

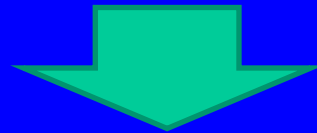
MCF研磨の原理と特性

<原理>

クラスター(nm, μm オーダーサイズ)

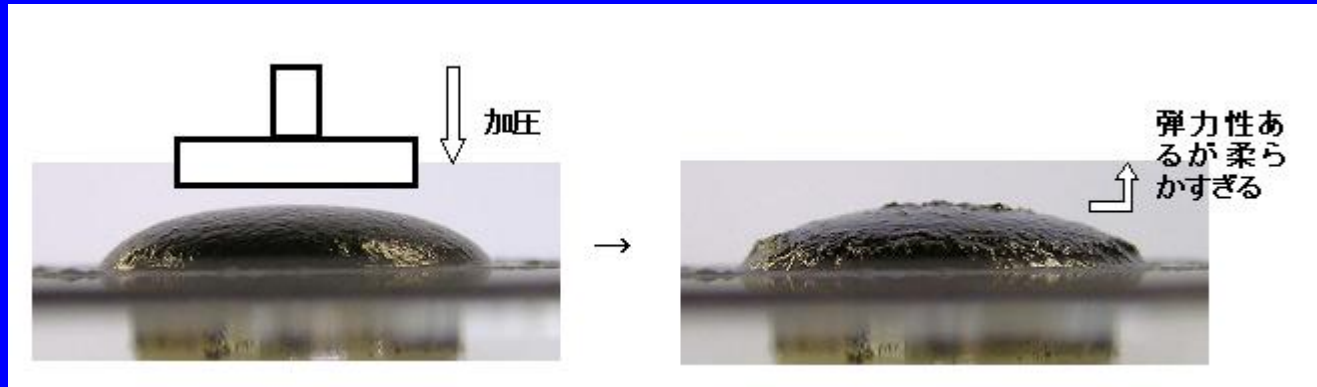


nm, μm オーダーの加工, 研磨が可能

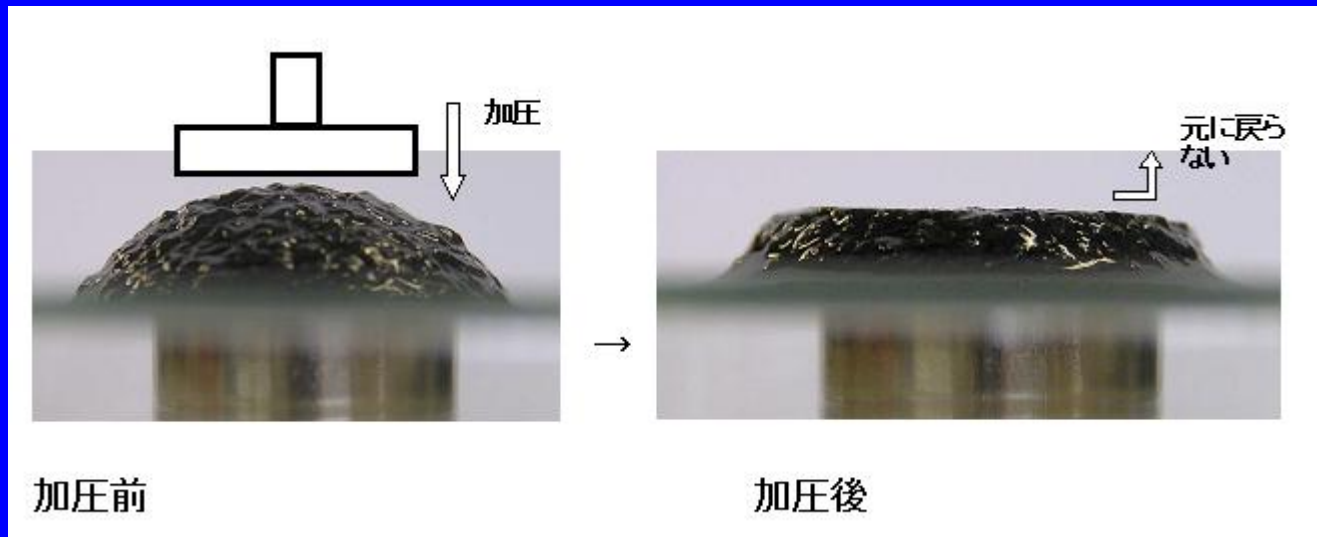


以下, 概要を示す.

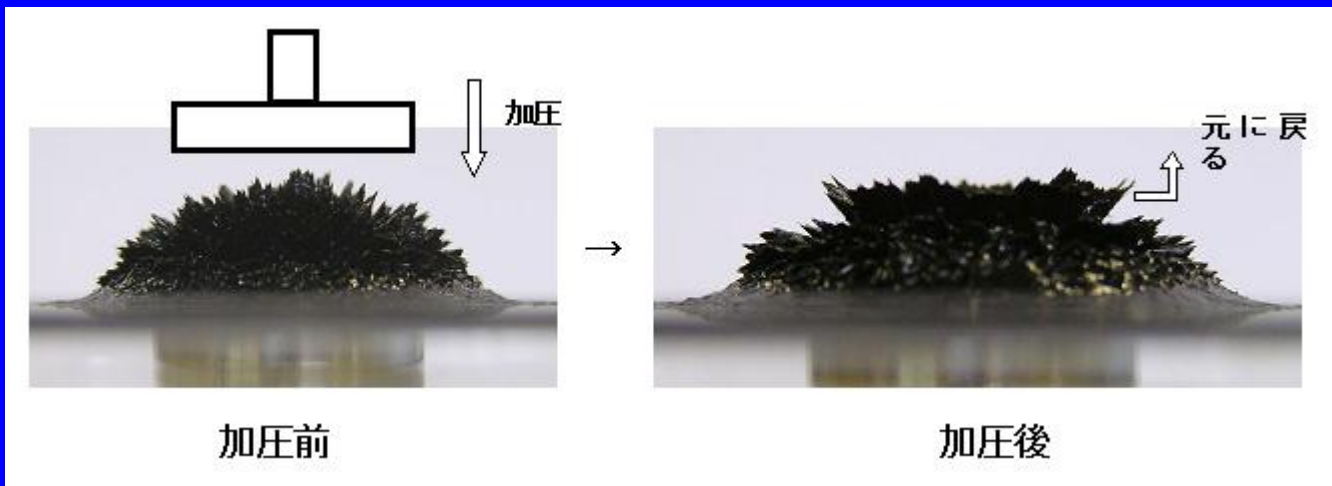
MCF研磨は従来の研磨とここが違 う！！



磁性流体の場合 → 復元力あるが、液状なので弱い



MR流体の場合 → 復元力無し



MCFの場合 → 復元力有り

(2) MCFは、細くて長いスパイクが多い



MCFの場合 → 細長い

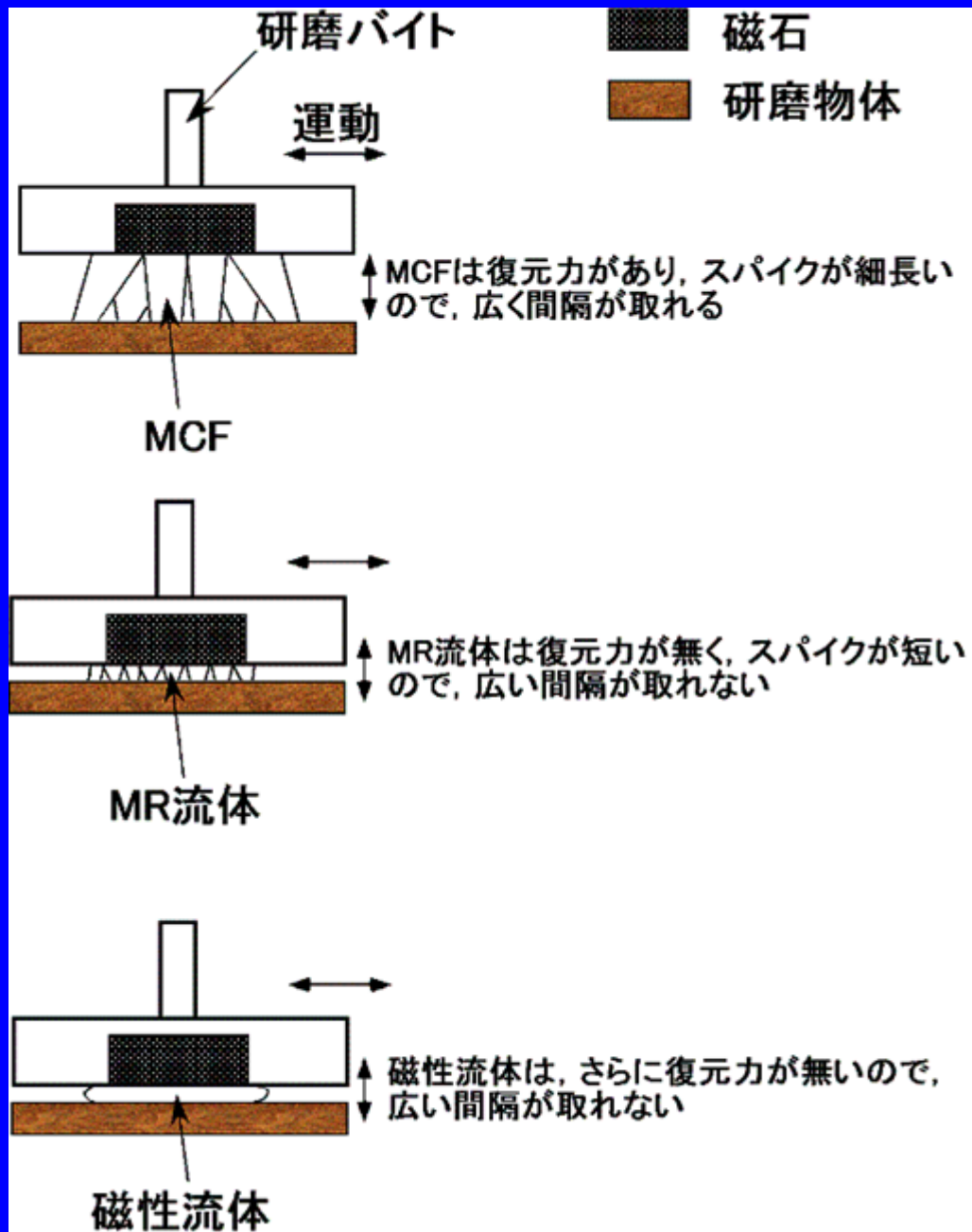


MR流体の場合 → 短い

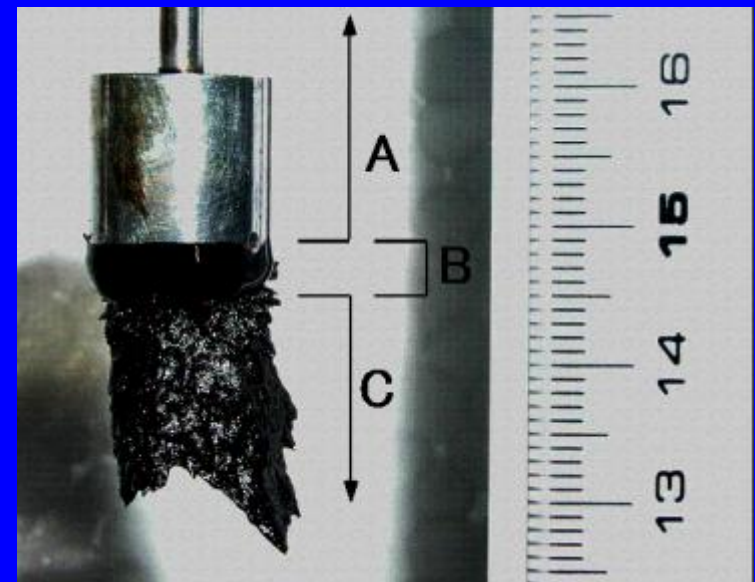


磁性流体の場合 → 液状で弱い

(3) MCF研磨は、フロートポリッシングに最適



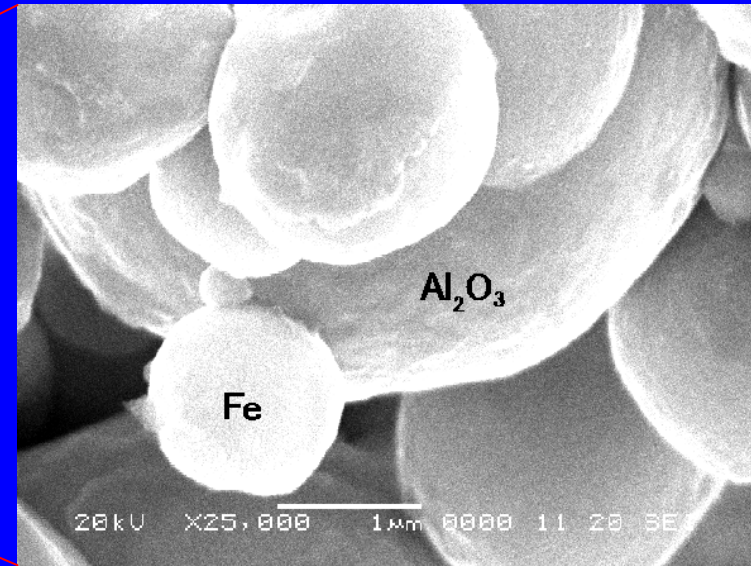
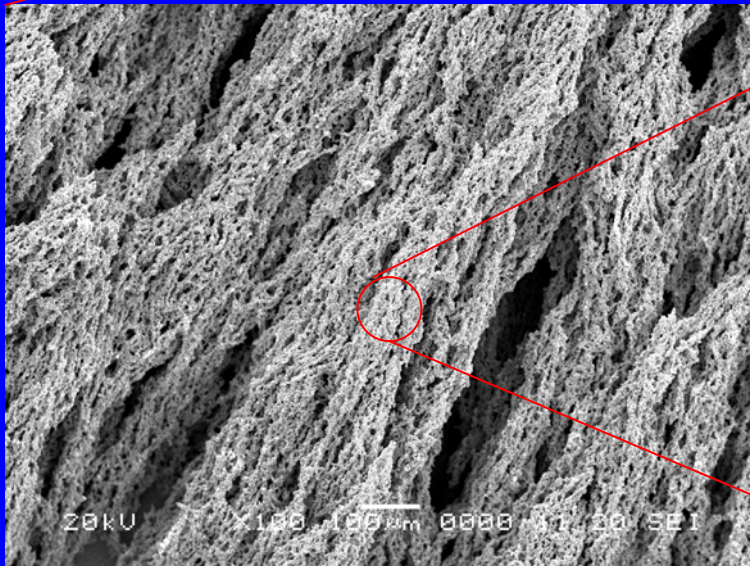
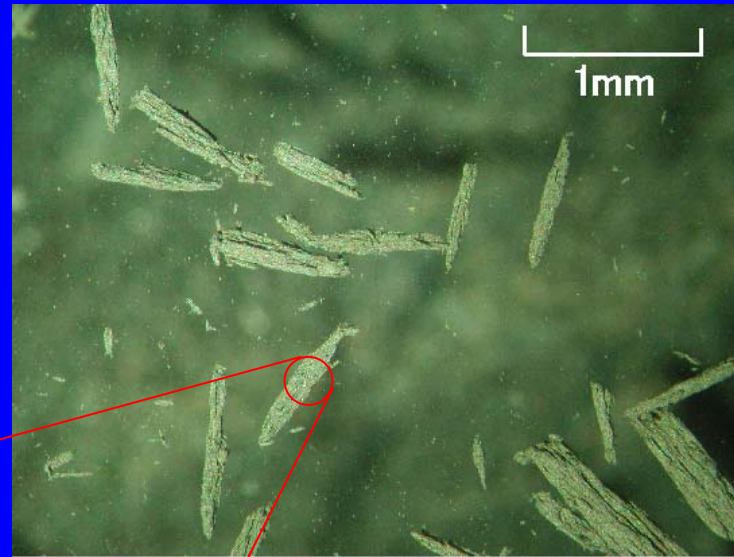
(例) 研磨工具No.1に付着するMCF研磨液



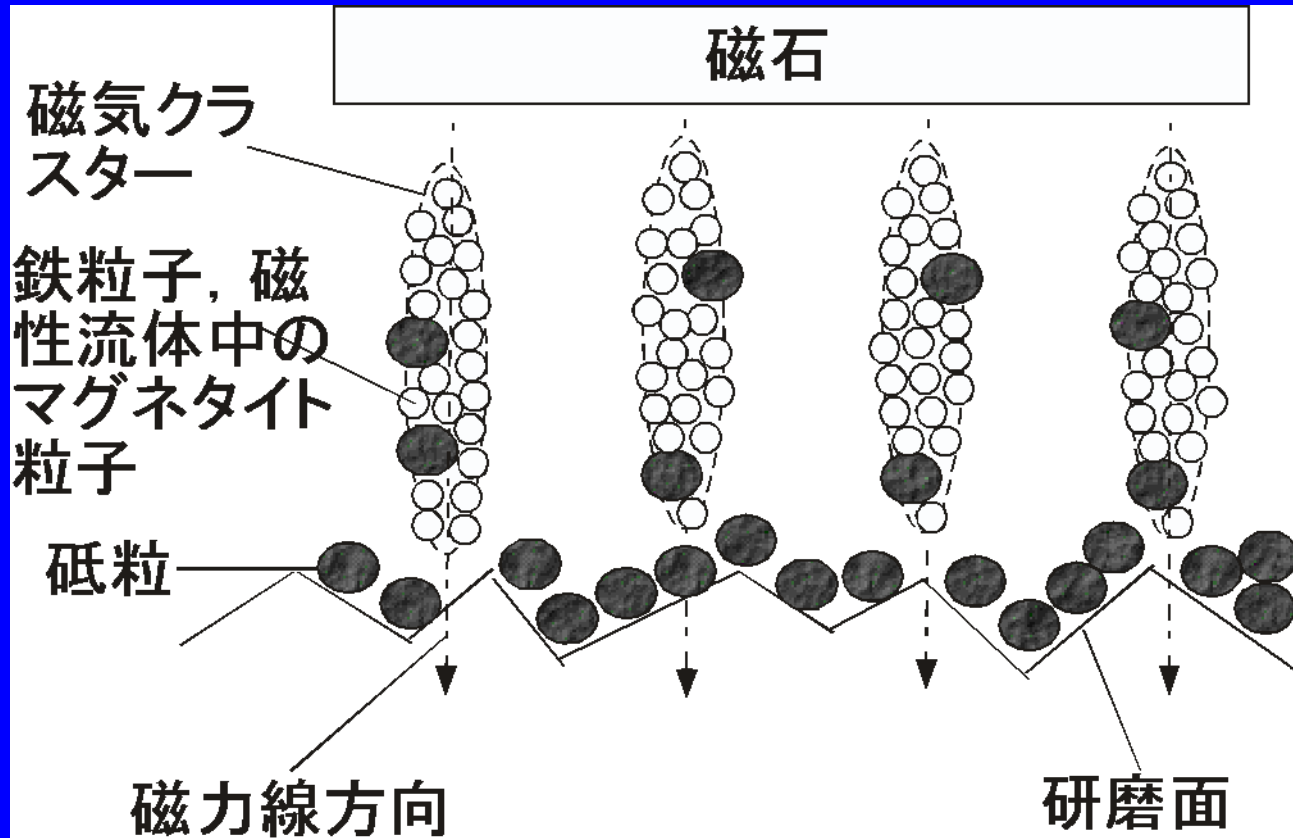
従来の流体研磨とMCF研磨の比較

	従来の流体研磨	MCF研磨
流体	磁性流体, MR流体	MCF
研磨する物体との間隔	μm オーダー	mmオーダー
大間隔を有する非接触式研磨	不可能	可能
制御機構	間隔を μm オーダーで保持する精密な制御機構が必要	特に必要なし
研磨装置	高価	安価
3次元複雑形状の全面同時研磨	不可能 (制御機構付属で可能)	可能 (制御機構付属無しで可能)

MCF中の磁気クラスター → クラスター中にも非磁性体 (砥粒)を含ませることができる



磁気クラスターによる研磨モデル



- 磁気クラスター = 磁気ブラシ ⇒ 歯ブラシの原理

非接触式研磨の場合

- (1) ポリッシングパッドと研磨面との距離が小さくなるにつれて研磨効果が大きい。
- (2) ポリッシングパッドと研磨面との距離がある非接触式の研磨の場合、ポリッシングパッドがなくても、さらに、ポリッシングパッドがなくてMCFに緩衝材を混合すると、より大きな研磨効果が得られる。
- (3) ポリッシングパッドと研磨面との距離がある非接触式の研磨の場合、300ガウスより1800ガウスのほうが、一定の表面粗さに到る時間が短い。

接触式研磨の場合

従来の流体研磨（機能性流体でない流体を使用，
磁性流体研磨，MR流体研磨）

⇔ MCF研磨のほうが，研磨効果大きい

大間隔を可能にするMCFの研磨液について ⇒ 改良

HQ (1 μ mオーダーのカーボニル鉄粉)

+

磁性流体 (ケロシンベースなど)

+

砥粒 (Al_2O_3 など)

