style-type: none"> Zr基単相金属ガラスに一次元切削加工を行い、被削面に工具の粗さに対応した傷が発生することが明らかとなった。 工具起因の傷を軽減するため、各種工具材質での切削試験を行い住友サーメットおよび東芝超硬を選定した。 <p>2. 精密プレス成形性基礎評価(コイニングモード)</p> <ul style="list-style-type: none"> 切削加工したZr基単相金属ガラスにコイニング加工を行うことでうねりの粗さが0.6 μmRyから0.2 μmRyに、工具由来の傷の粗さが0.5 μmRyから0.2 μmRyにそれぞれ向上し、コイニングの効果を確認した。 <p>3. 複合化金属ガラスの選定</p> <ul style="list-style-type: none"> Ti-Zr-Cu-Pd-Nb系およびZr-Al-Ni-Pd系を選定した。作製したTi基複合化金属ガラスは2000 MPaの圧縮強さを示したものの、圧縮塑性伸びは約2%であった。 Zr基複合化金属ガラスは1690 MPaの圧縮強さと8.5%の圧縮塑性伸びを示し中間目標値を達成したが、精密プレス成形性基礎評価は未実施。 	◎
	歯車試作	歯車直径0.3 mm以下 寸法公差 ±2 μm		

資料 6-1-2

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景

2. 目標値および開発体制

3. 研究開発成果

研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発

4. まとめと今後の課題

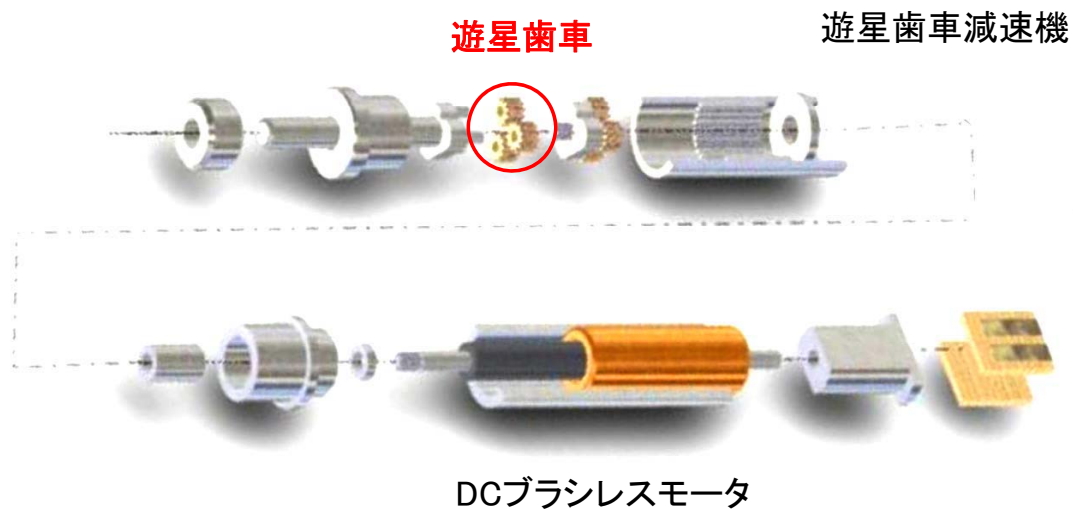
5. 実用化の見通し(公開部分)