+

α -セルロース

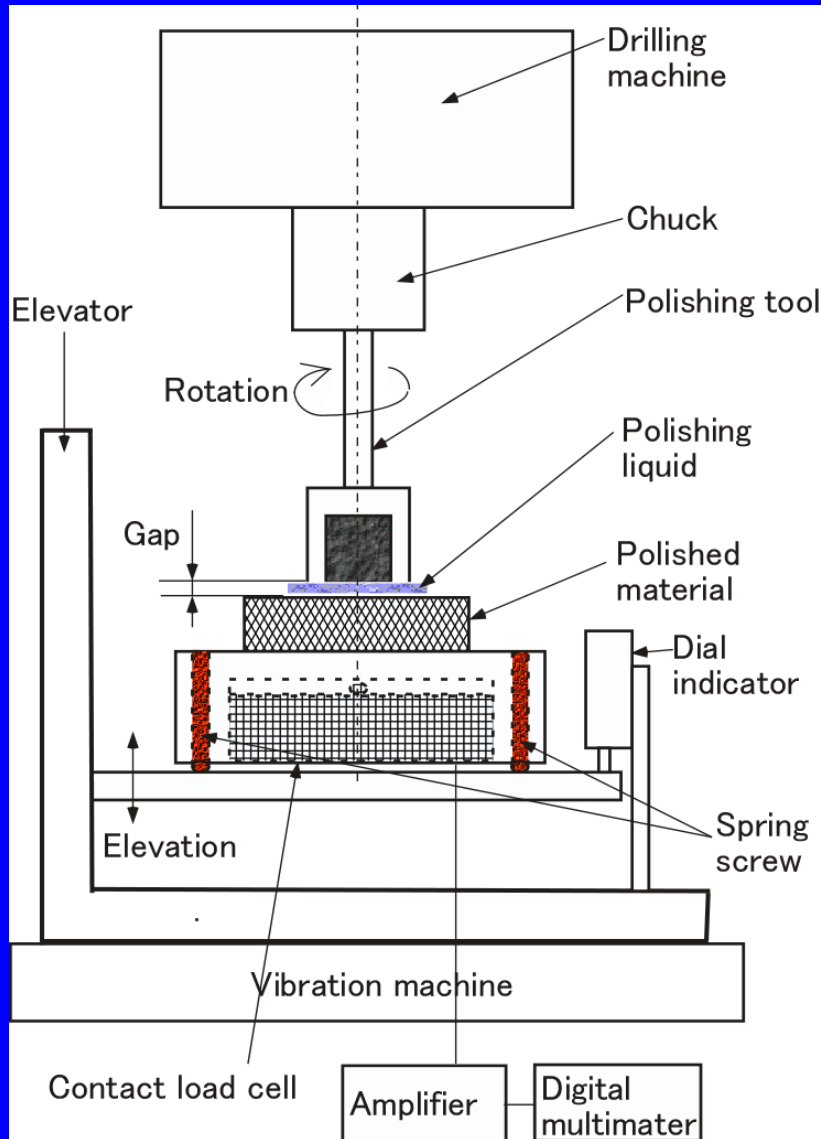
通常のラッピングでは、
研磨パッドを使用



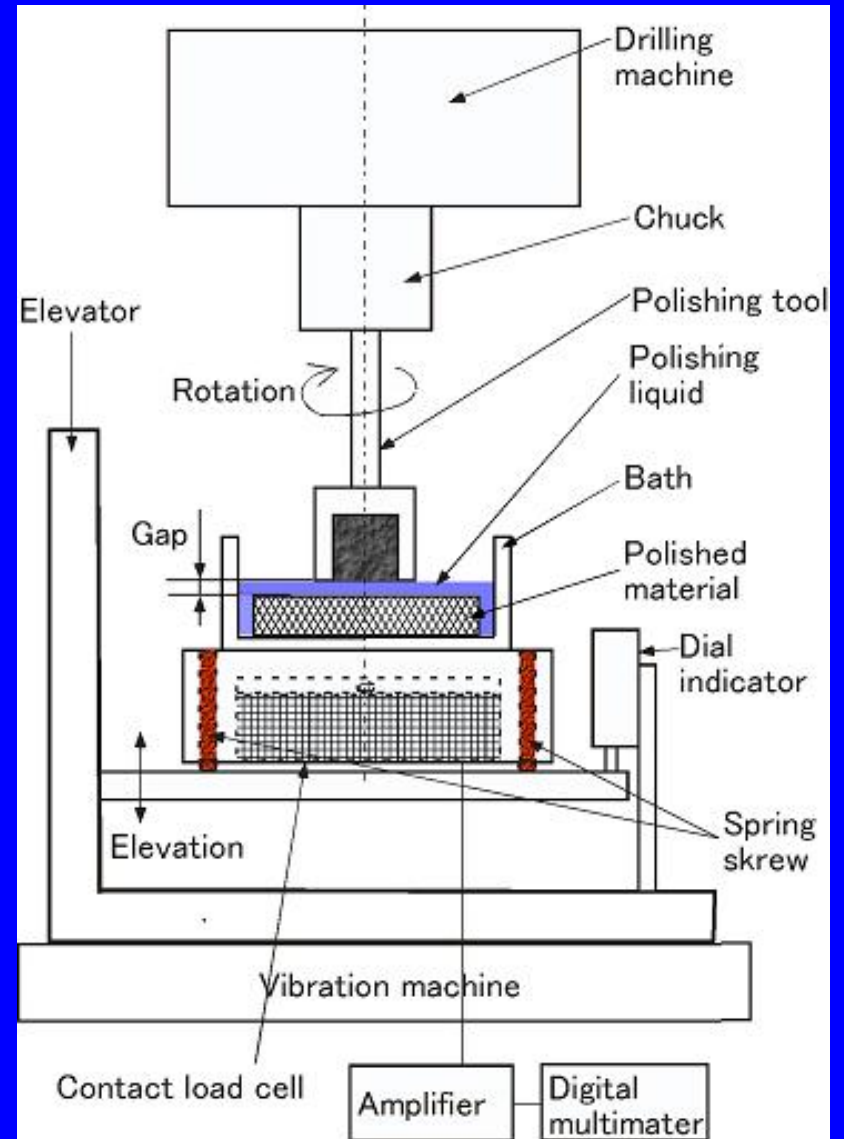
繊維を研磨液に混合

研磨試験装置

流動槽無しタイプ

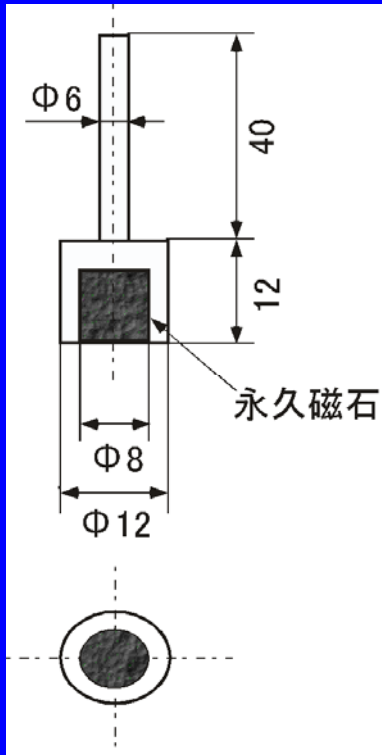


流動槽有リタイプ

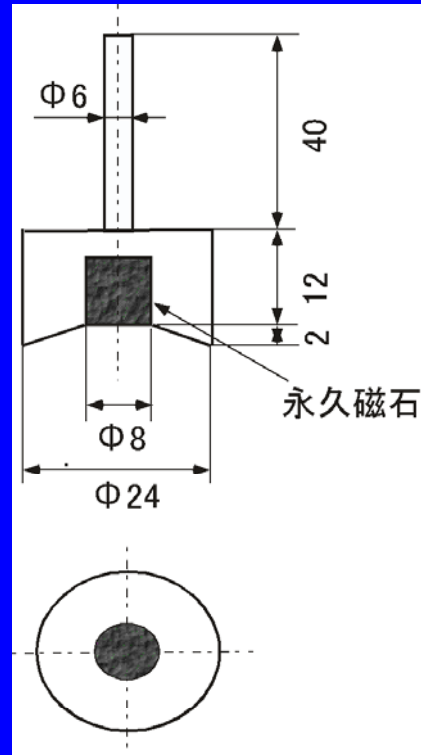


研磨工具(その1)

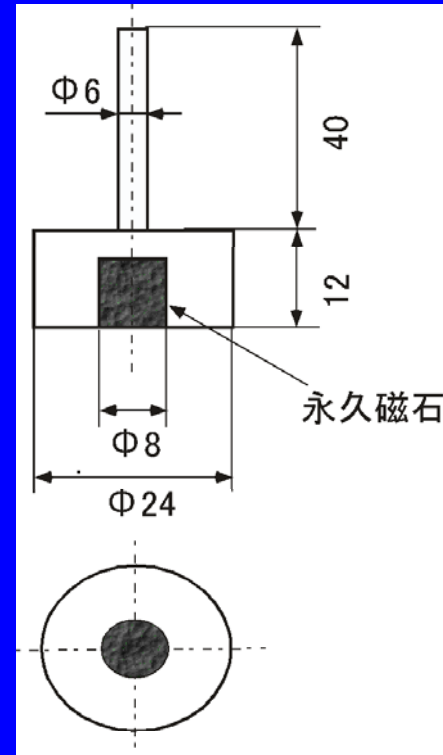
<円状配置>



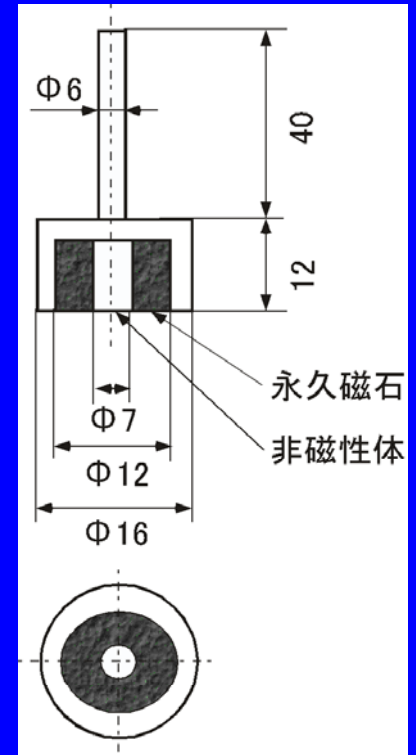
No.1



No.2



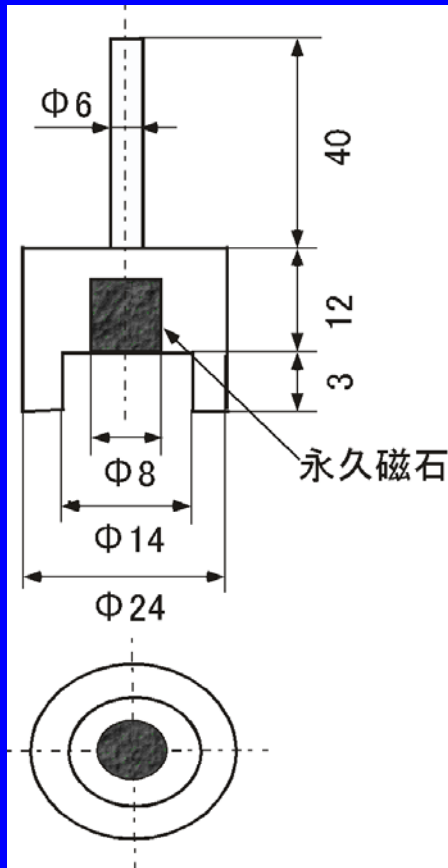
No.3



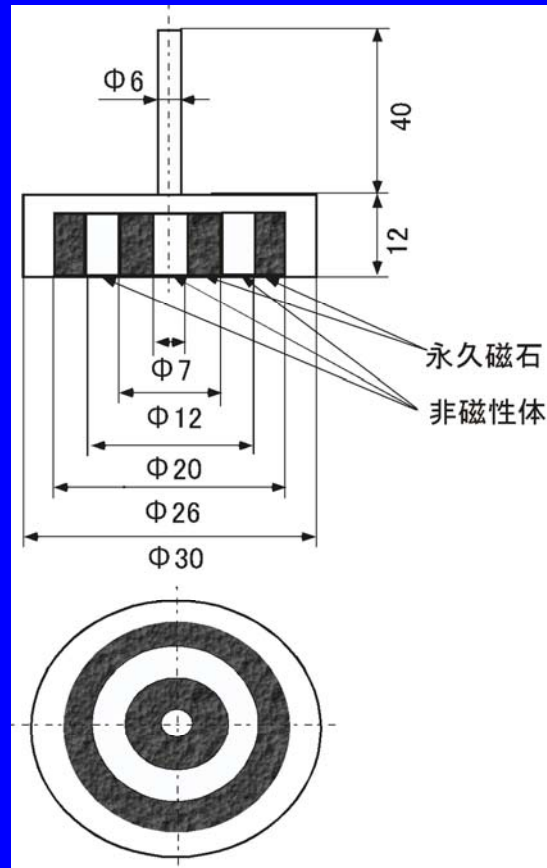
No.4

研磨工具(その2)

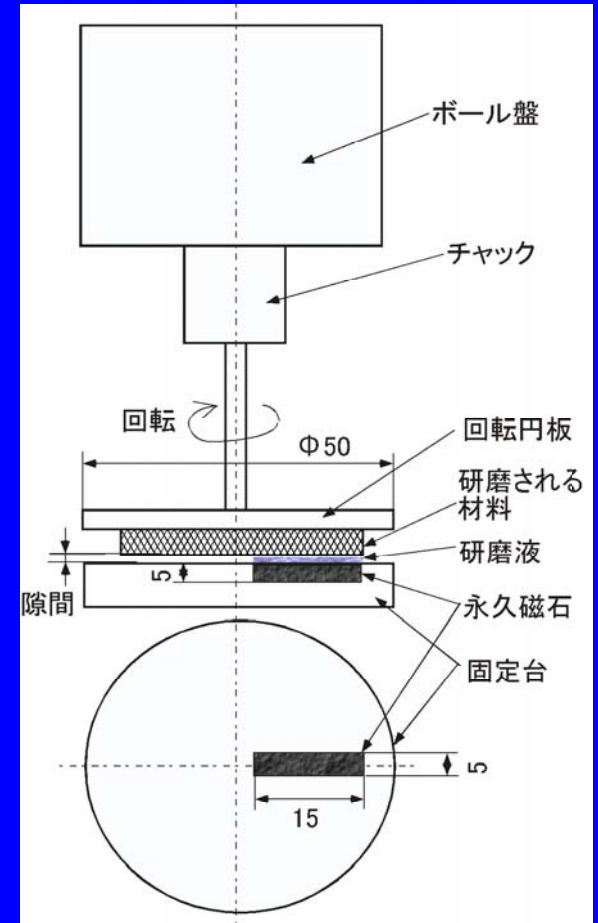
<円状配置>



No.5



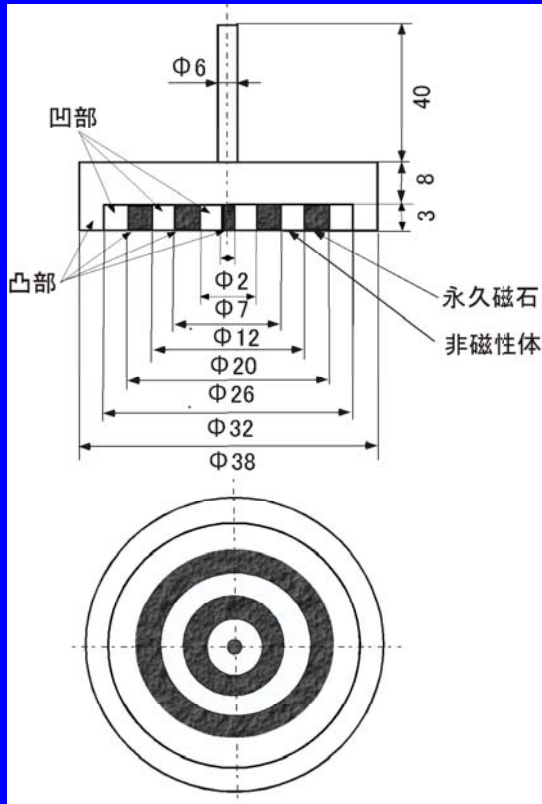
No.6



No.7

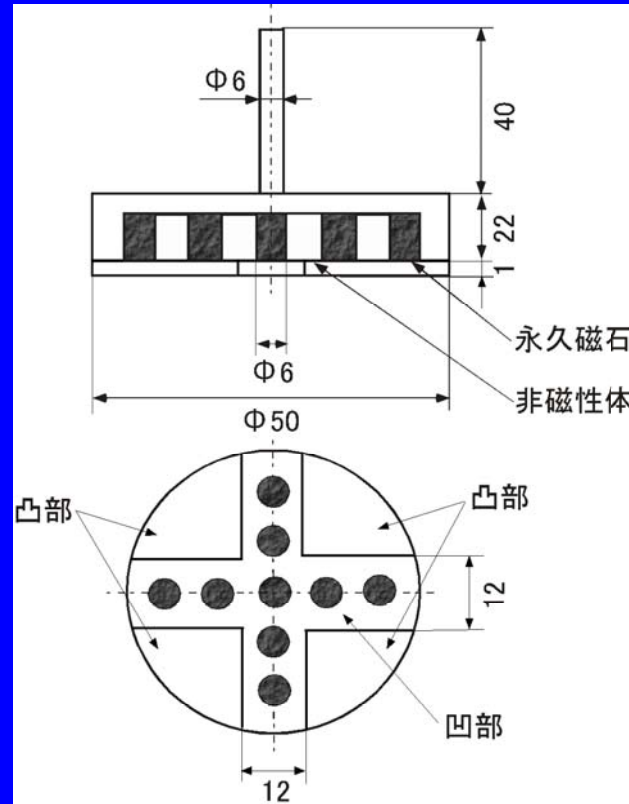
研磨工具(その3)

<円状配置>

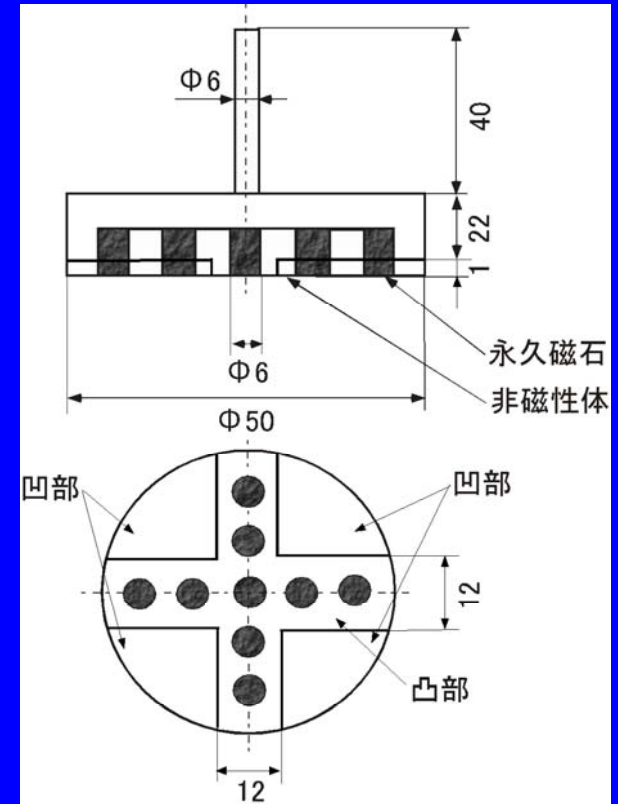


No.9

<直状配置>



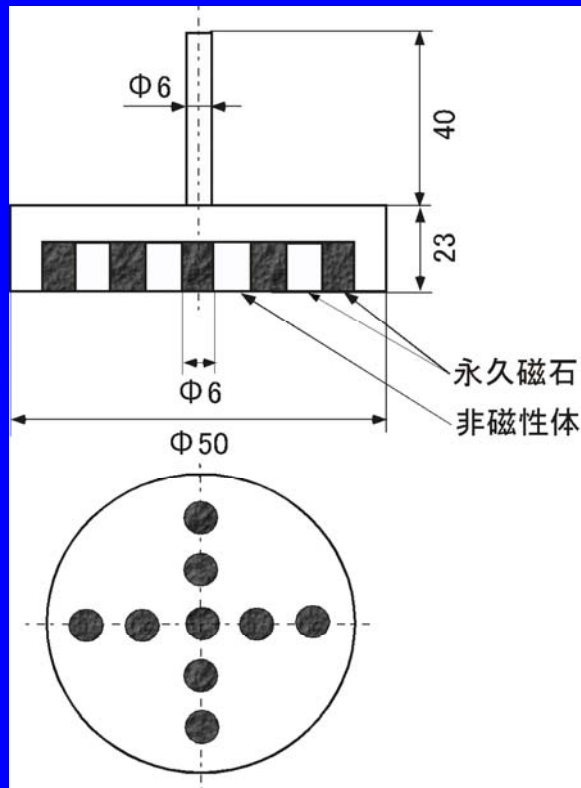
No.10



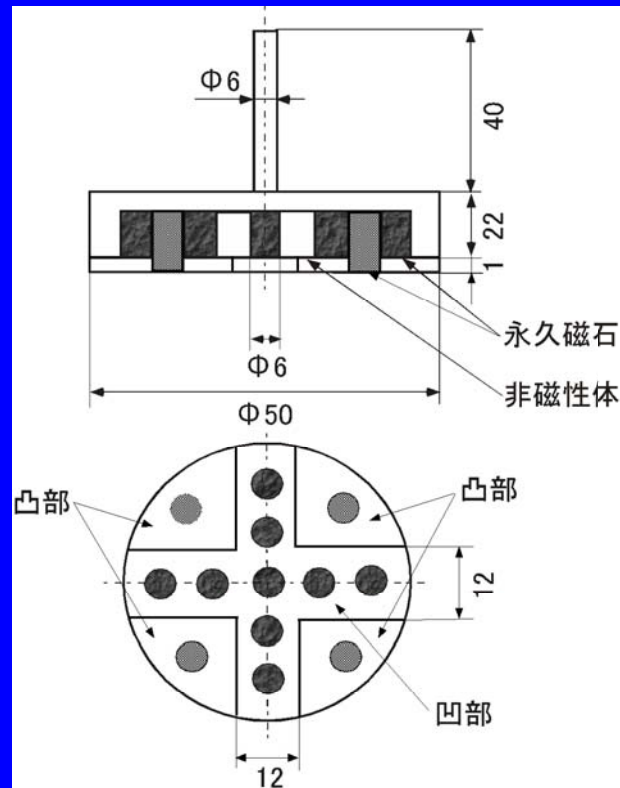
No.11

研磨工具(その4)

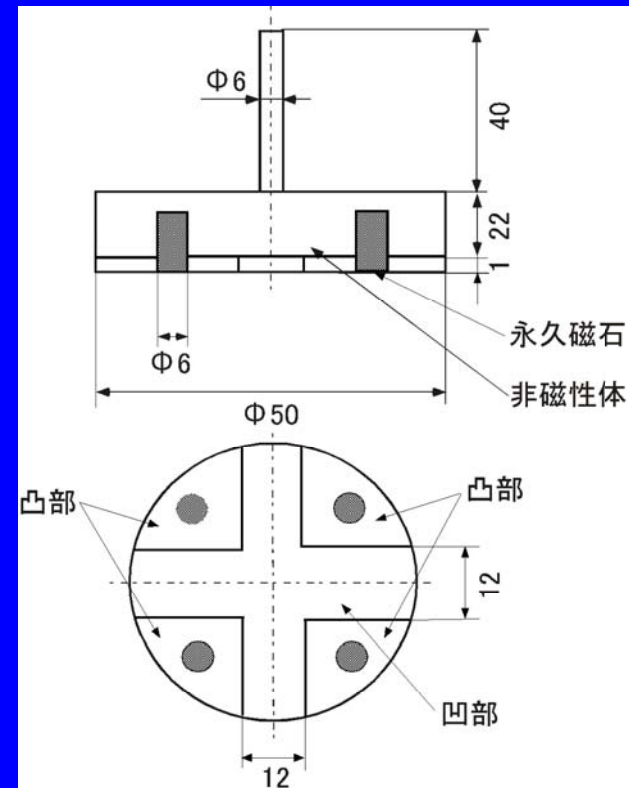
<直状配置>



No.12



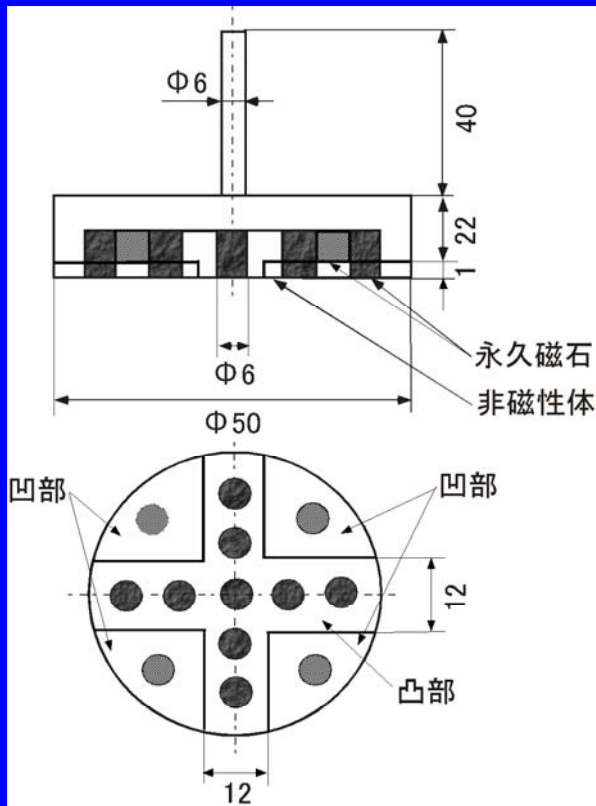
No.13



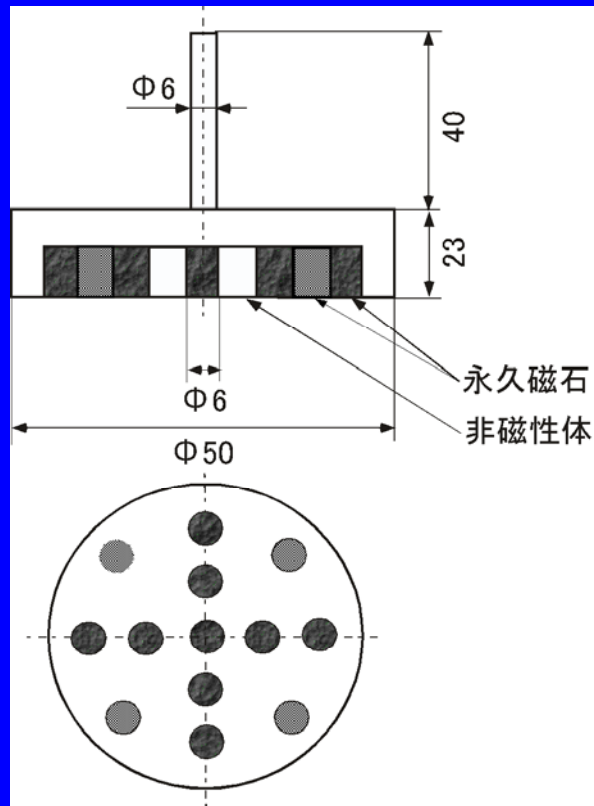
No.14

研磨工具(その5)

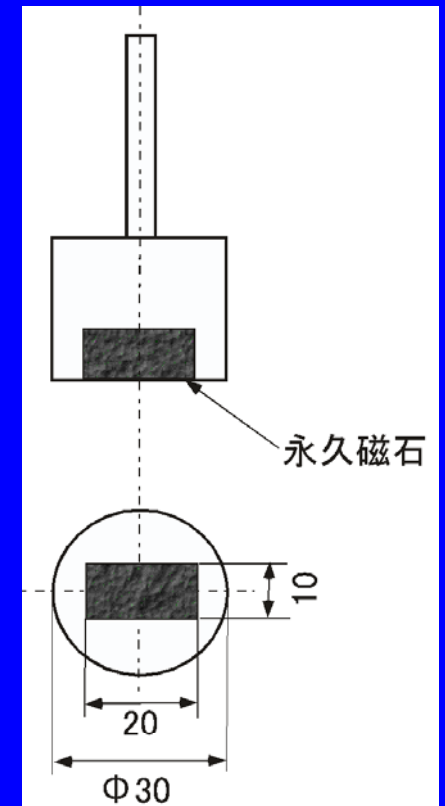
<直状配置>



No.15



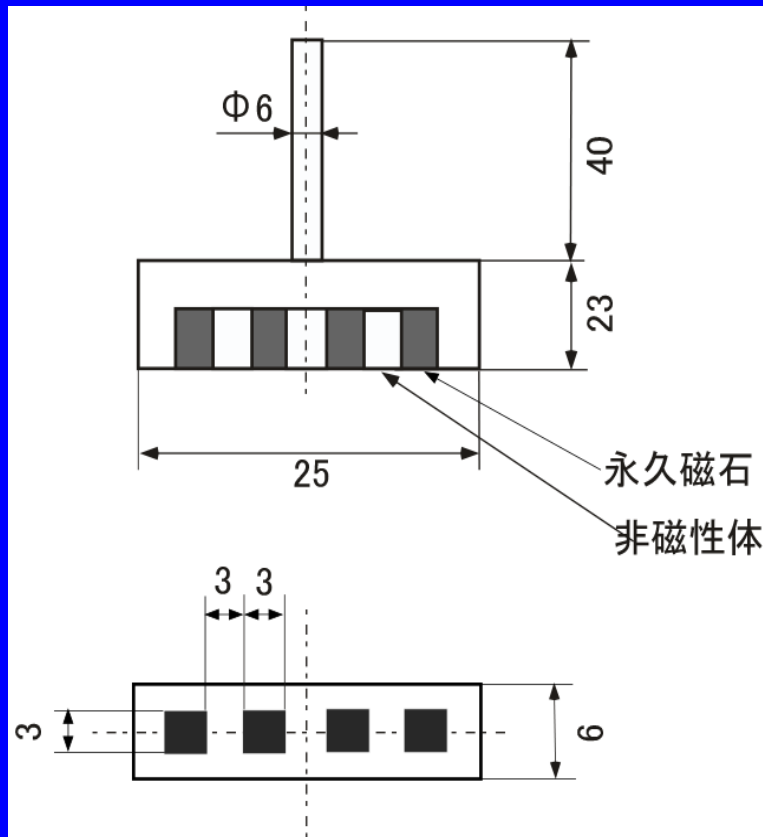
No.16



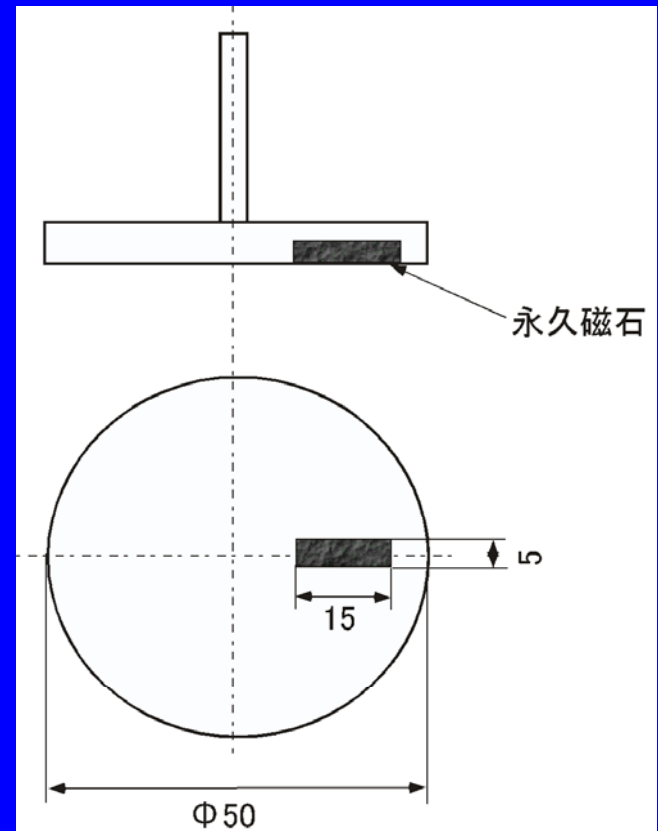
No.17

研磨工具(その6)

<直状配置>

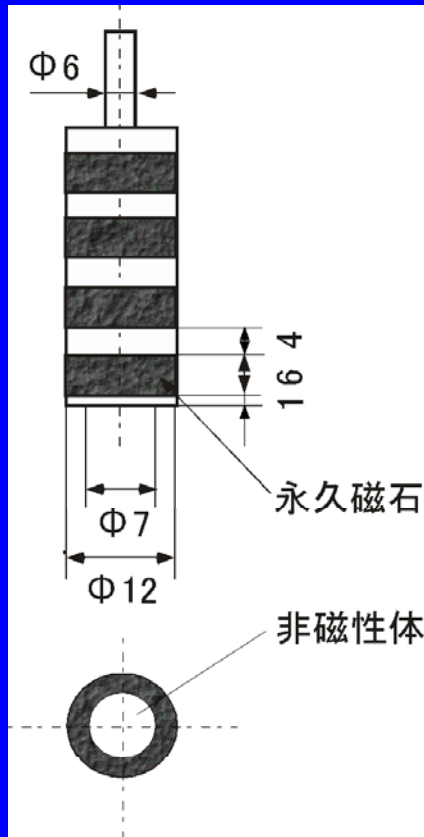


No.18

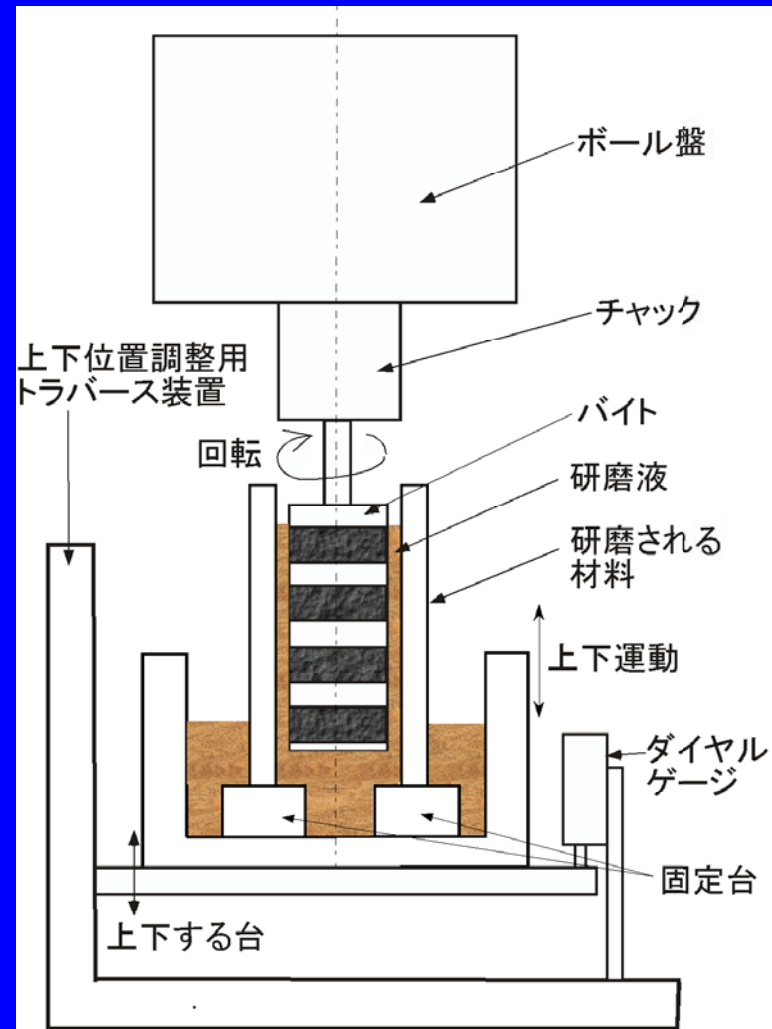


No.19

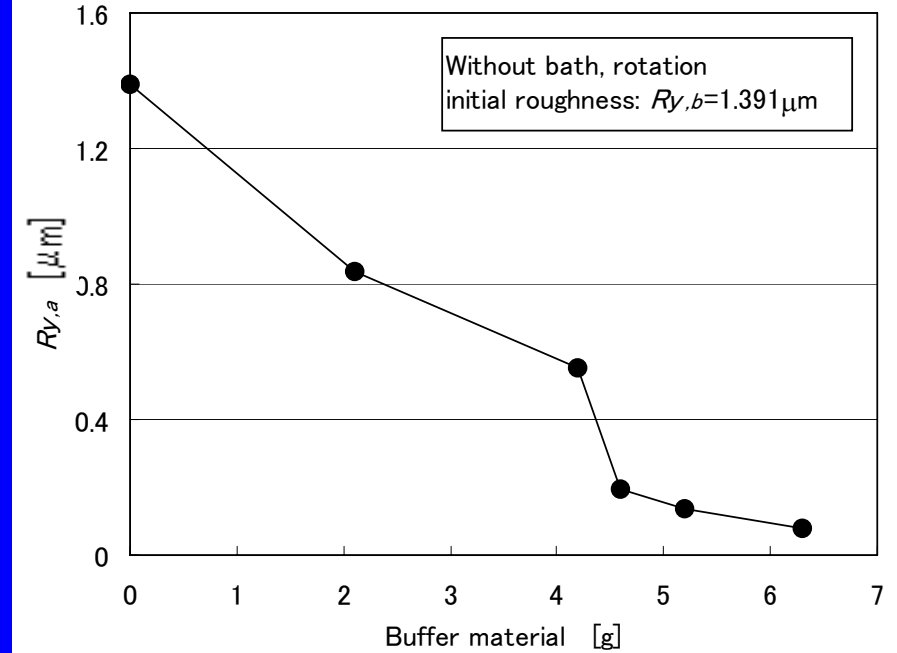
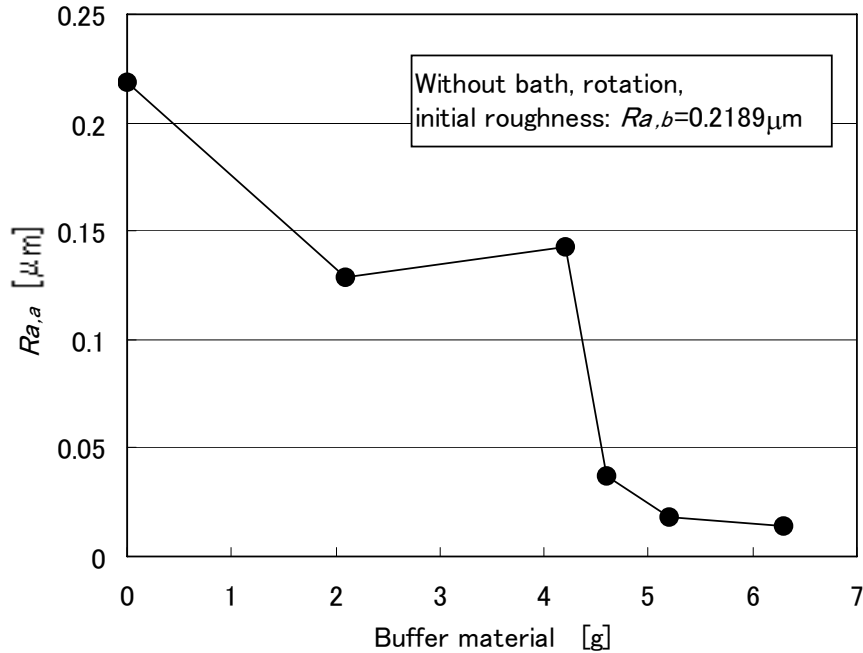
研磨工具(その7) …… 管内研磨用 及び 研磨試験装置



No.8



α -セルロースの効果



[SUS304, 研磨工具No.6, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$),
1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

HQ (1 μ m オーダーのカーボニル鉄粉)

+

磁性流体 (ケロシンベースなど)

+

α -セルロース

から抽出した磁気クラスター



<無磁場下>



<磁場下>



<x 140倍>



<x 420倍>

α -セルロース

HQ (1 μm オーダーのカーボニル鉄粉)

+

磁性流体 (ケロシンベースなど)

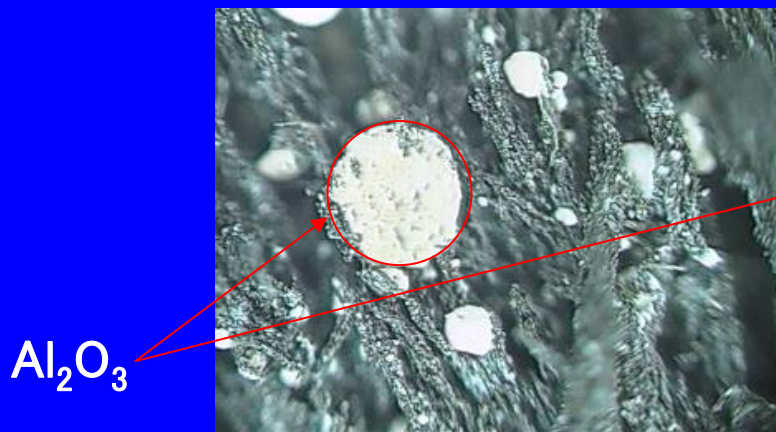
+

α -セルロース

から抽出した磁気クラスター

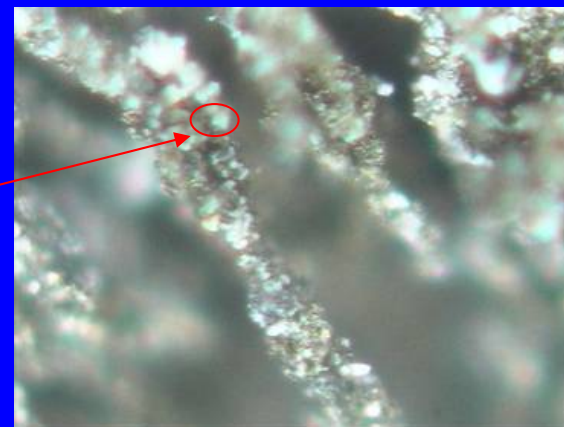
+

Al_2O_3 (3 μm) 添加,
超音波ホモジナイザー無し



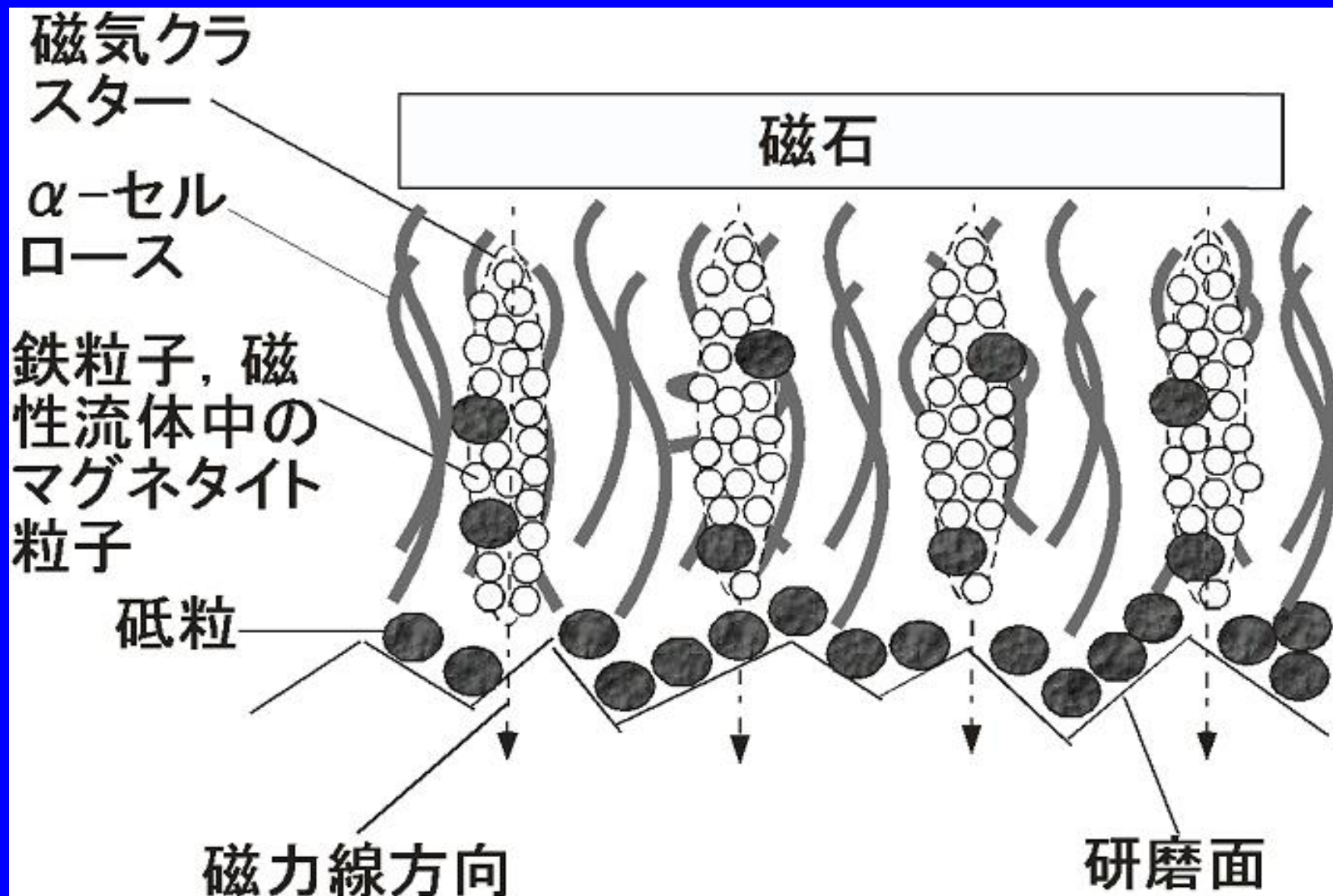
Al_2O_3

<x 140倍>



<x 420倍>

α -セルロースと磁気クラスターを包含するMCF研磨液のモデル



非接触式研磨 …… フロートポリッシング (Float polishing)



機能性流体の場合, 磁性流体を用いたもの研究のみ.