研究開発項目②-2

超々精密ギヤ等の成形技術の開発

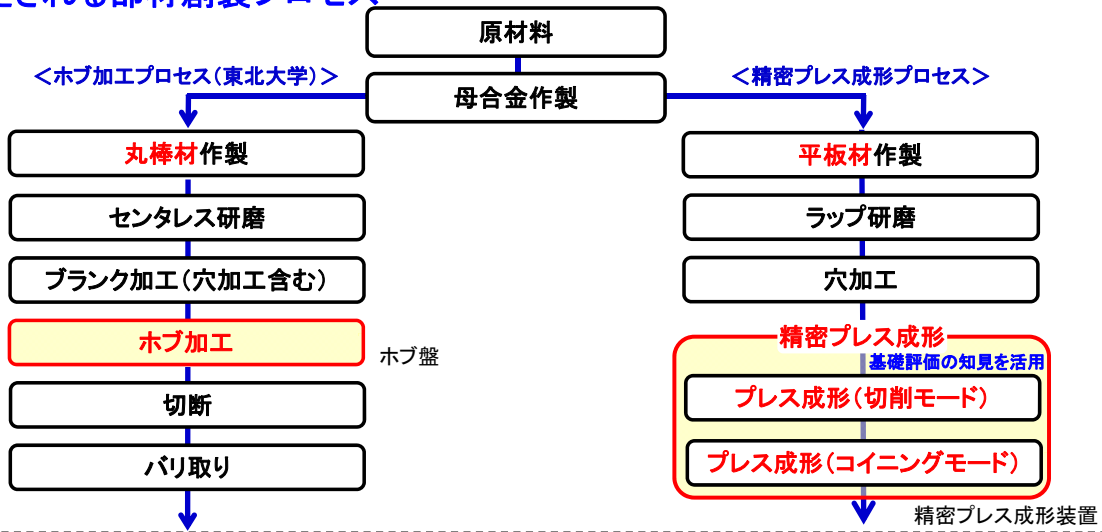
1. 想定される部材創製プロセス
2. ホブ加工による超々精密ギヤ等の成形
3. 精密プレス加工による超々精密ギヤ等の成形
4. ギヤヘッドの設計と構築
5. 成果のまとめと目標達成状況

開発ターゲット



3. 研究開発成果

想定される部材創製プロセス



	ホブ加工	精密プレス成形法
歯型精度	○(±2 μm達成)	○
部品コスト・生産性	△	○
初期投資	○	△
金型	ホブカッター	プレス用金型(複数)
設備	ホブ盤	プレス成形装置

3. 研究開発成果

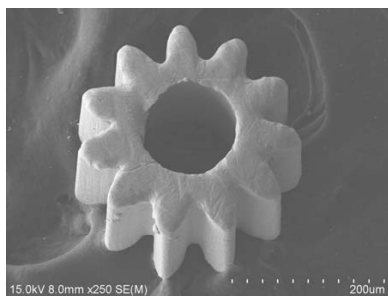
ホブ加工(ブランク形状および歯車外観)



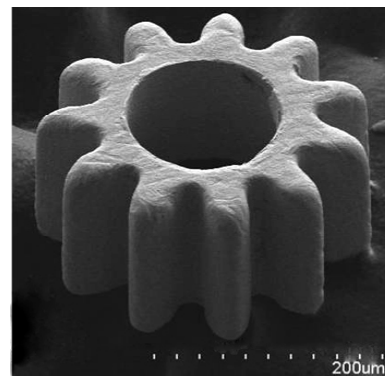
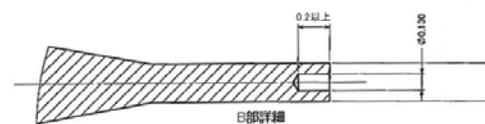
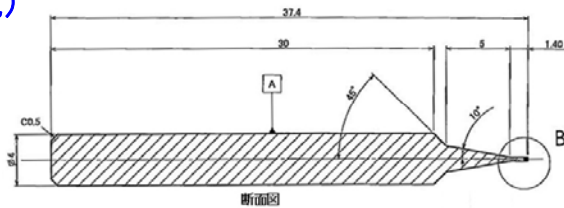
歯切り(ホブ加工)



切断(ワイヤ放電加工)



切断面研磨
バリ取り



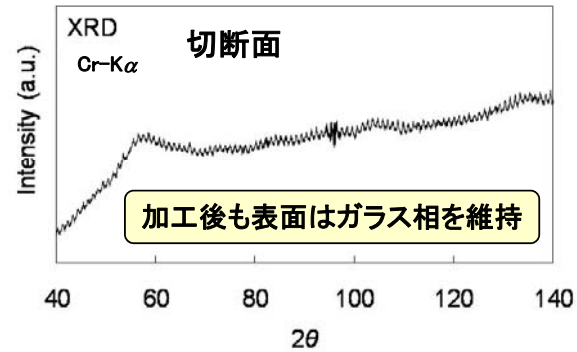
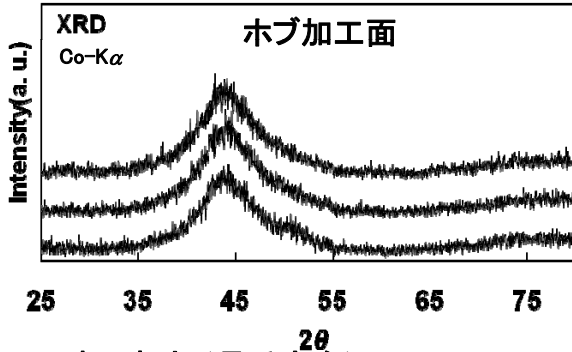
Zr基単相金属ガラスで直径0.3 mm遊星ギヤの作製に成功