新しい機能性流体を使用したときの可能性に期待



磁気混合流体 (MCF)

接触式研磨 …… ラッピング (Lapping)

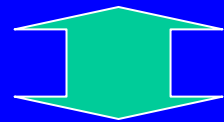


機能性流体 (磁性流体, MR流体, MCF, ER流体)を用いた多くの研究

非接触式研磨の場合

従来の流体研磨（機能性流体でない流体を使用，
磁性流体研磨，MR流体研磨）
では，大間隔をもつ研磨は不可能

→ 磁性流体研磨で高々 μm オーダー



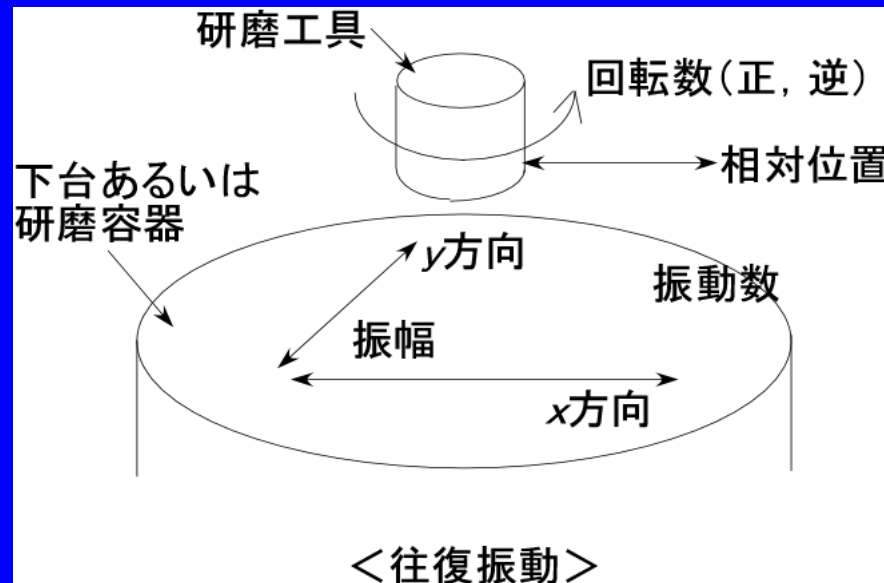
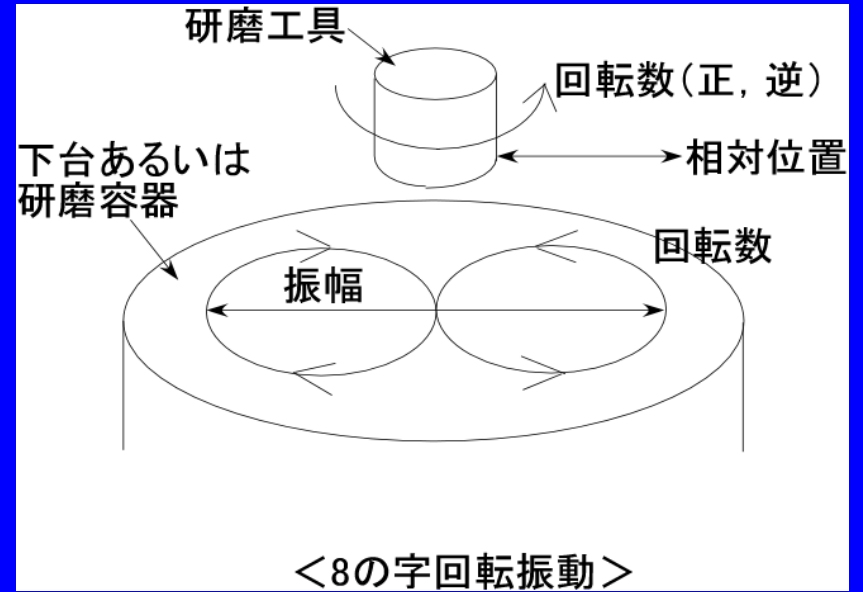
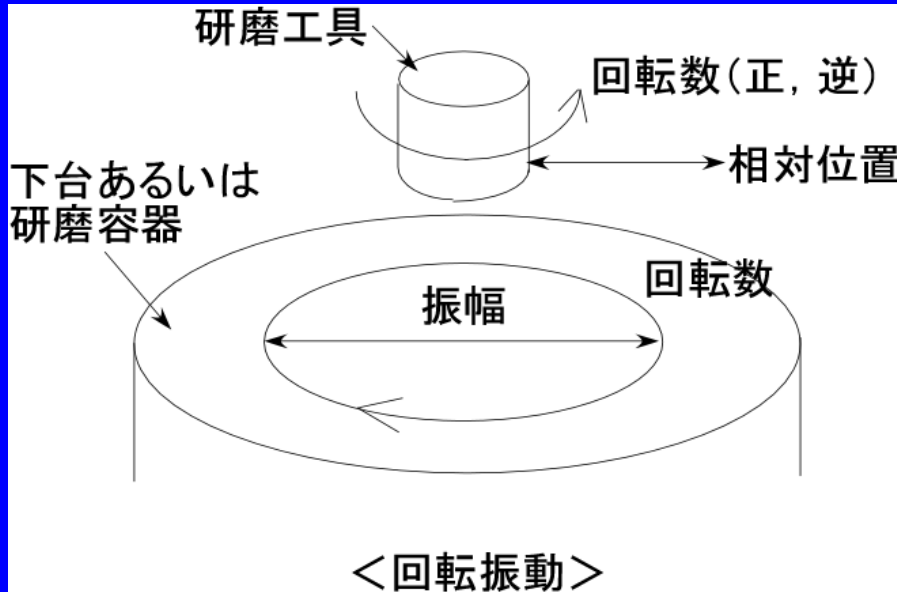
MCF研磨により，大間隔をもつ研磨が可能

→ 現在，8mm間隔，

$Ra=2.3\ \mu\text{m}$ から $0.01\ \mu\text{m}$ に研磨成功

→ 3次元複雑形状の全面同時研磨が容易

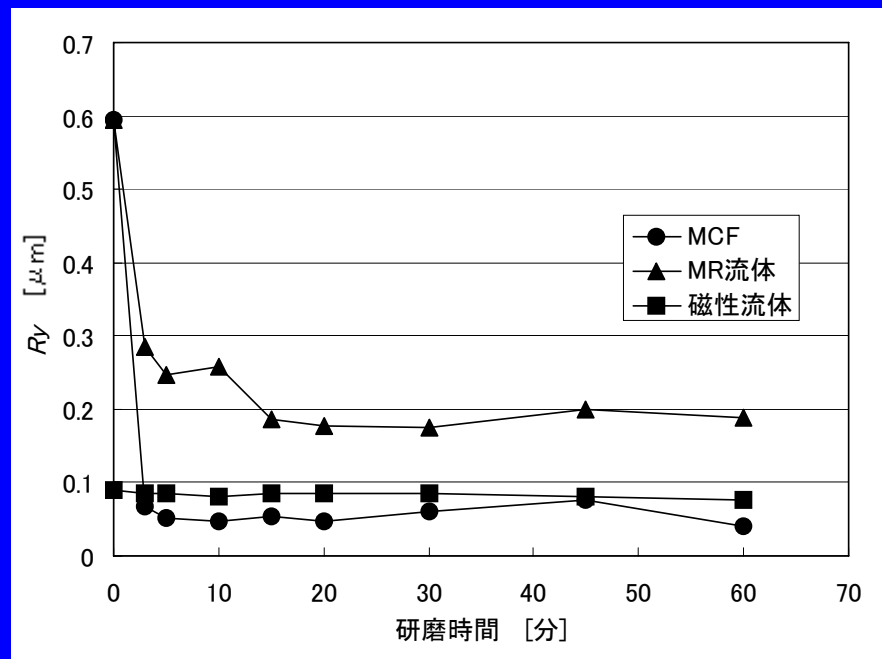
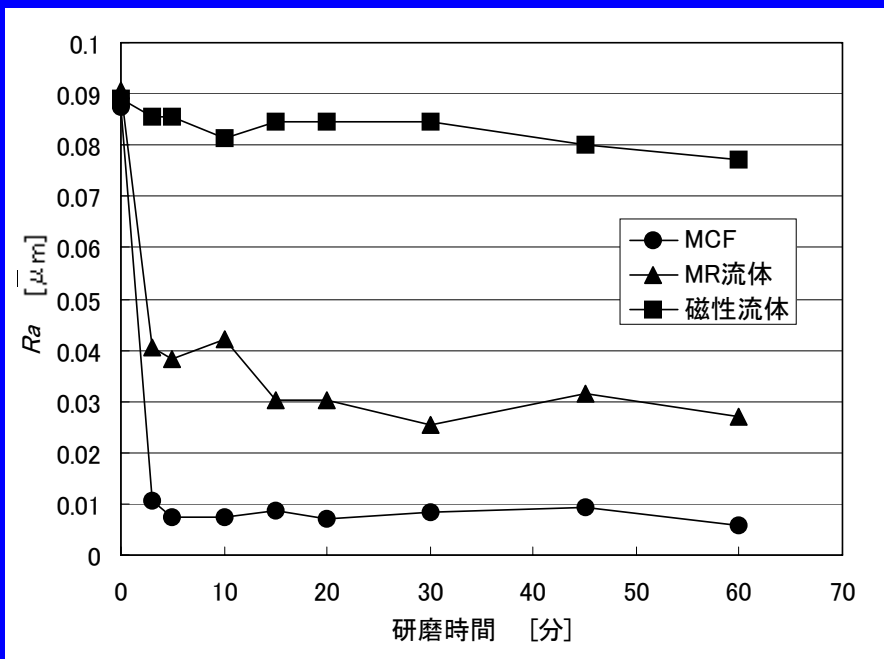
研磨試験装置における回転方式



従来の流体研磨とMCF研磨の比較(その1)



従来の流体研磨に比べてMCF研磨は、研磨効果が優れている

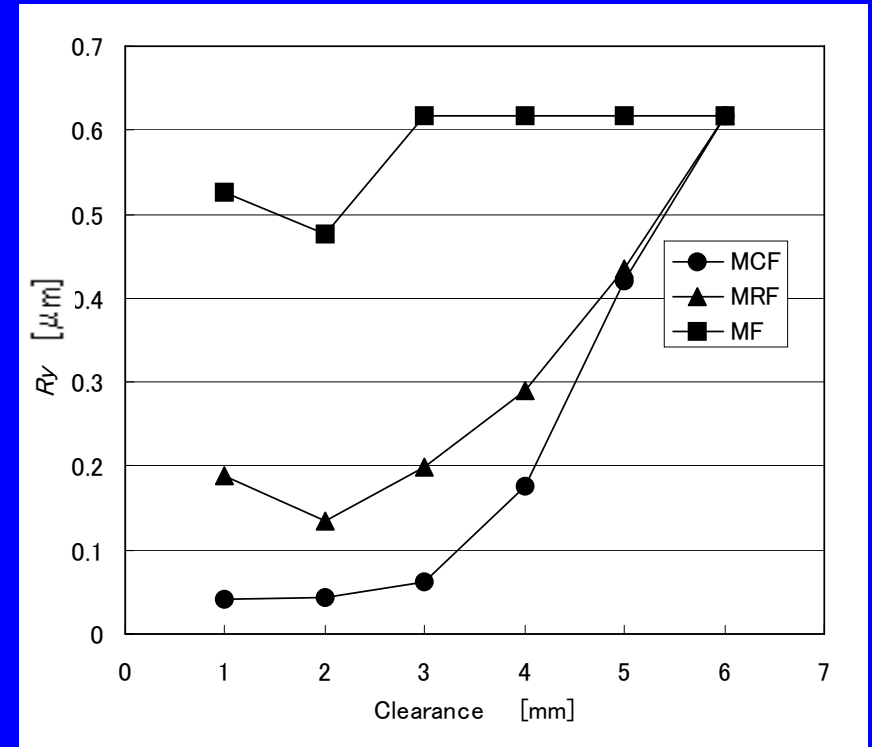
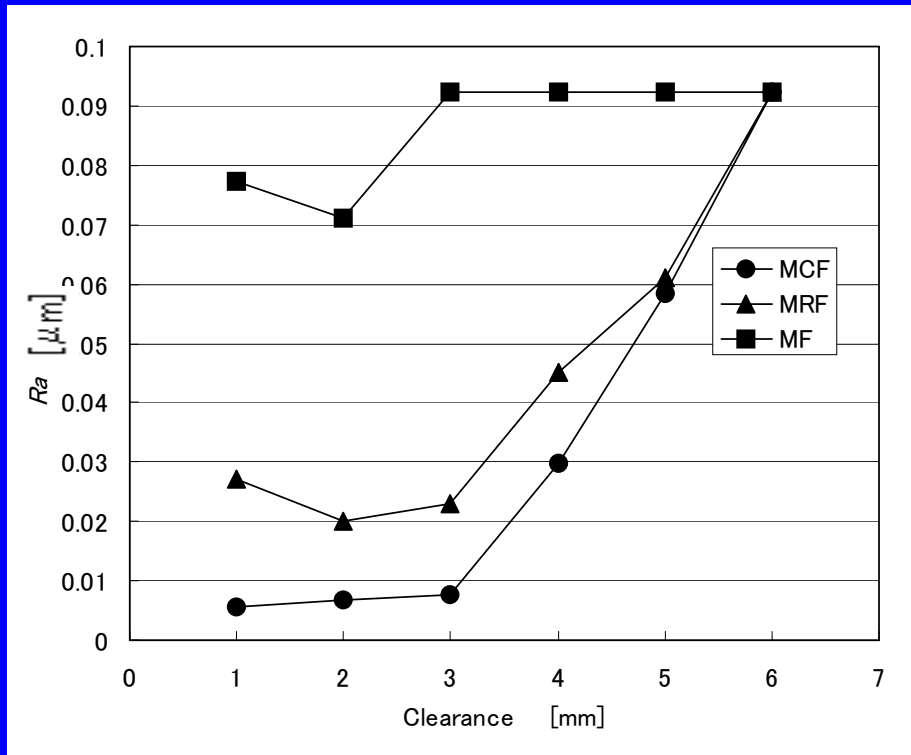


[真鍮, 研磨工具No.6, 流動漕なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 8の字回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

従来の流体研磨とMCF研磨の比較(その2)



従来の流体研磨に比べてMCF研磨は、間隔が大きく取れる



[真鍮, 研磨工具No.6, 流動漕なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$), 1mm, 1時間, 8の字回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

従来の流体研磨と MCF研磨の比較 (その3)



研磨工具(No.6)に付着する流体の様相から類推できる

Non-magnetic material

Permanent magnet



(a) polishing tool No. 6

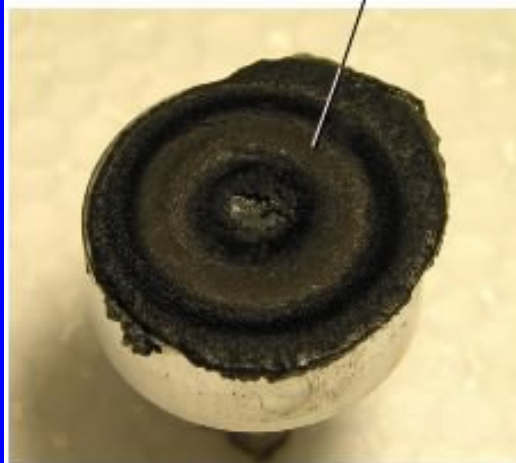
Liquid state

Solid state



(b) MCF

Solid state



(c) MRF

Liquid state

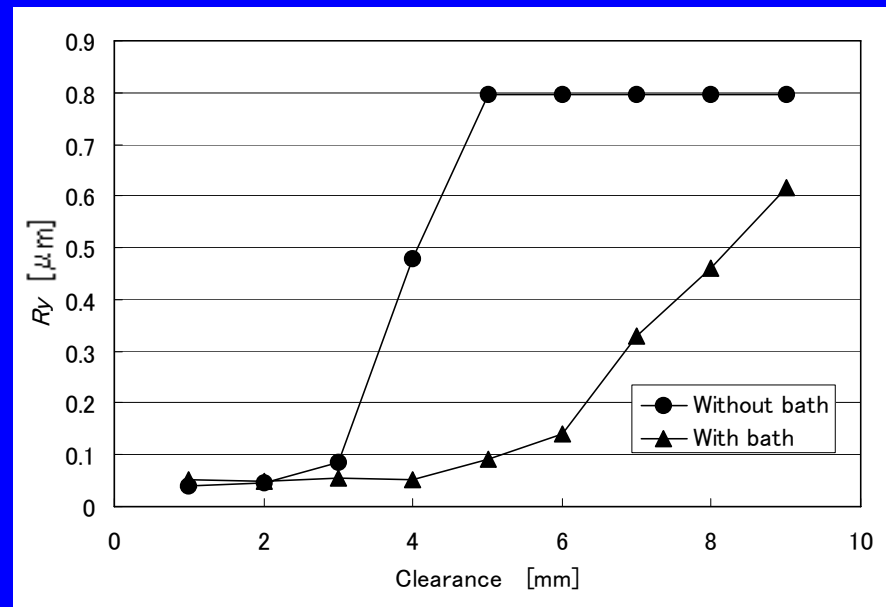
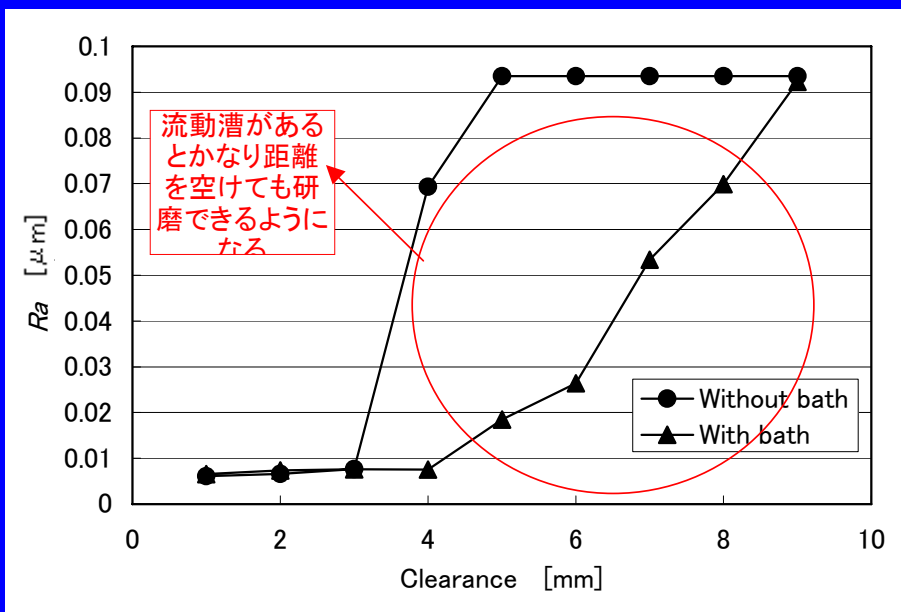


(d) MF

MCF研磨における間隔による研磨効果



MCFフロートポリッシングは、数mmの大間隔で研磨が容易



[真鍮, 研磨工具No.6, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$), 1mm, 1時間,
回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

材質による違い(その1)