3. 研究開発成果

ホブ加工 (構造および表面粗さの評価)

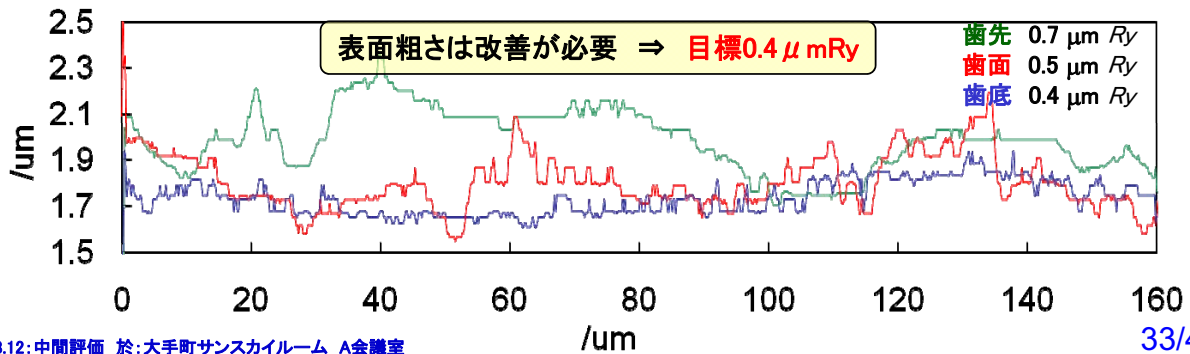
資料 6-1-2

<XRD評価>



加工後も表面はガラス相を維持

<表面粗さ (長手方向)>



3. 研究開発成果

ホブ加工 (歯車の形状測定)

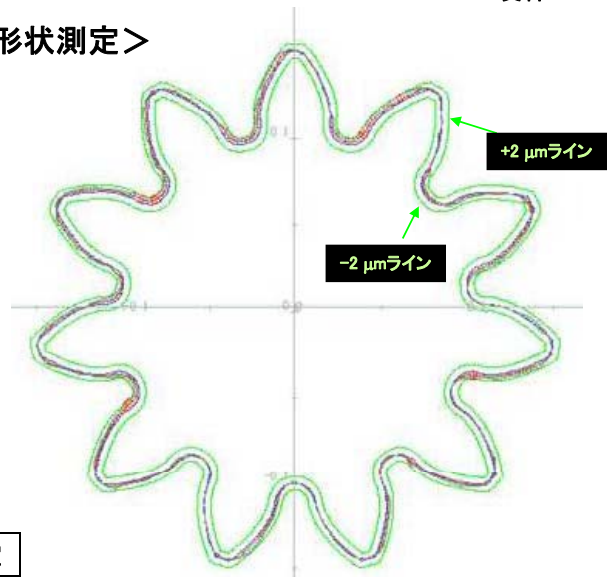
資料 6-1-2

<形状測定装置>



NIKON NEXIV VMR-1515TZ
(CNC Video Measuring System)

<歯形形状測定>



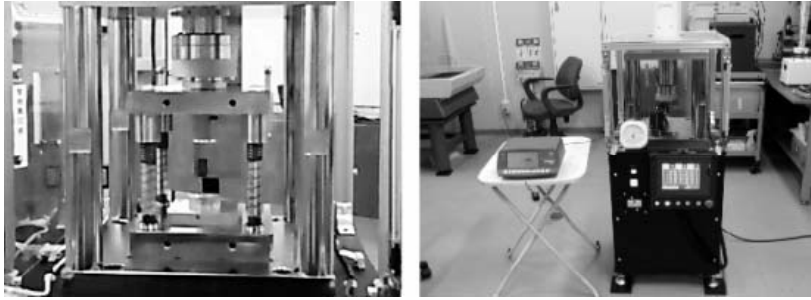
歯形形状測定により寸法公差±2 μm以下を確認し中間目標を達成！
穴径、軸ずれ、厚みについてもほぼ設計値を満たしていた。