MCF研磨は、材質に依らず研磨可能

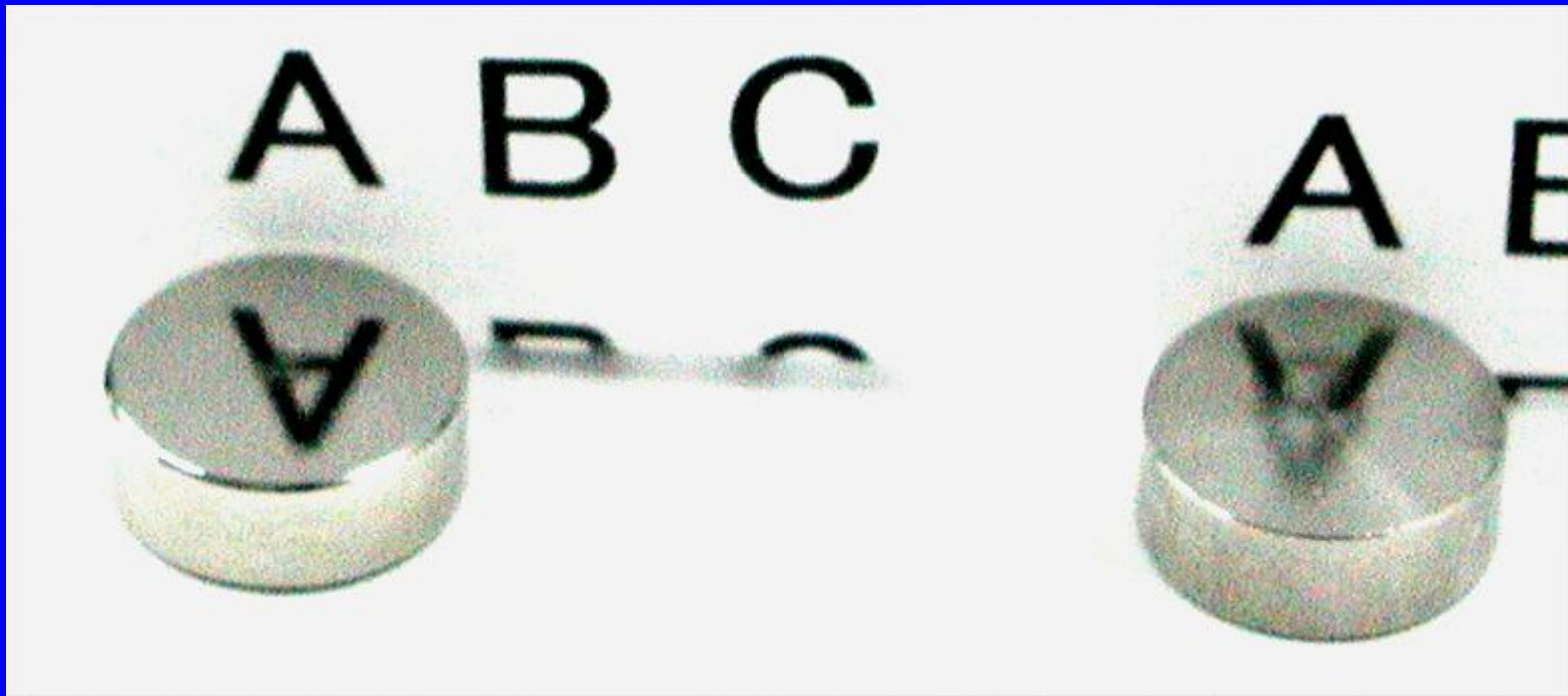
材質	<i>Ra</i> [μm]		<i>Ry</i> [μm]	
	研磨前	研磨後	研磨前	研磨後
真鍮	0.2408	0.0068	1.499	0.040
SUS304	0.192	0.0034	0.850	0.017
アルミ	0.1923	0.0076	1.089	0.056
ジュラルミン	0.1503	0.0044	0.690	0.041
銅	0.4869	0.0048	1.702	0.047
アクリル	0.0119	0.007	0.078	0.033

[研磨工具No.1, 流動漕なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μm), 2mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

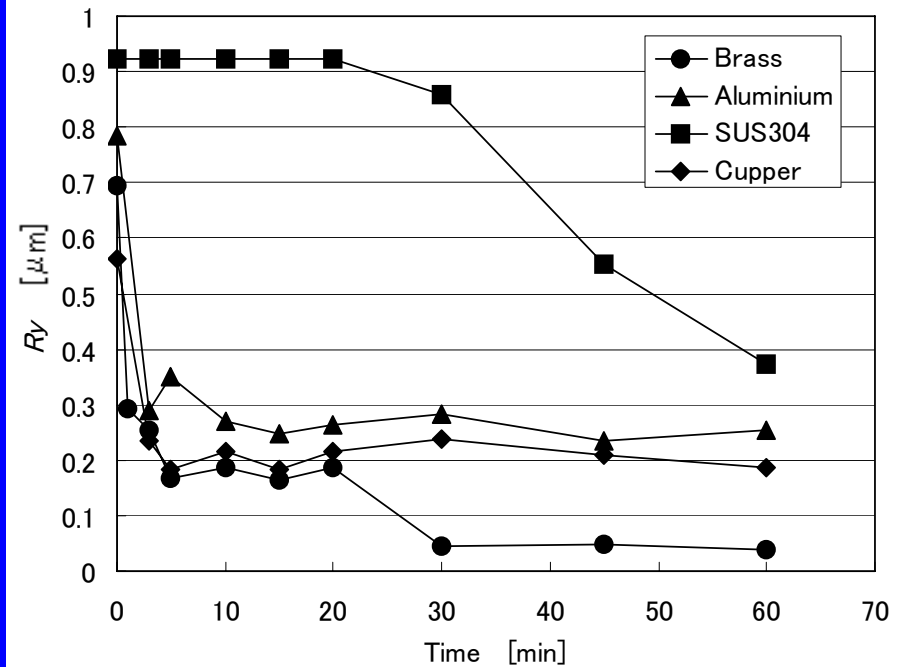
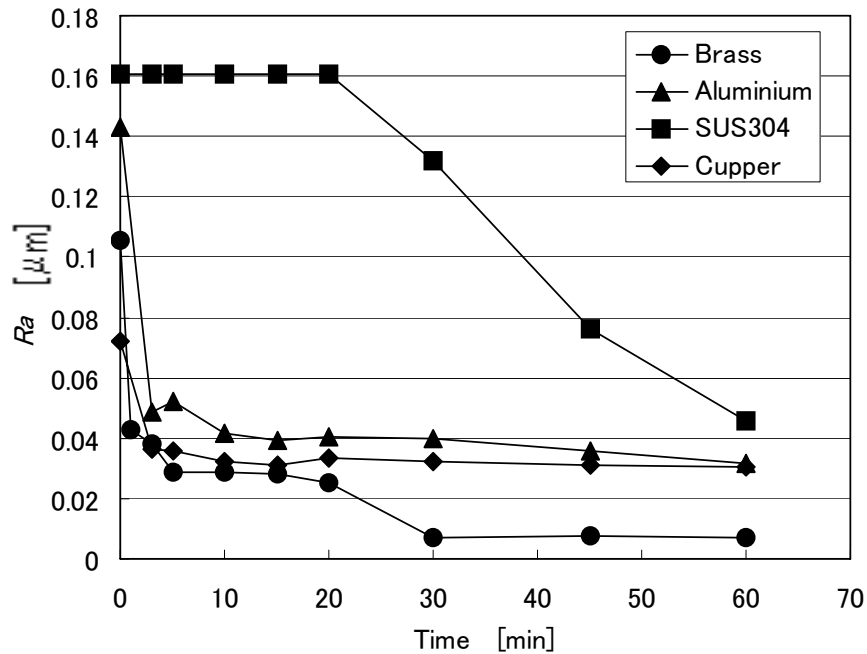
研磨例 (SUS304, MCF 使用, フロートポリッシング)

研磨後

研磨前



材質による違い(その2)・・・研磨時間による変化

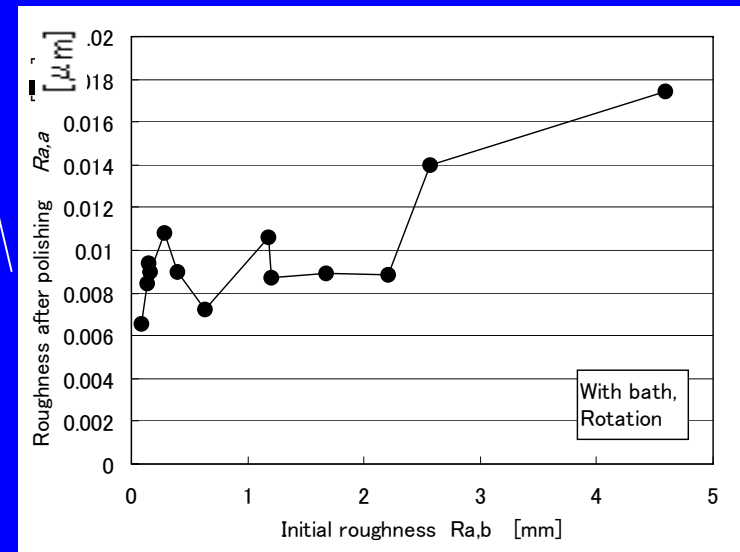
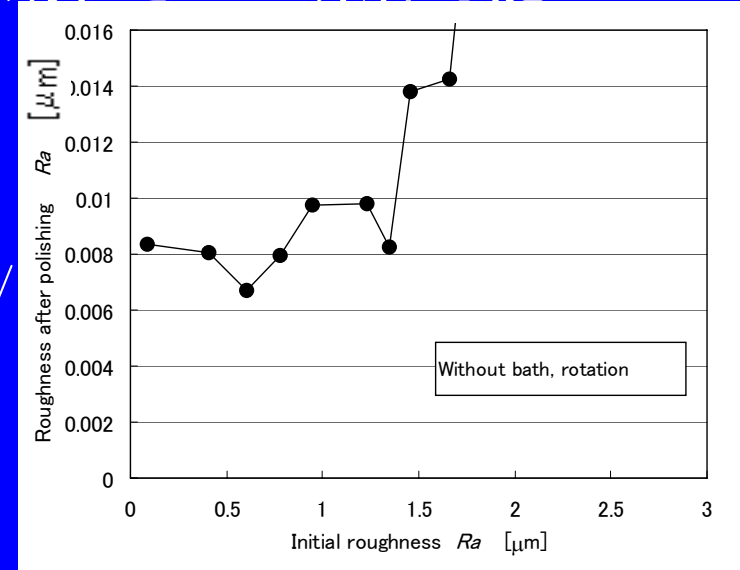
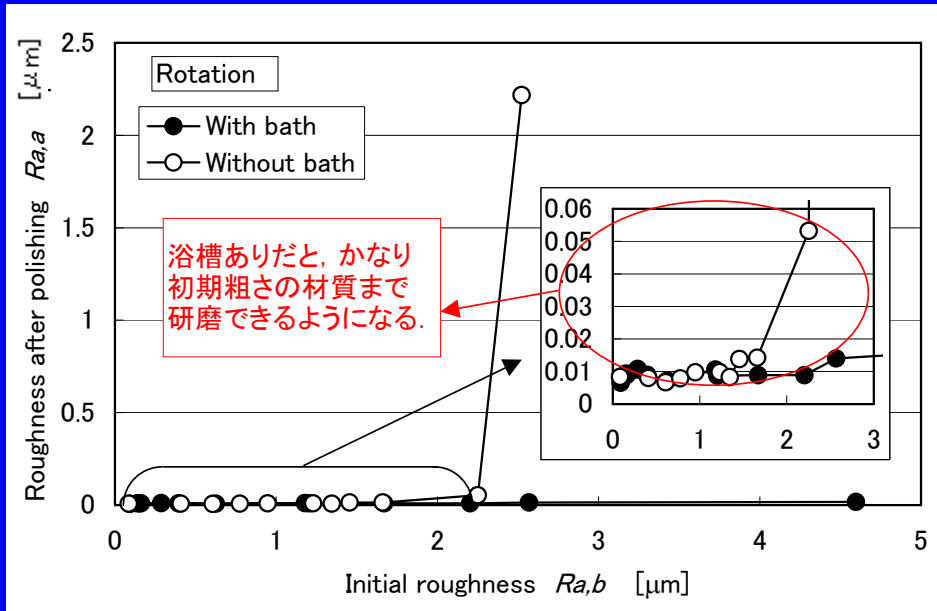


[研磨工具No.1, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 2mm, 1時間, 8の字回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

初期粗さによる研磨効果の違い(その1)

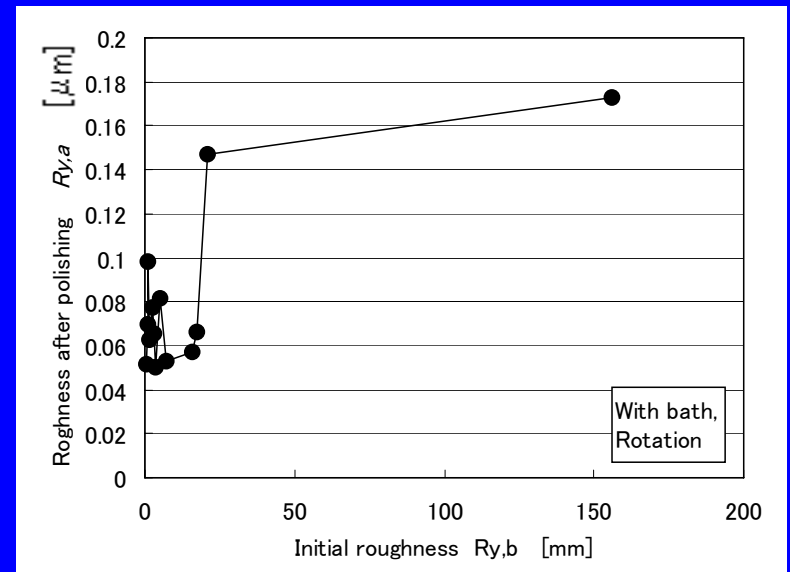
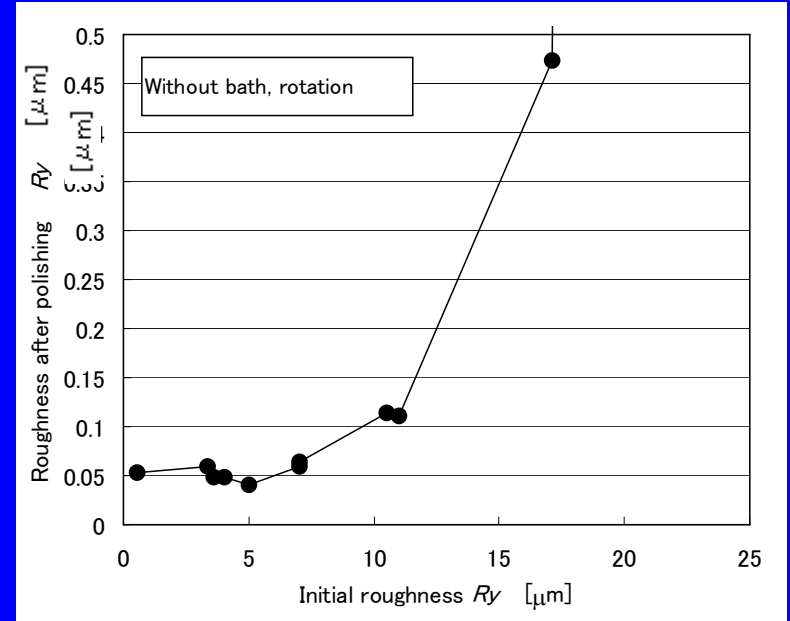
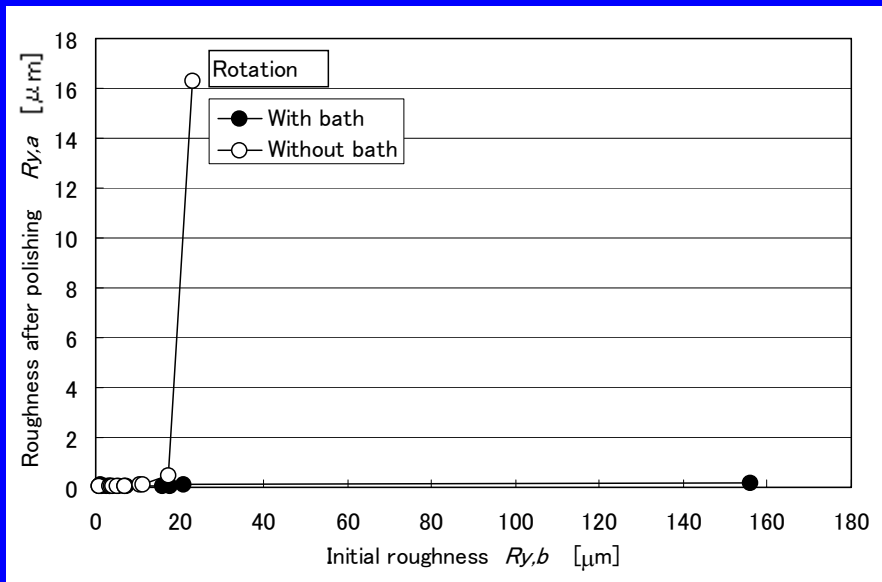


MCF研磨は、かなり粗い初期粗さから研磨可能

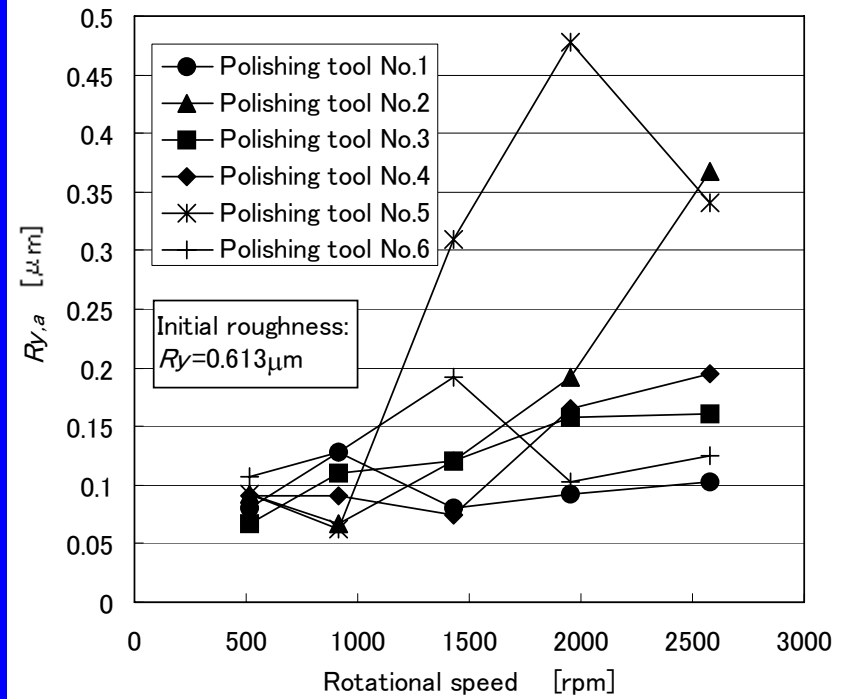
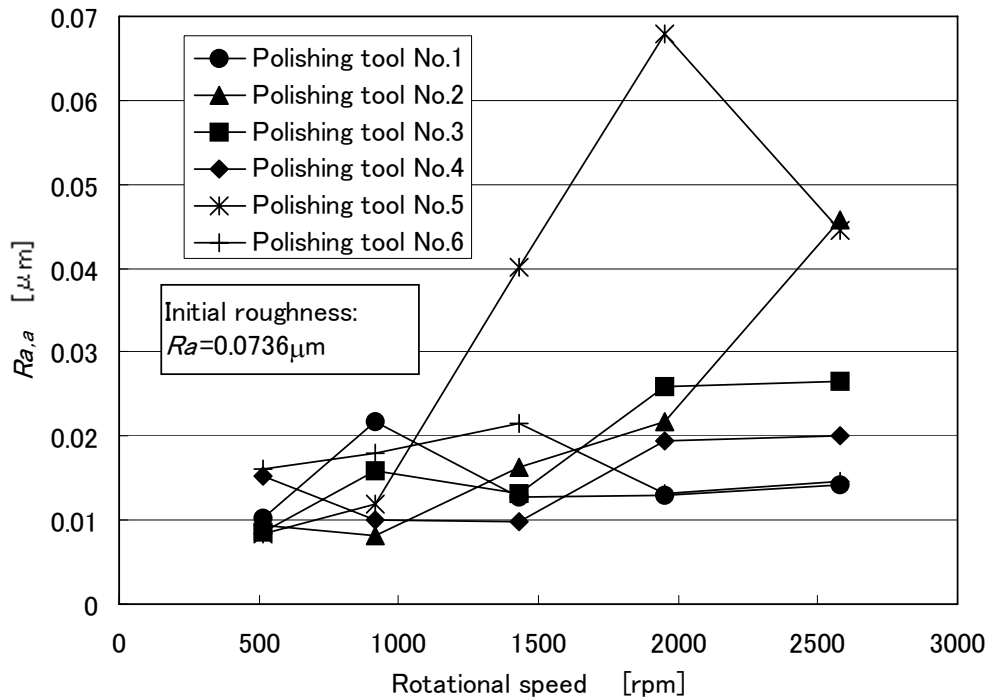


[真鍮, 研磨工具No.6, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

初期粗さによる研磨効果の違い(その2)



研磨工具, 回転数(研磨工具)による研磨効果の違い



[真鍮, 流動槽なし, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 8の字回転振動(振幅10mm, 回転数20/分)]

HQ (1 μ m オーダーのカーボニル鉄粉)

+

磁性流体 (ケロシンベースなど)