	設計値	実測値	判定
歯形誤差	±2 μm	±2 μm以下	○
穴径	0.13	0.137~0.139	○
軸ずれ	0.005以下	0.001~0.005	○
厚み	0.2	0.186~0.200	○

3. 研究開発成果

精密プレス成形装置

<導入精密プレス加工装置の外観>



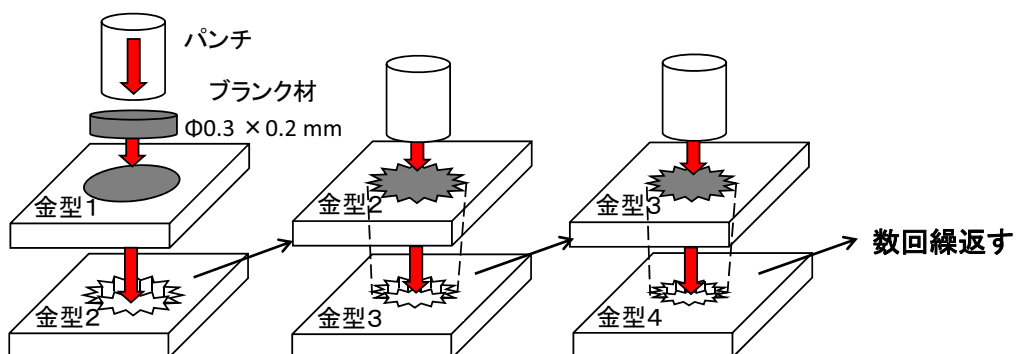
<主な仕様>

仕様項目	仕様数値
機械ストローク	100 mm
繰り返し位置決め精度	50 nm以下
制御モード	リニアスケールによる位置制御、 圧力センサによる圧力制御が可能なこと
加圧力	最大 5KN
最大送り速度	125 mm/sec
機械寸法	500 ^W × 500 ^L × 1540 ^H
電源	3相 200 V 600 W

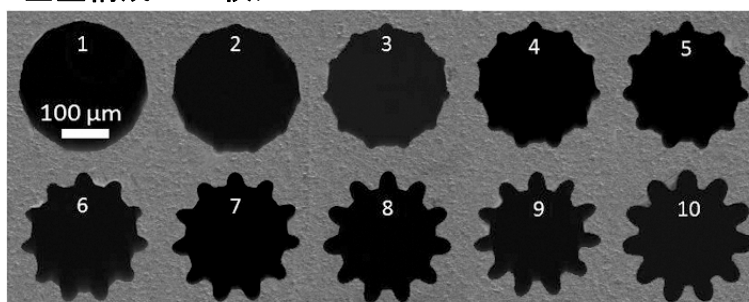
3. 研究開発成果

精密プレス成形装置

<プレス成形加工の想定プロセス>



<プレス金型構成 - 10枚>



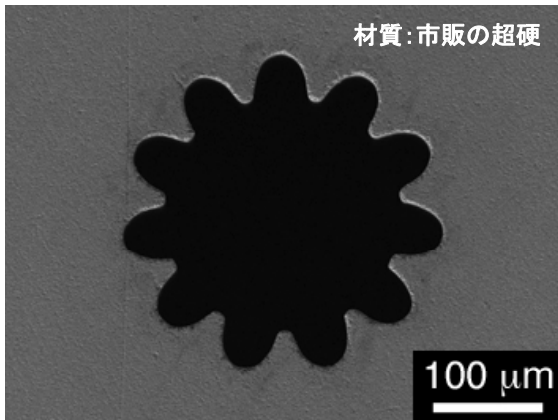
10段のプレス成形で
徐々に歯底を成形

3. 研究開発成果

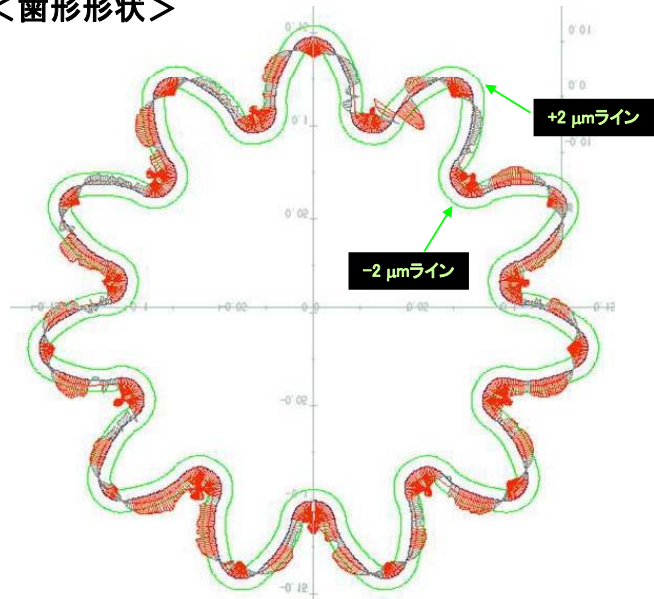
精密プレス成形装置用金型

資料 6-1-2

<金型形状評価>



<歯形形状>



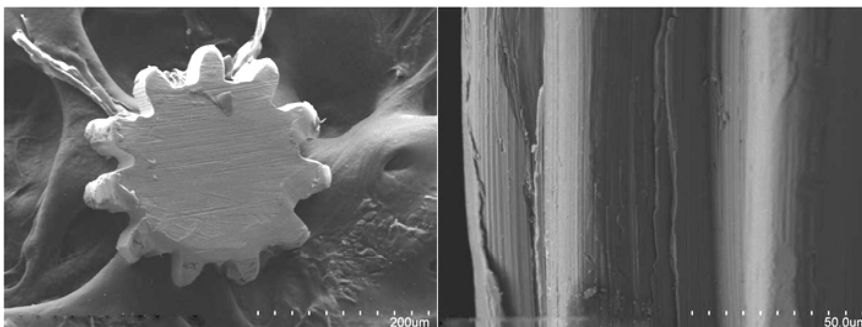
歯形形状がやや太いものの概ね良好な形状を有する。
→プレス結果を金型形状にフィードバックし随時改善を行なう

3. 研究開発成果

精密プレス成形試験(真鍮ブランク)

資料 6-1-2

<加工サンプル外観>



<加工条件>

項目	仕様
ブランク材質	真鍮(C2801P)
ブランク形状	直径0.3 mm × 厚み0.2 mm
金型枚数	10
プレス速度	0.1 mm/sec
ストローク	1.25 mm

- ・歯形形状は確認されるものの、歯欠、切削傷が認められる
→成形の主体は切削モードに近い
- ↓
- ・金型の寸法および靱性の改良
→金属ガラスでの成形試験を試みる