+

α -セルロース

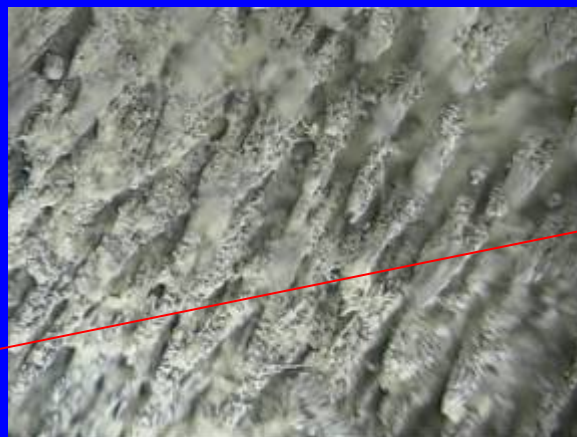
から抽出した磁気クラスター

+

Al_2O_3 (3 μ m) 添加,
超音波ホモジナイザー有り



Al_2O_3

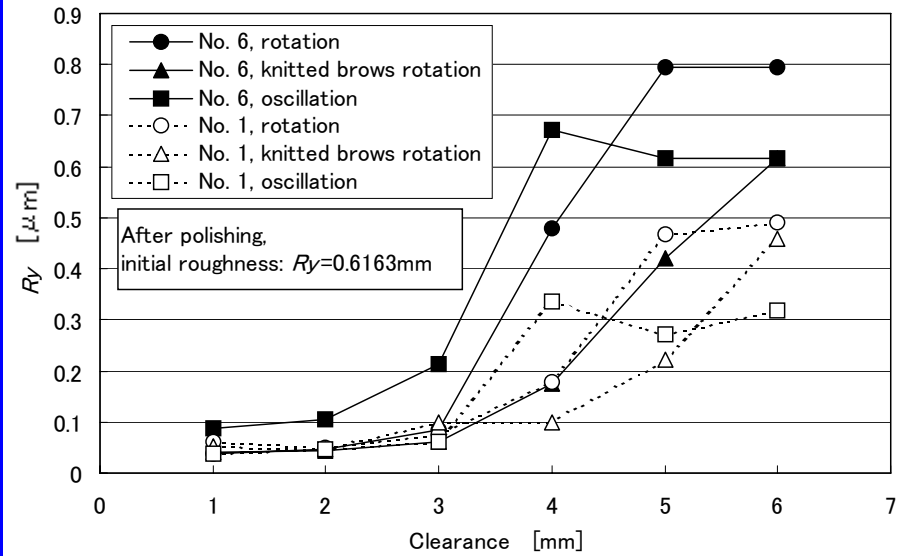
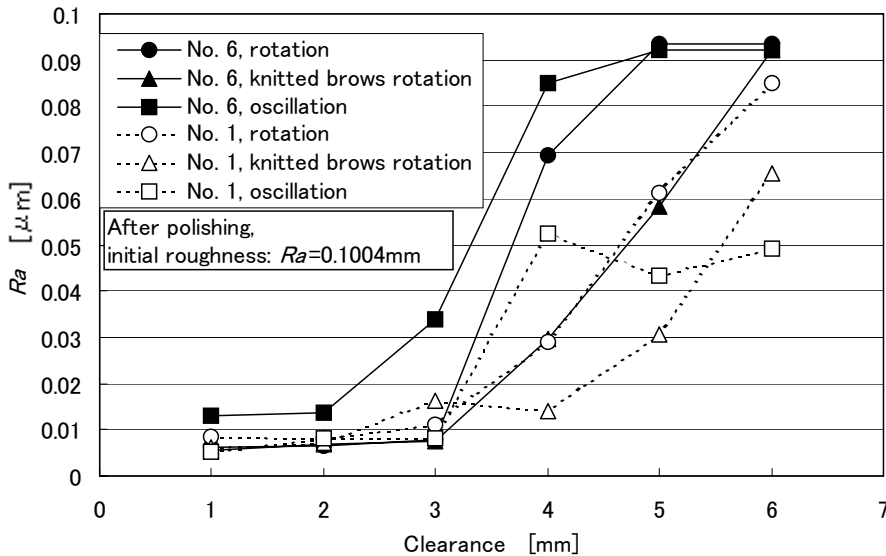


<x 140倍>



<x 420倍>

回転方式による研磨効果の違い

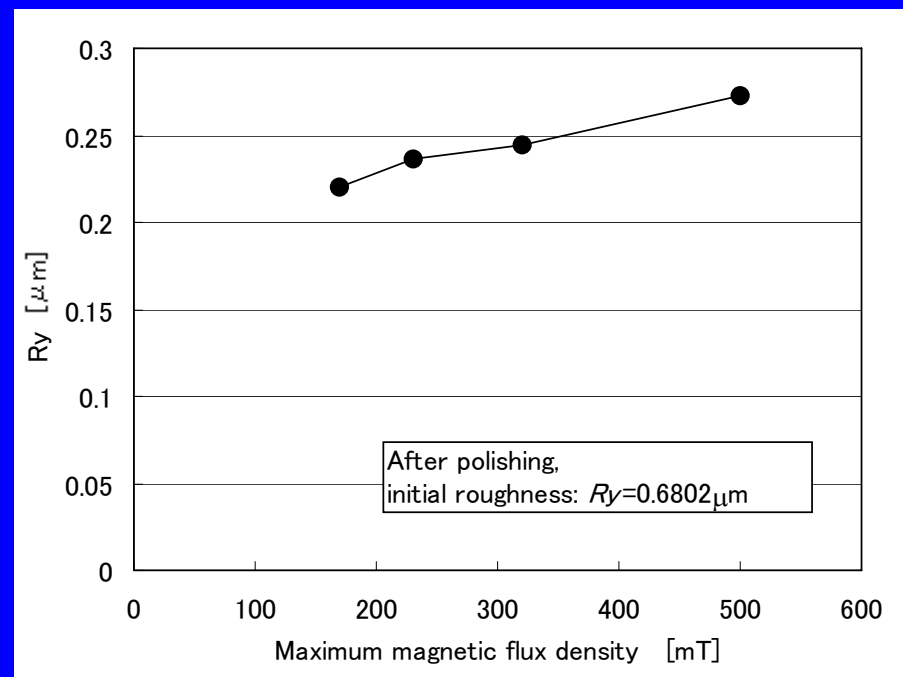
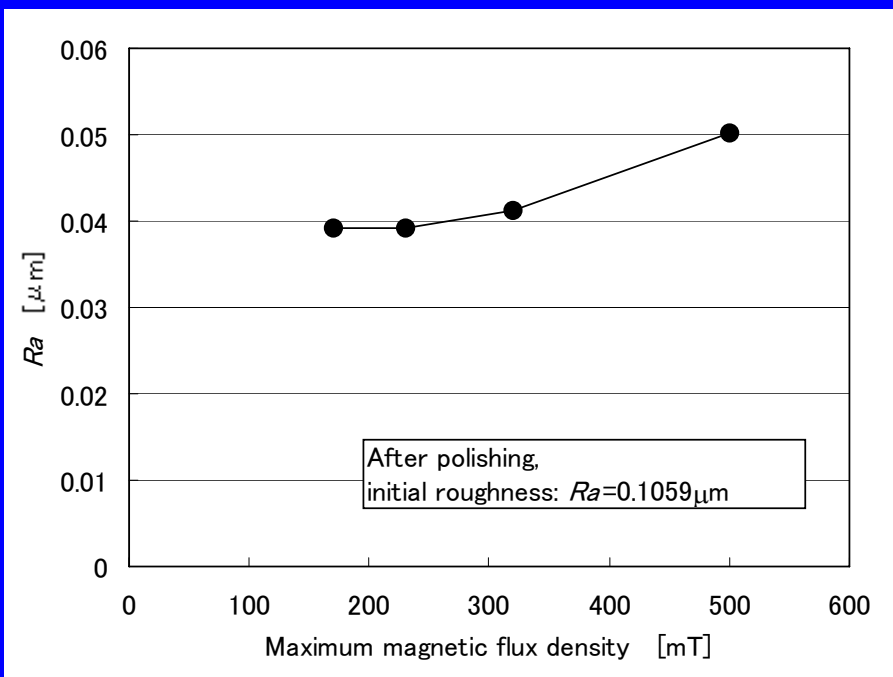


[真鍮, 流動槽なし, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1時間, 回転振動条件(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

磁場強度による研磨効果の違い



一概に、磁場強度が大きければ良いという訳ではない



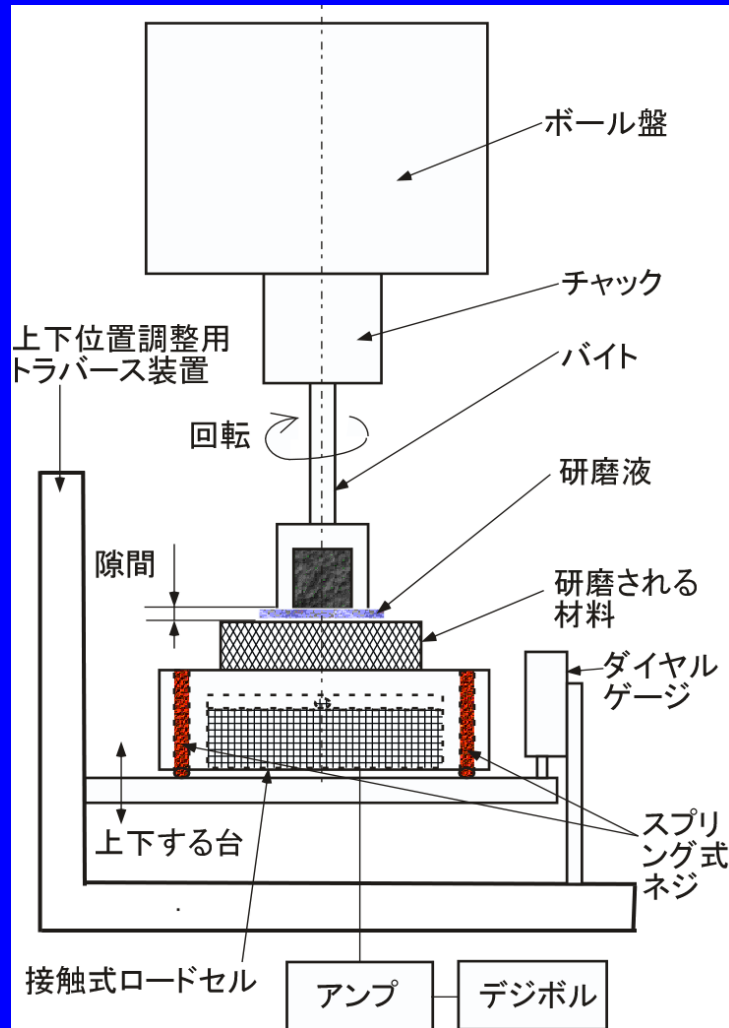
[真鍮, 研磨工具No.3, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1時間, 回転振動条件(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

両運動式研磨 と 片運動式研磨



片運動式研磨を調べることにより、研磨原理が分かる

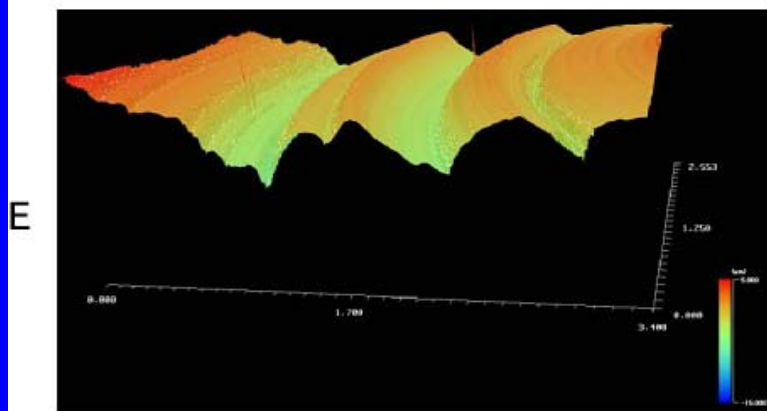
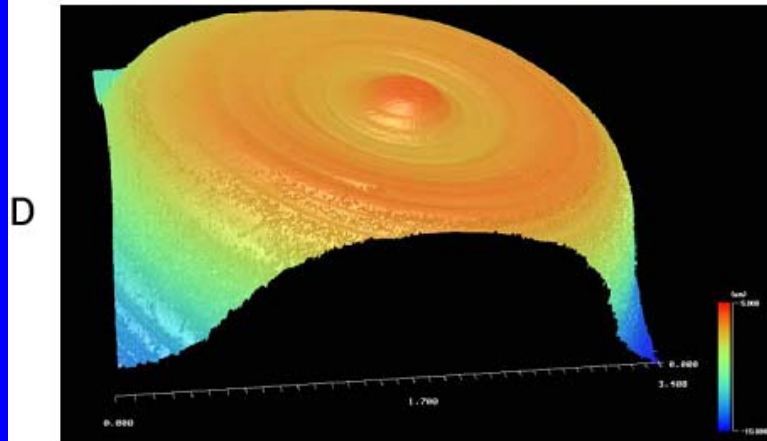
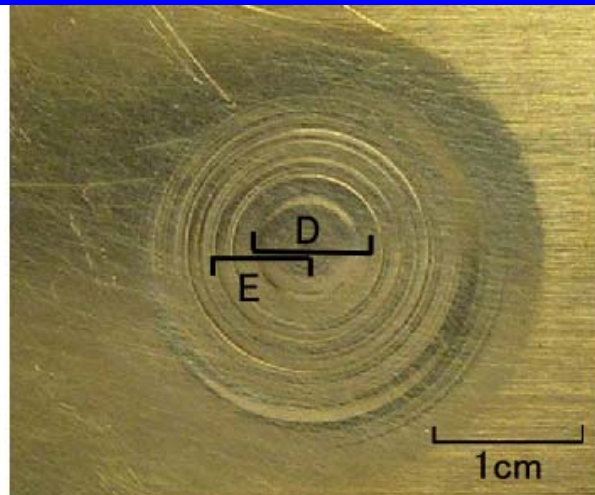
片運動式研磨試験装置



片回転式研磨による研磨工具No.6での研磨痕（一例）

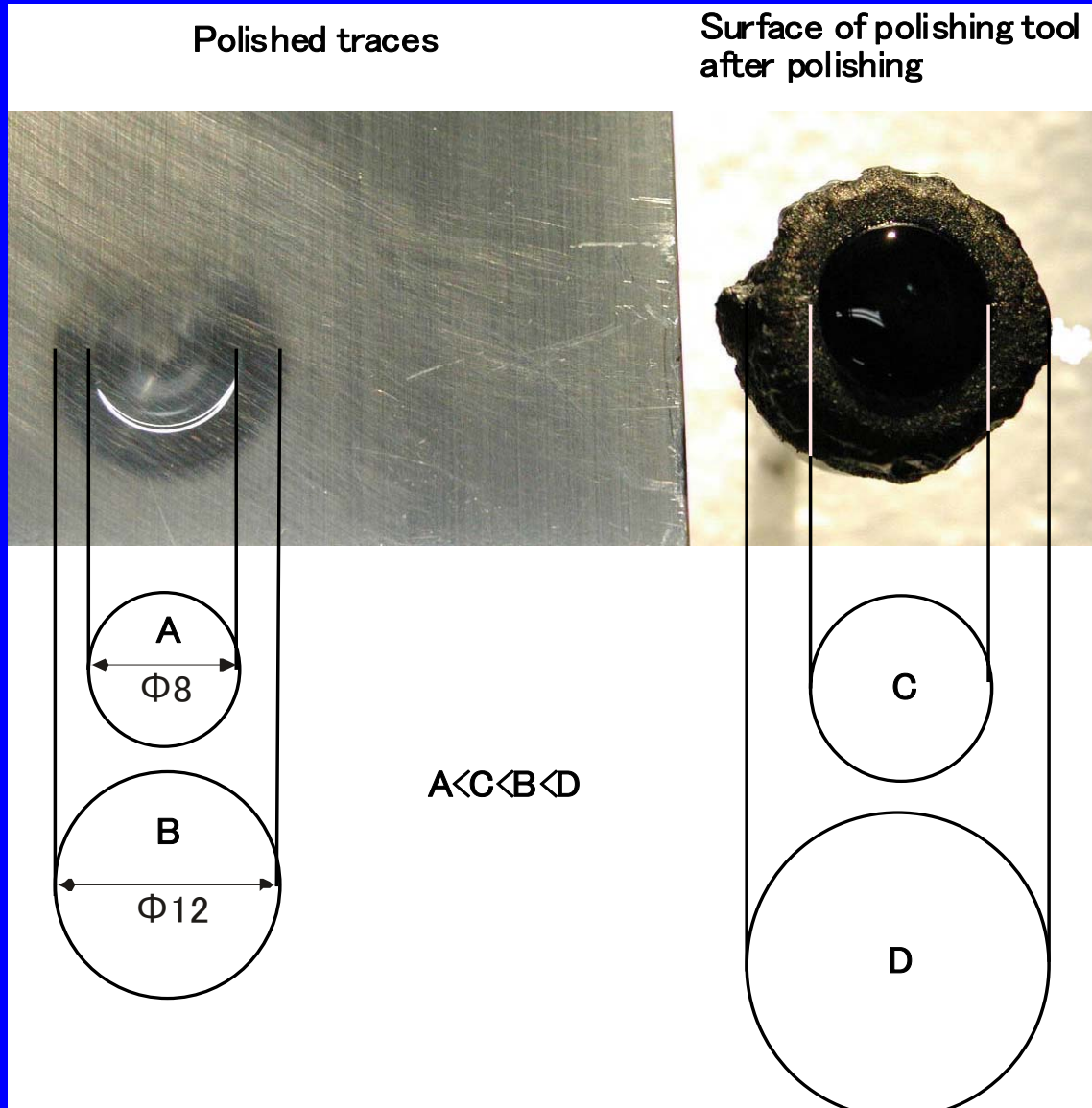
（鳥瞰図測定には、3次元非接触表面形状計測システムMicromap（株）菱化システム）を使用）

[真鍮，研磨工具No.6，流動槽なし，MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$)，1時間，1mm，回転 (1470rpm)]



片運動式研磨による研磨痕の写真と流体付着状態(その1)

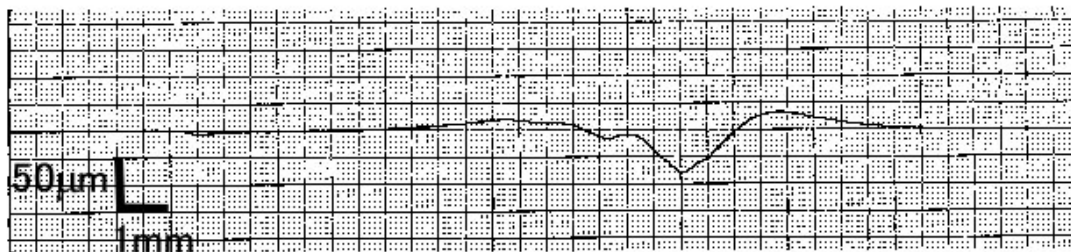
…… 位置関係(研磨工具No.1)



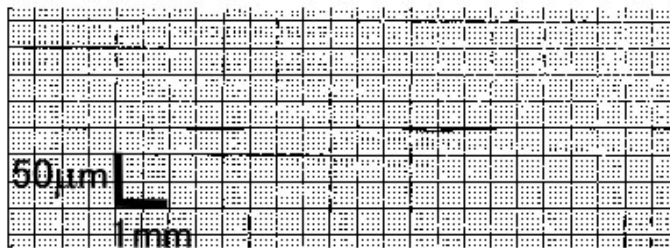
片回転式研磨による研磨工具の違いによる研磨痕の研磨波形 (その1)

[真鍮, 流動槽なし,
MCF+ α 、 Al_2O_3
($3\mu\text{m}$), 1時間,
1mm, 回転
(1470rpm)]

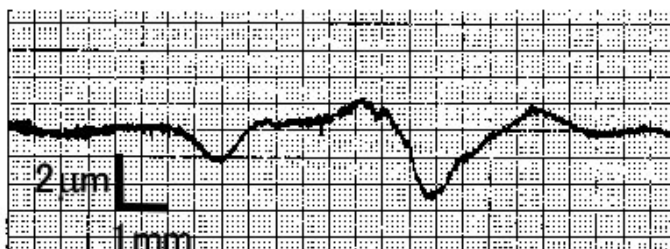
No. 1



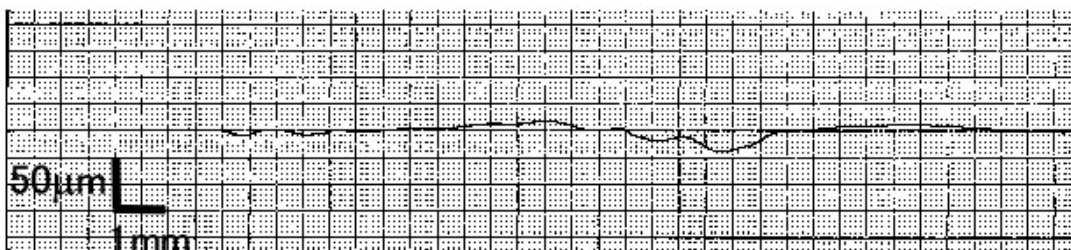
No. 2



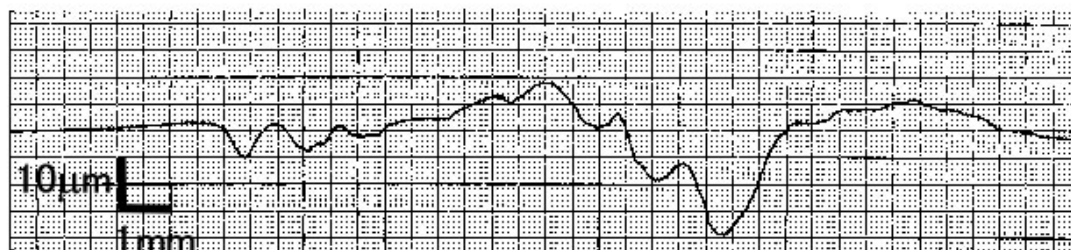
No. 2



No. 3

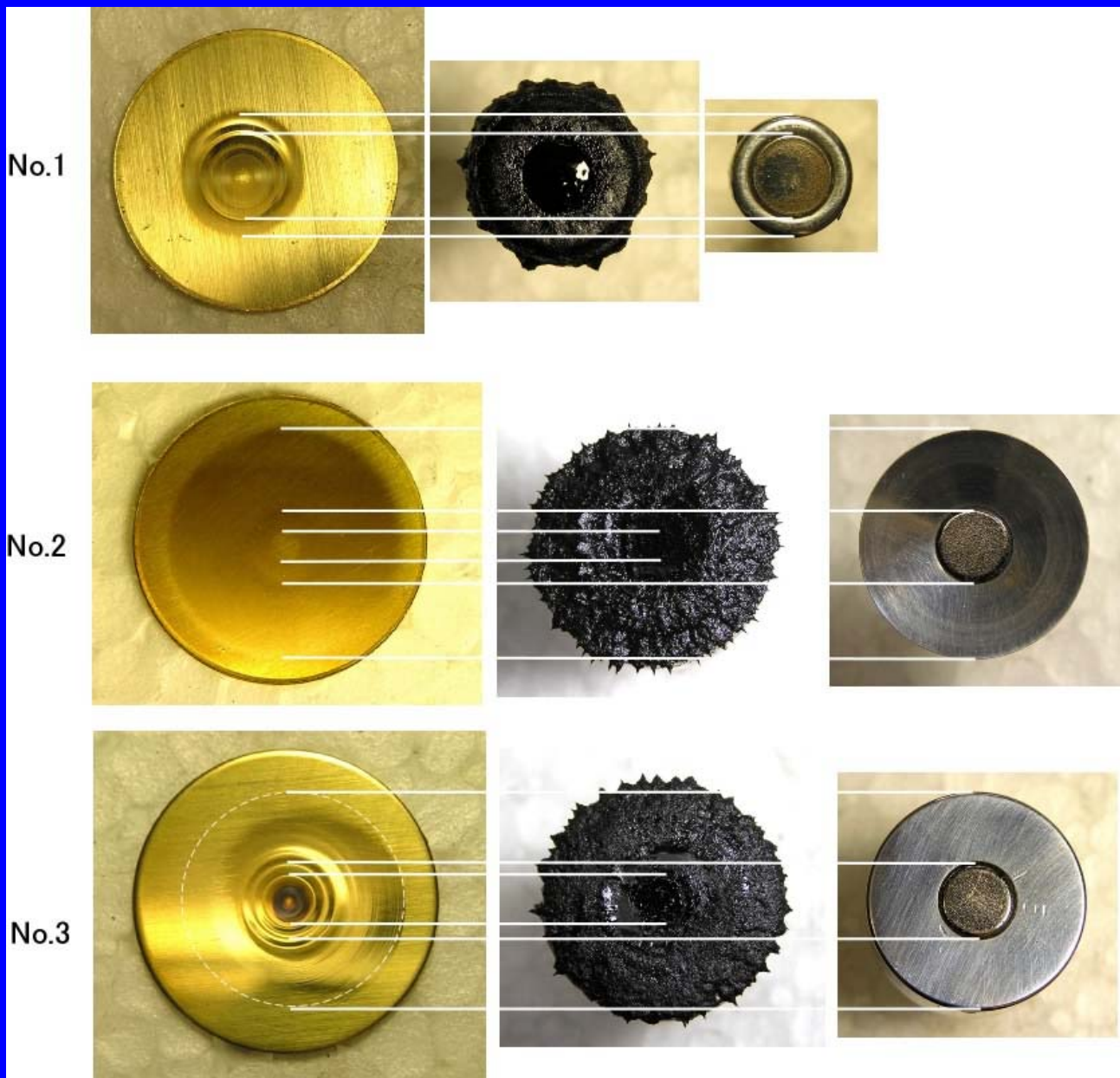


No. 3



片運動式研磨による研磨痕の写真と流体付着状態(その2)

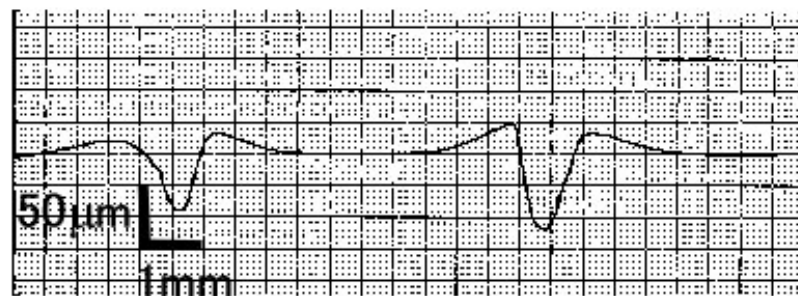
研磨工具の違い による研磨痕の 研磨波形 (その1)に対応



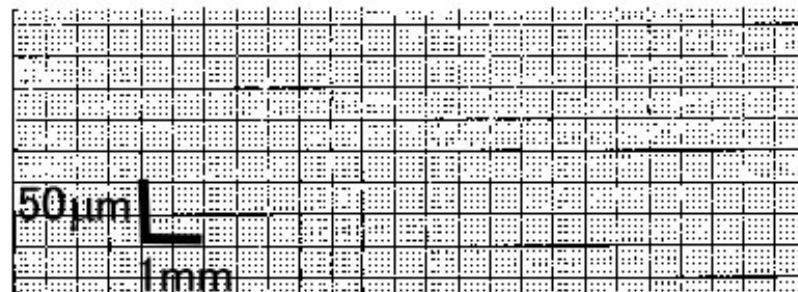
片回転式研磨による 研磨工具の違いによ る研磨痕の研磨波形 (その2)

[真鍮, 流動槽なし,
MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$),
1時間, 1mm, 回転
(1470rpm)]

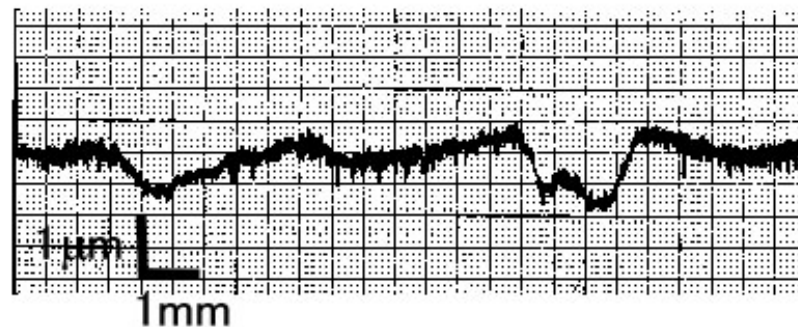
No. 4



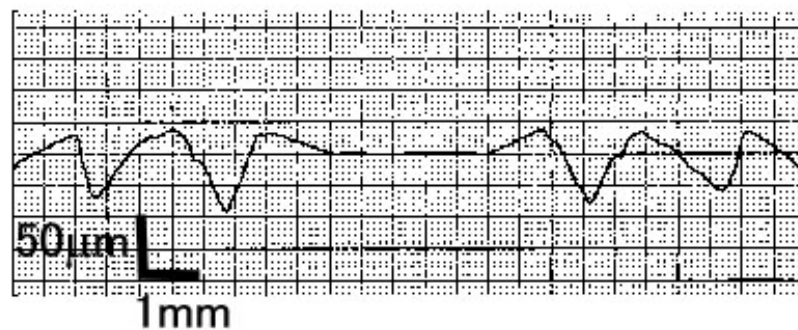
No. 5



No. 5

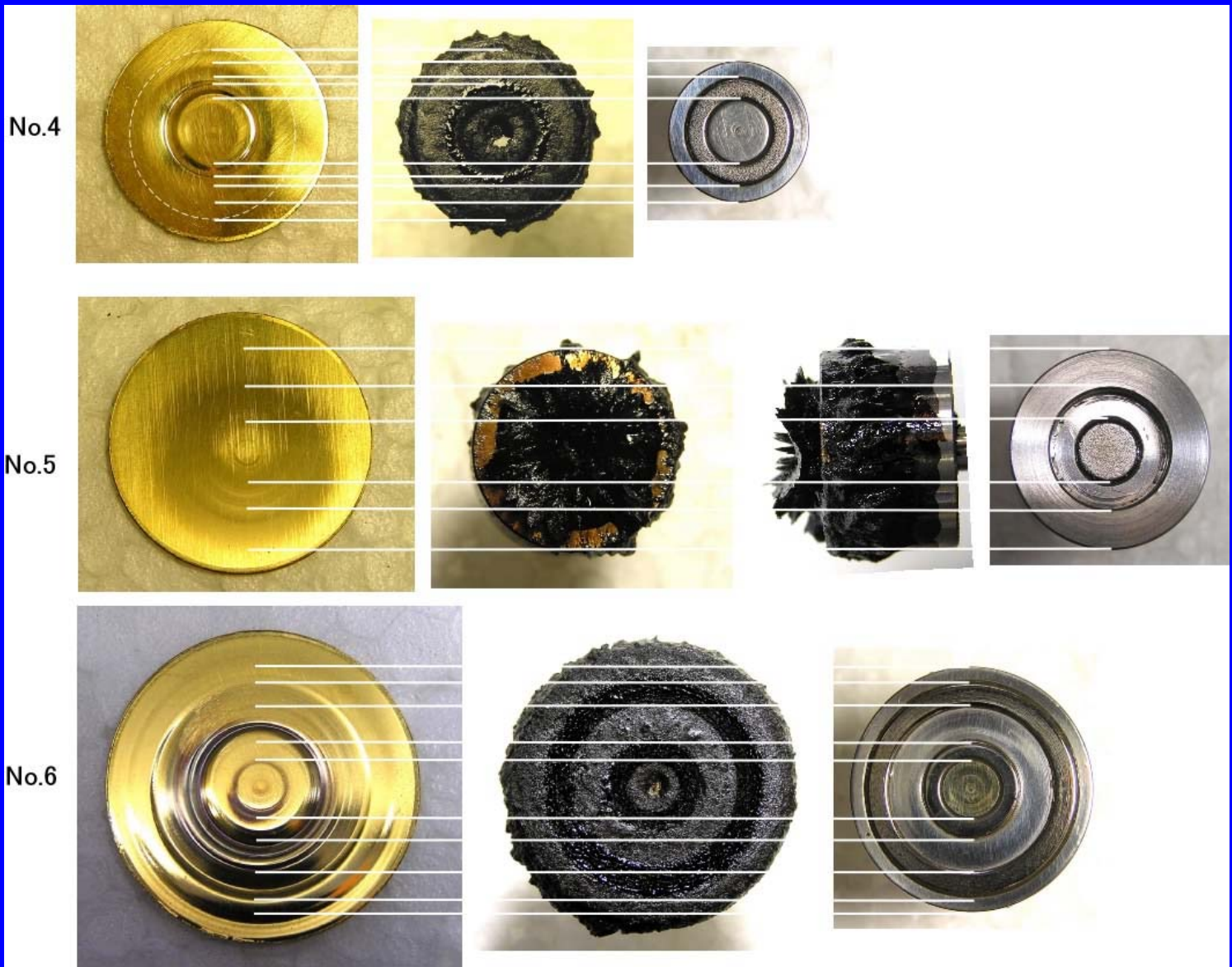


No. 6



片運動式研磨による研磨痕の写真と流体付着状態(その3)

研磨工具
の違いによ
る研磨痕の
研磨波形
(その2)に
対応



片運動式研磨による研磨痕の写真 (研磨工具No.9～No.18)



No.9



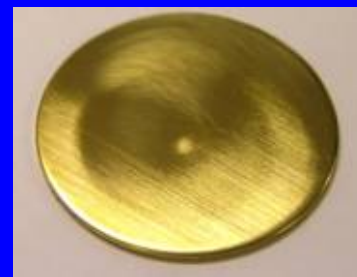
No.10



No.11



No.12



No.13



No.14



No.15



No.16



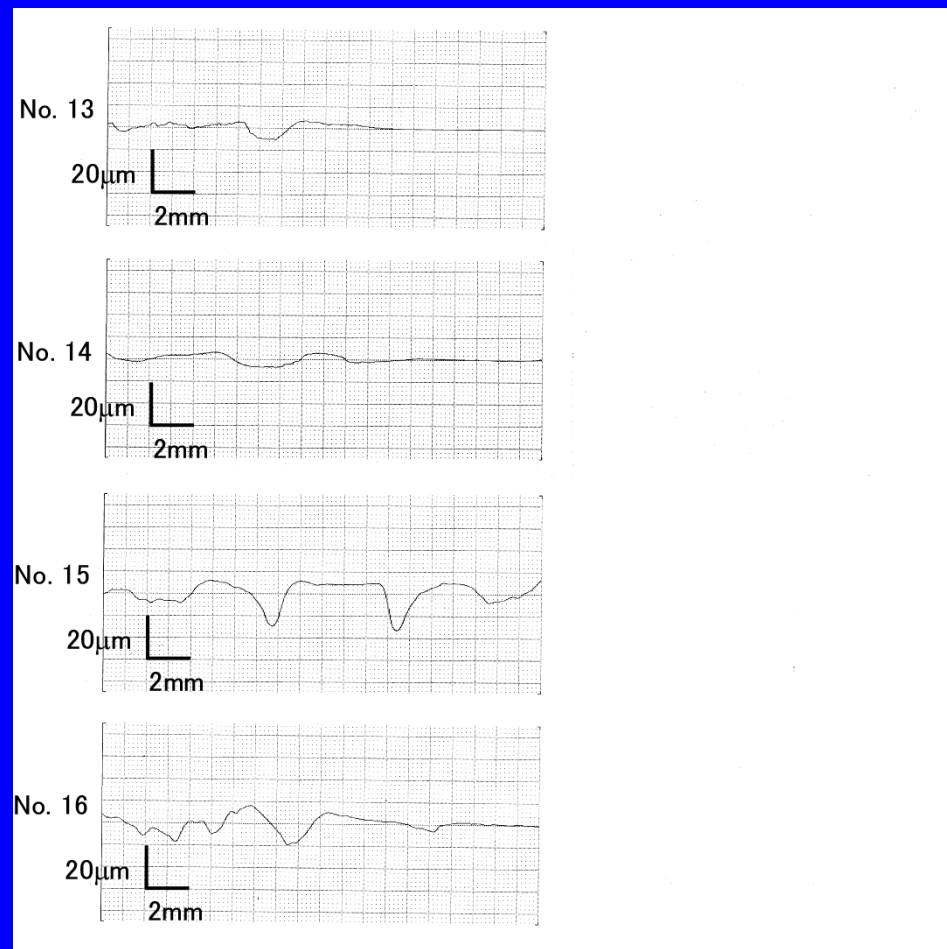
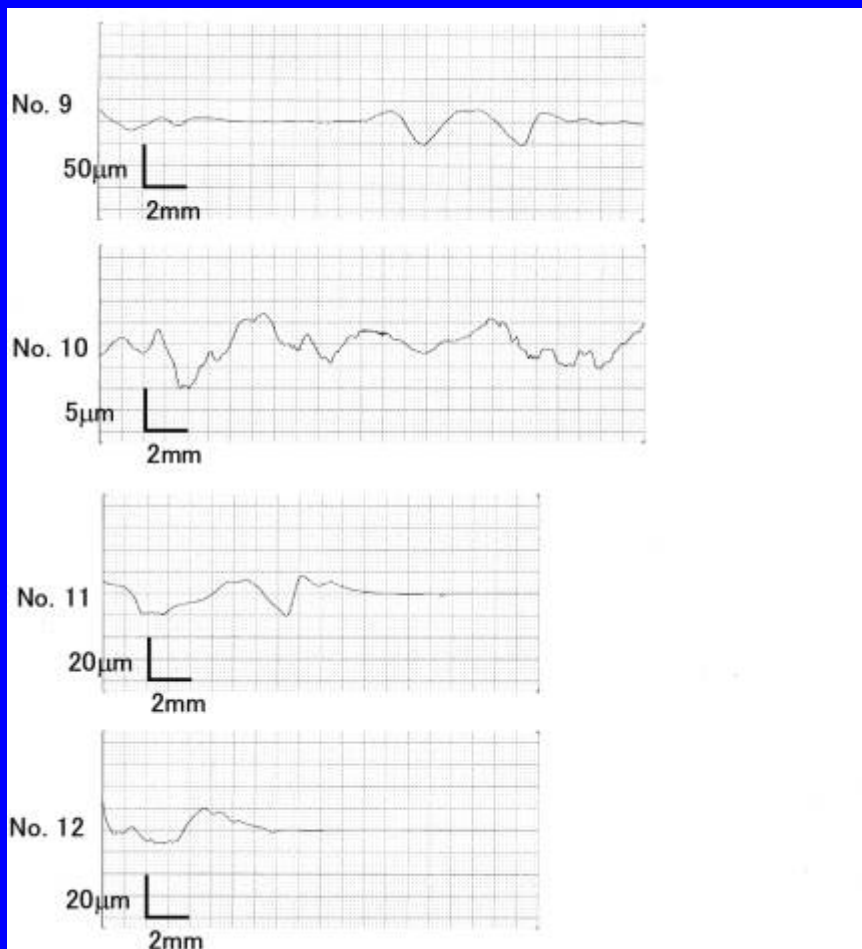
No.17



No.18

[真鍮, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$), 1時間, 1mm, 回転(515rpm)]

片回転式研磨による研磨工具の違いによる研磨痕の研磨波形(その3)



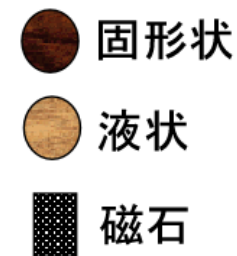
[真鍮, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μm), 1時間, 1mm, 回転 (515rpm)]

片回転式研磨による研磨工具の違いによる研磨痕の研磨 波形(その4)



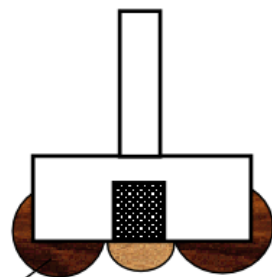
[真鍮, 流動槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μ m), 1時間, 1mm, 回
転(515rpm)]

片運動式研磨による研磨痕と流体付着状態からの推論



磁石の近傍ではMCFは液状になり、磁石から離れる方向に α セルロースが押しやられる(非磁性体の磁気排除効果のため)。

No.1



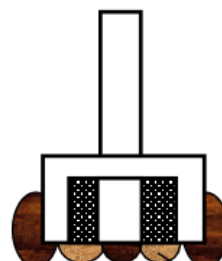
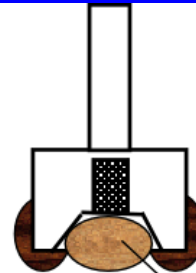
No.3

磁石から離れる方向に α セルロースが押しやられる(非磁性体の磁気排除効果のため)が、バイトのつばが長いため、 α セルロースが押しつぶされる。そのため、この固形状の部分は非常に硬いポリッシングパッドようになる。

No.5

No.2より多く液体が逃げられるので、この部分は弾力性があり、研磨痕が弱くできる。

No.2

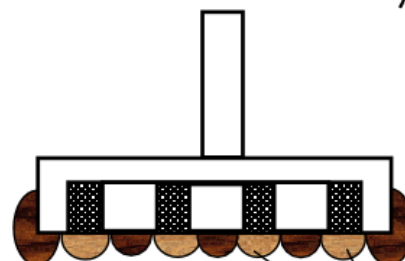


No.4

No.5ほどではないが、液体が逃げられるので、この部分は弾力性があり、研磨痕が弱くできる。

外側に固形状があるため、液状部分が外側に逃げにくいため、砥粒などが閉じこめられる。

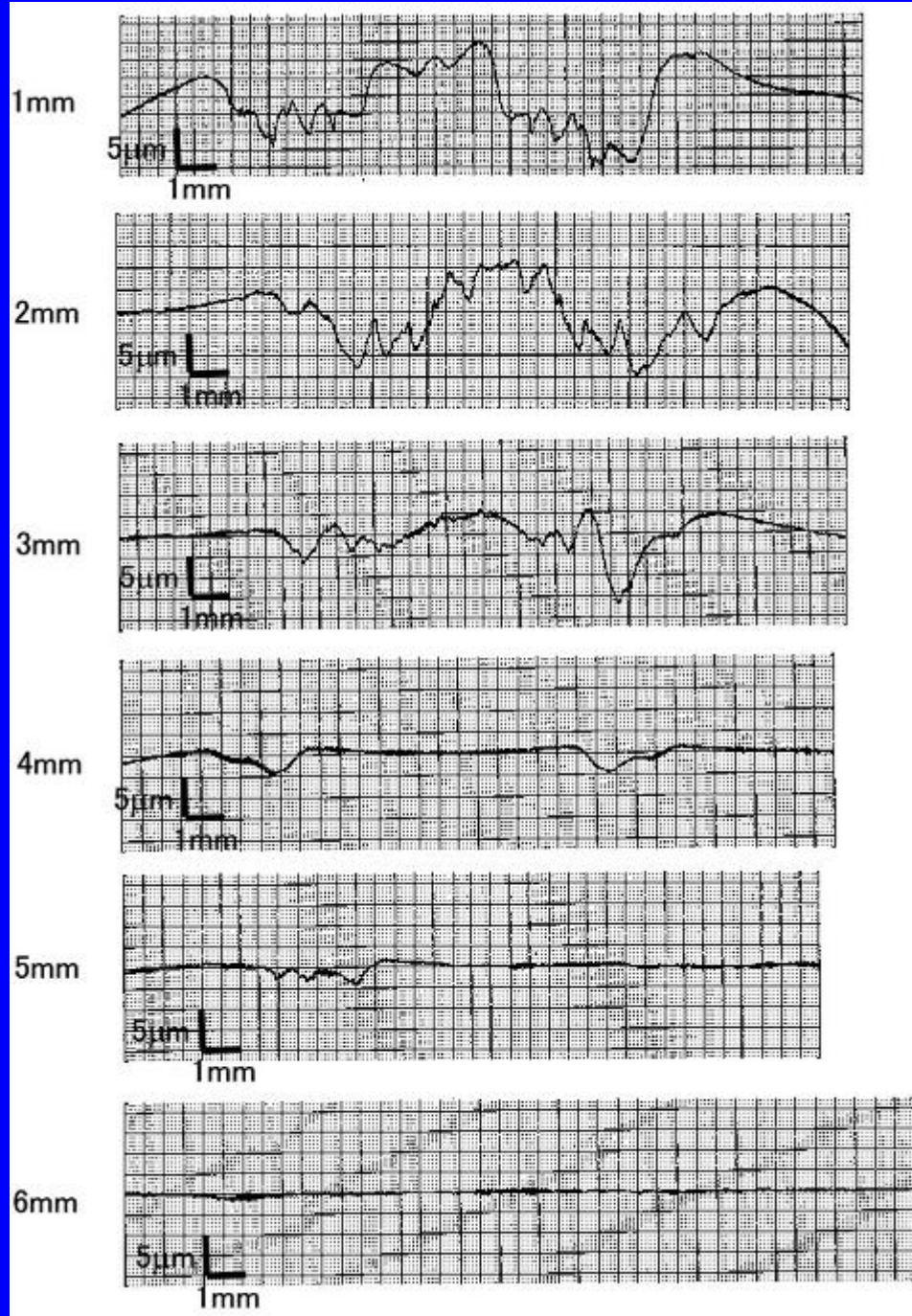
No.6



No.4を多くしたもの。No.4より液状部分が外側に逃げにくいため、No.4より多く砥粒などが閉じこめられる。

片運動式研磨による研 磨痕の間隔による違い

[真鍮, 研磨工具No.1, 流動
槽なし, MCF+ α 、 Al_2O_3
($3\mu m$), 1時間, 回転
(1470rpm)]