3. 研究開発成果

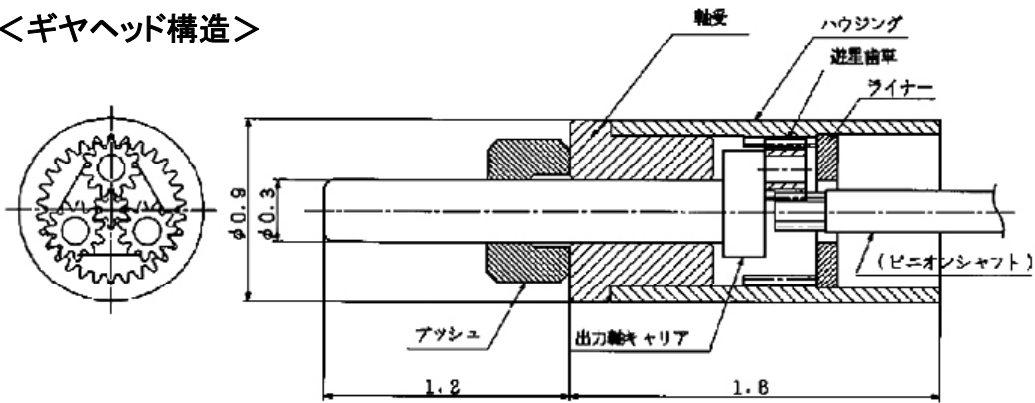
1段ギヤヘッドの設計

資料 6-1-2

<歯車設計諸元>

	モジュール	歯数	歯先円直径
太陽歯車	0.022	6	0.184
遊星歯車	0.022	11	0.296
内歯車	0.022	30	0.629

<ギヤヘッド構造>

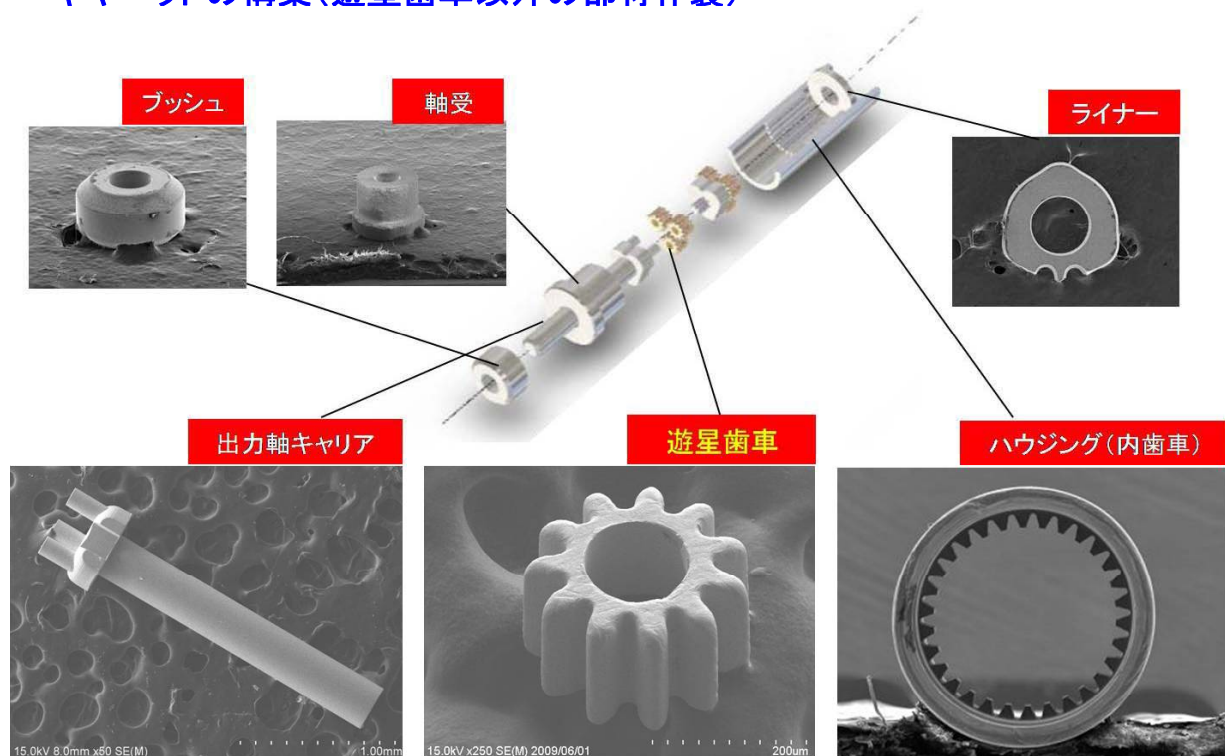


1段6:1 遊星歯車減速機の構造

3. 研究開発成果

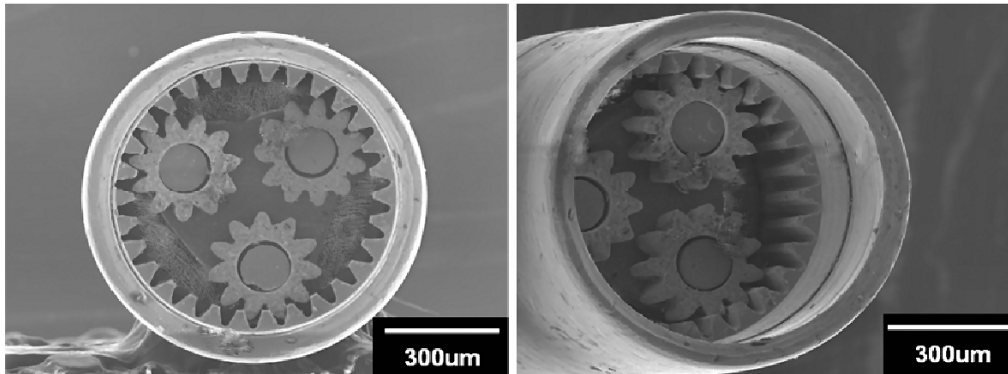
ギヤヘッドの構築(遊星歯車以外の部材作製)

資料 6-1-2

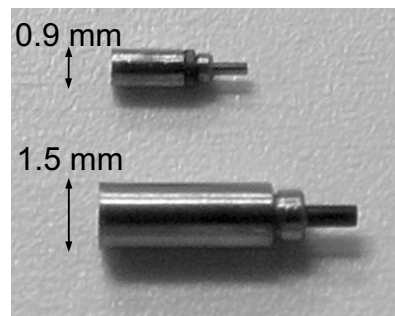
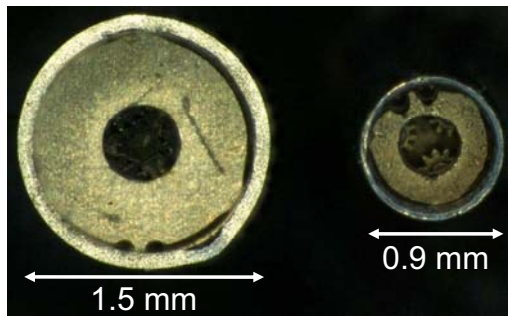


3. 研究開発成果

1段ギヤヘッドの構築(歯車噛み合いの様子)



<直径1.5 mmギヤヘッドとの比較>



3. 研究開発成果

ギヤヘッドの試作(1段ギヤヘッドの動作確認)



スムーズな回転動作を確認

成果のまとめと目標達成状況

資料 6-1-2

区分	開発項目	中間目標	成果まとめ	中間目標達成状況
共通基盤技術	合金創製	圧縮強さ1650 MPa以上 圧縮塑性伸び5%以上		
	歯車試作	歯車直径0.3 mm以下 寸法公差 $\pm 2 \mu\text{m}$	<ol style="list-style-type: none"> ホブ加工法による遊星歯車の試作 <ul style="list-style-type: none"> 東北大学金属材料研究所開発のホブ加工を技術導入。穴あきブランク材からホブ加工による歯切り、切断(ワイヤ放電加工)、研磨の工程によりZr基単相金属ガラス製遊星歯車を試作した。試作した遊星歯車が歯車直径0.296 mm、寸法公差が$\pm 2 \mu\text{m}$以下を確認し、中間目標値を達成。 超々精密歯車の寸法精度評価手法の確立 <ul style="list-style-type: none"> 画像処理による定量評価が可能な形状測定機の採用、および共焦点レーザー顕微鏡を活用した歯面の粗さ計測により遊星歯車の形状測定手法を確立。 精密プレス成形 <ul style="list-style-type: none"> 真鍮を用いた多段階精密プレス成形で歯形形状を確認したものの、歯の欠けが目立つとともに切削傷と同様の加工傷を確認。 切削傷および切子の確認により精密プレス成形の主体はコイニングモードよりも切削モードに近いことを確認。 ギヤヘッドの設計・試作・評価 <ul style="list-style-type: none"> 直径0.9 mmギヤヘッド(1段 6:1)を設計し、各種構成部品の試作とギヤヘッドの予備組立試験を実施。 試作ギヤヘッドの回転動作試験でスムーズな回転を確認。 	◎

2009.8.12: 中間評価 於: 大手町サンスカイルーム A会議室

43/49

資料 6-1-2

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景

2. 目標値および開発体制

3. 研究開発成果

研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発

4. まとめと今後の課題

5. 実用化の見通し(公開部分)

2009.8.12: 中間評価 於: 大手町サンスカイルーム A会議室

44/49

4. まとめと今後の課題

外部発表まとめ

	平成19年度	平成20年度	平成21年度	合計
展示会等	0	3	0	3
報道記事等	0	0	0	0
論文・著書	0	2	0	2
口頭発表	3	2	0	5
受賞	0	0	0	0
特許出願	0	0	0	0

特筆すべき成果

- ・従来にない寸法(直径0.3 mm)と精度($\pm 2 \mu\text{m}$)を達成できるプロセス(ホブ加工)で超々精密ギヤの創製し中間目標を達成。
- ・開発計画を前倒し、1段減速機を設計・構築(世界最小サイズを更新)。スムーズな回転動作を確認。

4. まとめと今後の課題

最終目標達成に向けた今後の課題と対策

区分	開発項目	最終目標	今後の課題
共通基盤技術	合金創製	圧縮強さ1650 MPa以上 圧縮塑性伸び10%以上	<ol style="list-style-type: none"> 1. 精密プレス成形性基礎評価(切削モード) <ul style="list-style-type: none"> ・より平滑な切削加工が可能な工具材質の選定継続 2. 精密プレス成形性基礎評価(コイニングモード) <ul style="list-style-type: none"> ・複合化金属ガラスでのコイニングモードの効果確認 3. 複合化金属ガラスの選定 <ul style="list-style-type: none"> ・合金組成改良による強度と伸びの改善 ・構成元素の選択による低コスト化(脱貴金属(Pd)元素)
	歯車試作	歯車直径0.3 mm以下 寸法公差 $\pm 1 \mu\text{m}$	<ol style="list-style-type: none"> 4. ホブ加工法による遊星歯車の試作 <ul style="list-style-type: none"> ・歯車要求使用である歯面粗さ$0.4 \mu\text{m Ry}$を満たすよう、切削速度等の加工条件の適正化、もしくは精密プレス成形による仕上げ加工を実施 5. 精密プレス成形 <ul style="list-style-type: none"> ・金型の歯形精度改善、切子排出を考慮した金型形状の設計変更 ・単相および可塑性複合化金属ガラスを用いた精密プレス成形の実施 ・成形ギヤの穴あけ、遊星歯車の評価 6. 試作ギヤヘッドの評価 <ul style="list-style-type: none"> ・改善した遊星歯車を組み込んだ直径0.9 mmのギヤヘッドの作製 ・多段ギヤードモータの試作、寿命等の性能評価の実施

4. まとめと今後の課題

今後の開発スケジュール

	平成21年度	平成22年度	平成23年度
1. 複合化金属ガラスの合金創製 ・合金組成改良による強度と伸びの改善 ・複合化金属ガラスのコイニング効果確認	強度と伸び改善 コイニング効果確認	最終目標の達成 精密プレス成形性確認 コイニング条件最適化	
2. 超々精密ギヤ等の成形技術 ・ホブ加工による超々精密ギヤ創製 ・精密プレス成形による超々精密ギヤ創製	加工条件最適化 加工条件最適化	最終目標の達成 加工方法の選択 低コスト化と大量生産確立 低コスト化と大量生産確立	最終目標の達成 選択加工方法での改善
3. ギヤヘッドの試作 ・1段ギヤヘッドの性能評価 ・ギヤヘッド多段化 ・多段ギヤヘッドの試作と性能評価	性能評価	部品試作 多段化設計	試作 性能評価

説明内容

高強度・超々精密部材技術の研究開発

1. 研究開発背景
2. 目標値および開発体制
3. 研究開発成果

研究開発項目②-1 高強度・可塑性複合化金属ガラスの合金創製

研究開発項目②-2 超々精密ギヤ等の成形技術の開発

4. まとめと今後の課題

5. 実用化の見通し(公開部分)

5. 実用化の見通し(公開部分)

想定製品の波及効果

先端医療機器検査・治療デバイス
モータ小径化に伴う適用箇所拡大

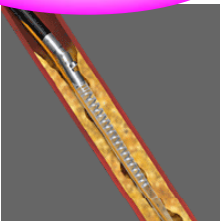
その他用途

内視鏡



胃・大腸→泌尿器

DCAカテーテル



下肢血管→心臓・末梢血管

血管内視鏡



大動脈→冠状動脈・脳

バイオ研究



マイクロロボット



航空宇宙