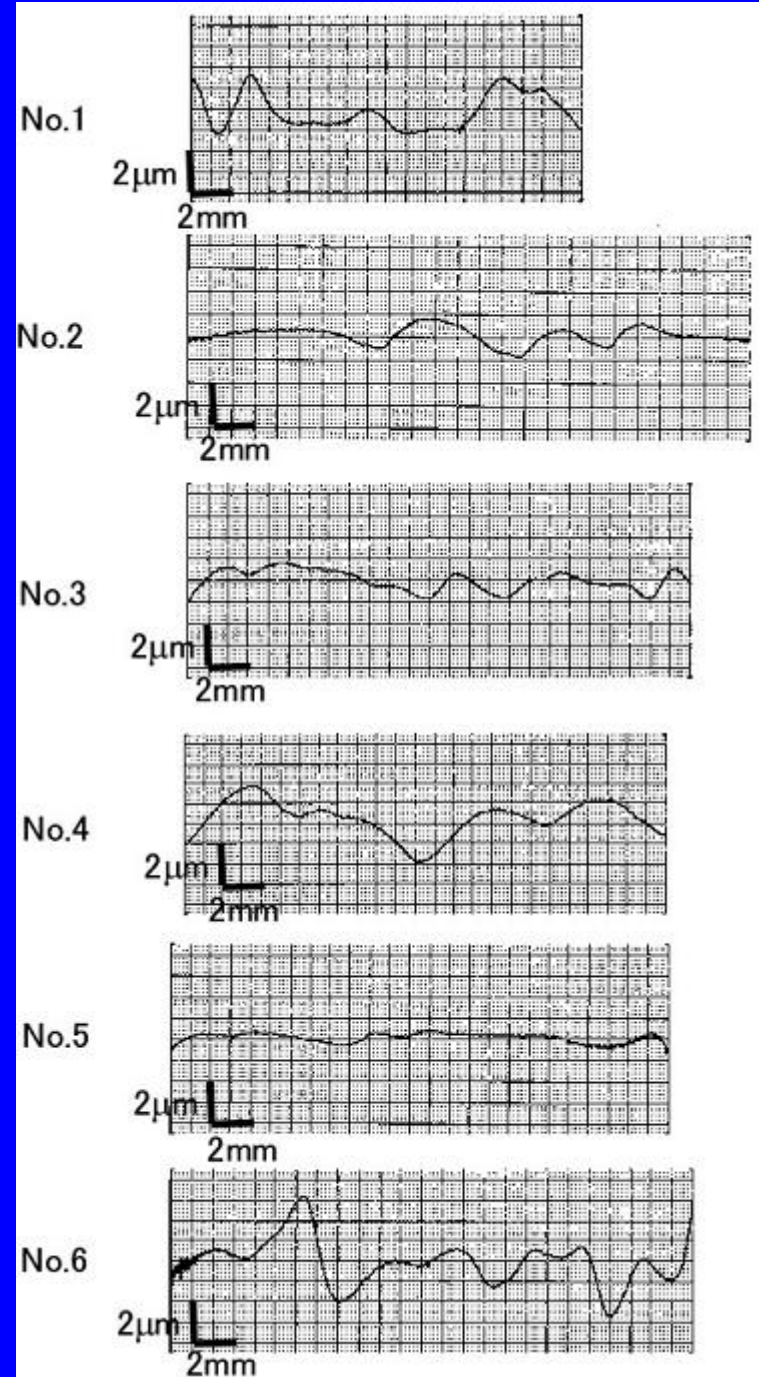


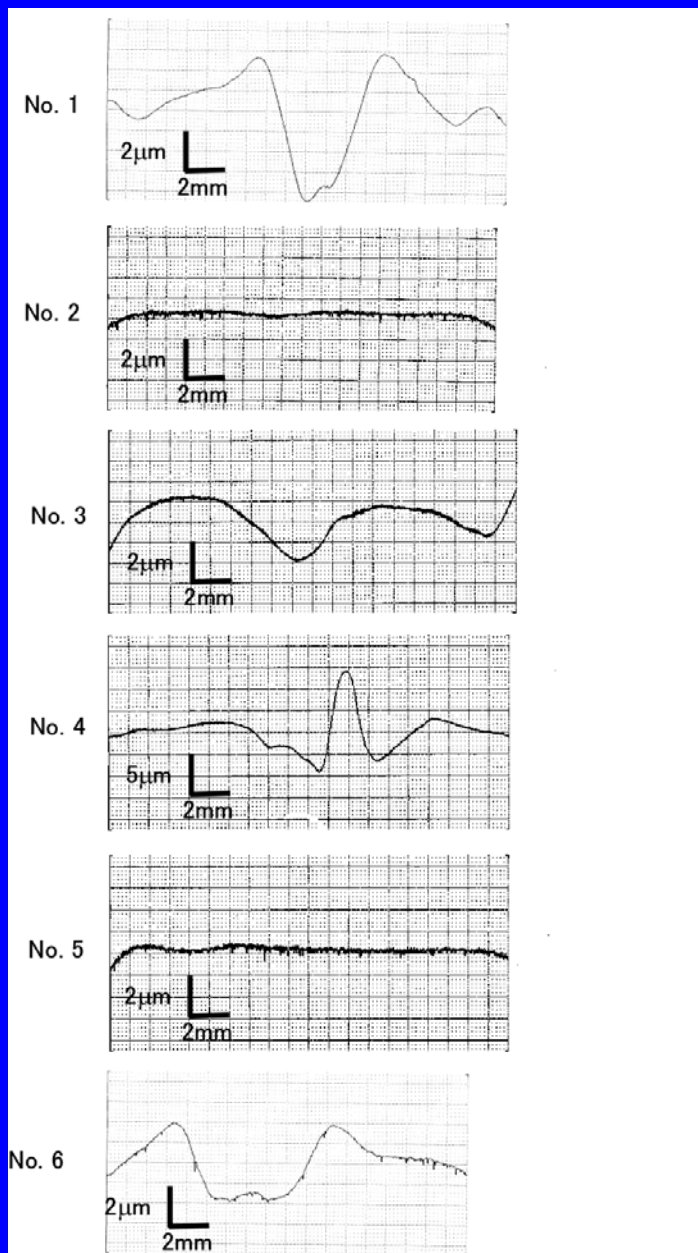
両回転式研磨による研磨工具の 違いによる研磨痕の研磨波形



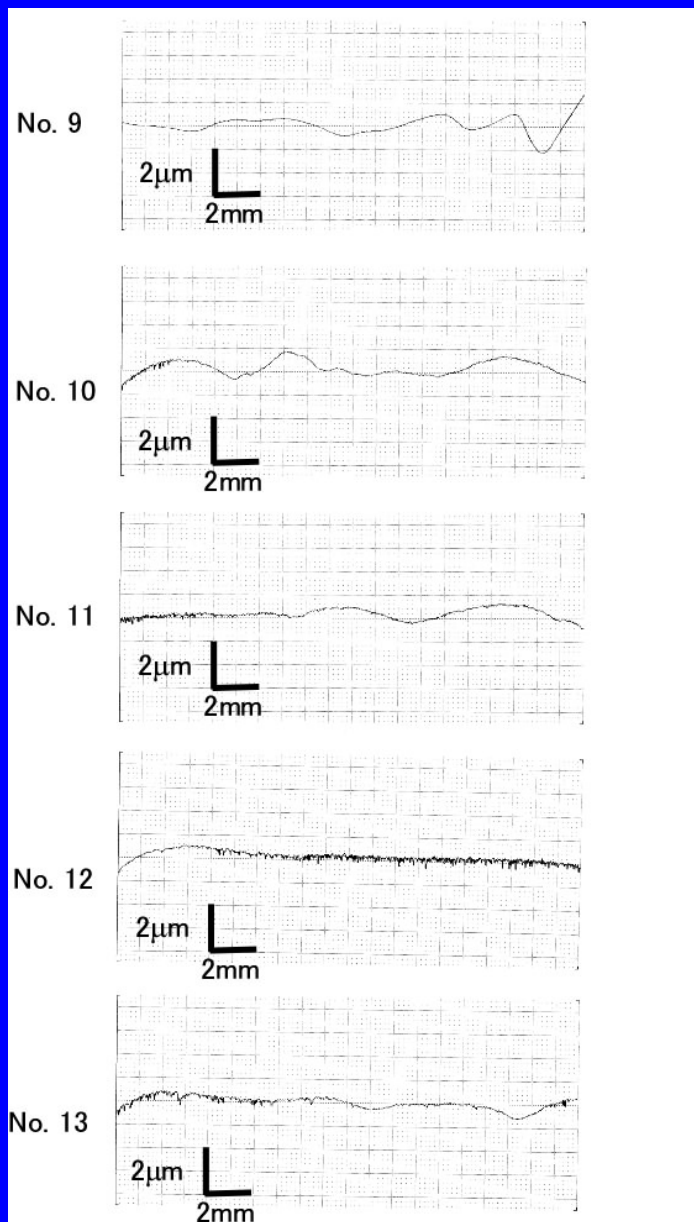
片回転式研磨で研磨痕の段差が大きい研磨工具は、両回転式研磨による研磨のウネリが大きい

[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、
 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 8の字
回転振動(振幅10mm, 回転数20/分),
515rpm]

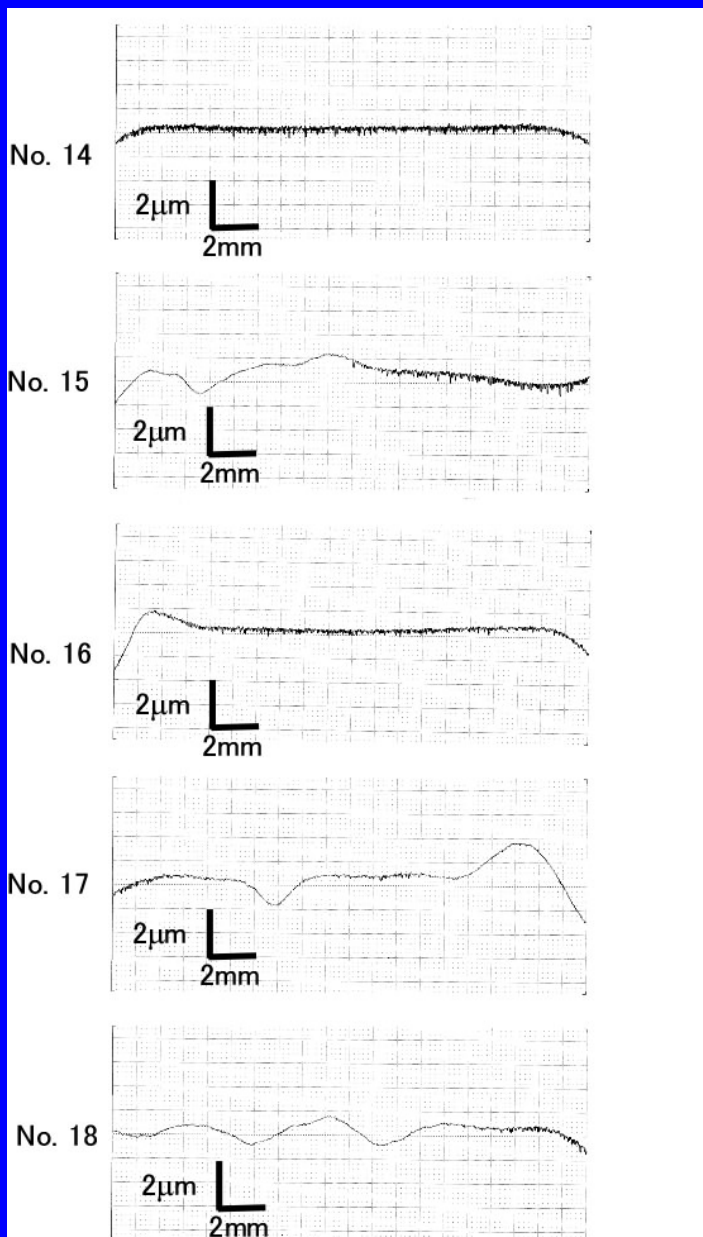




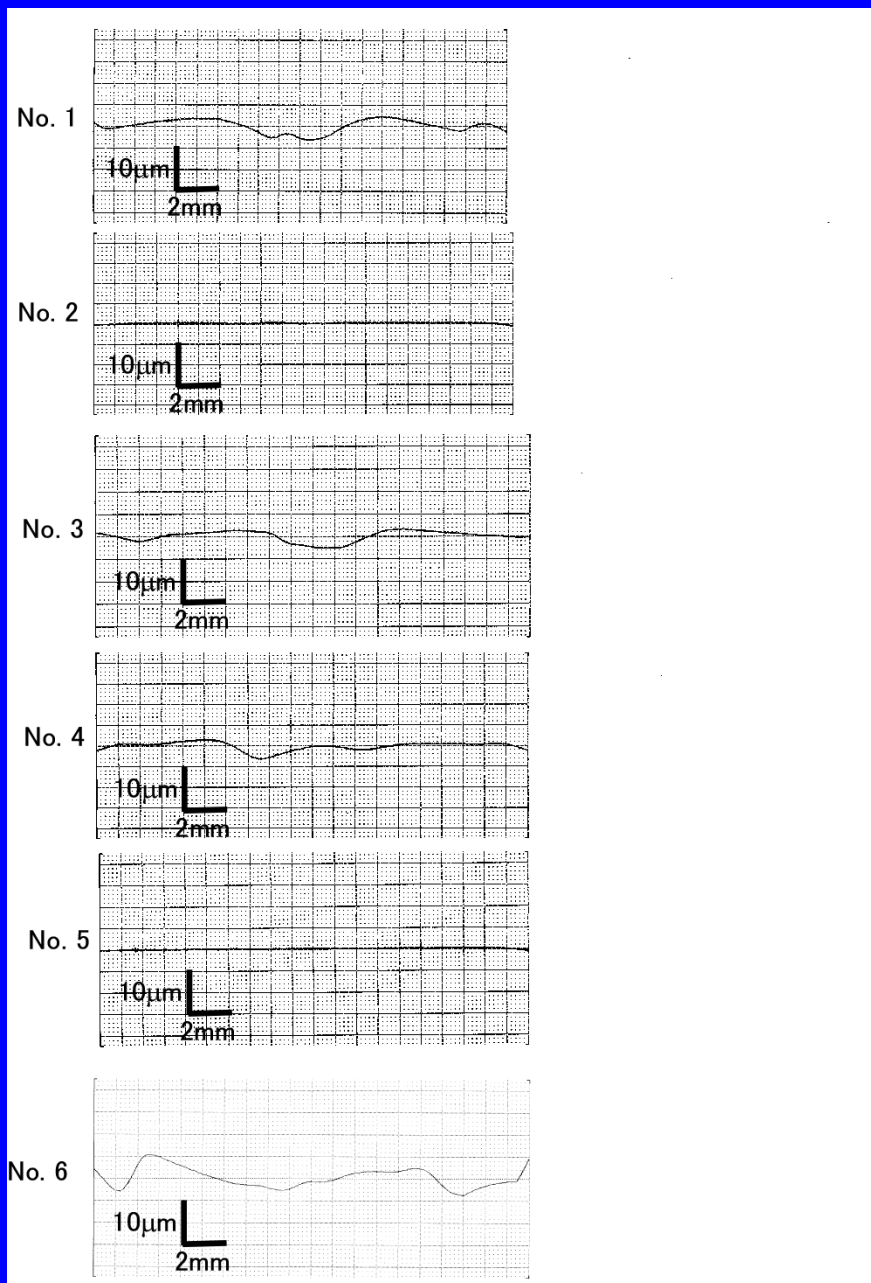
[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μ m), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



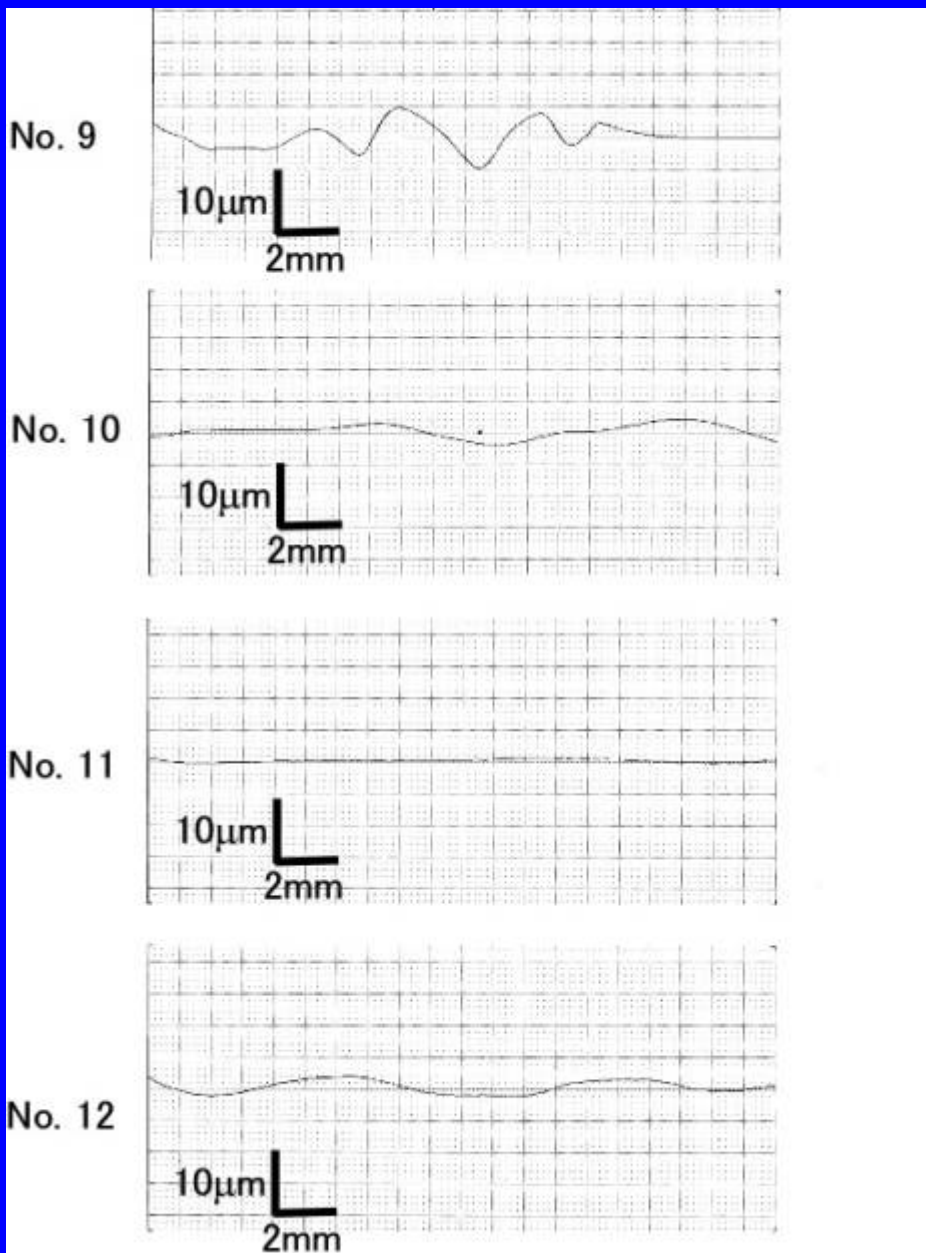
[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



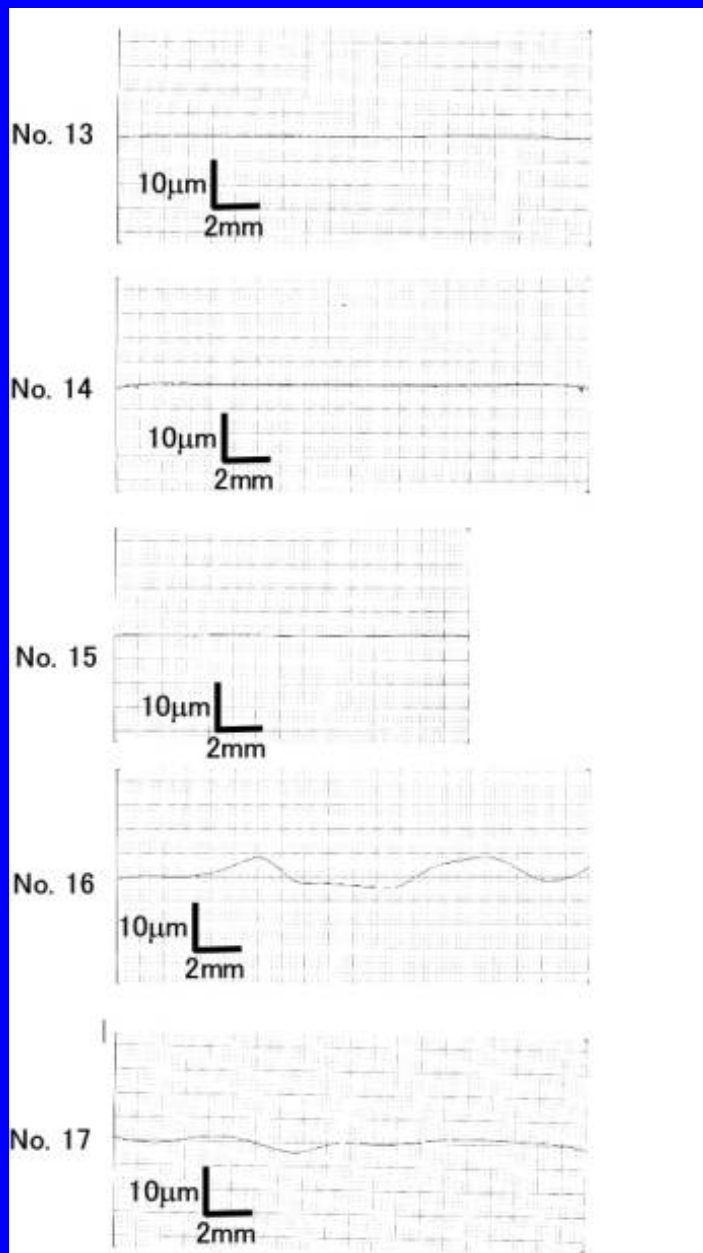
[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



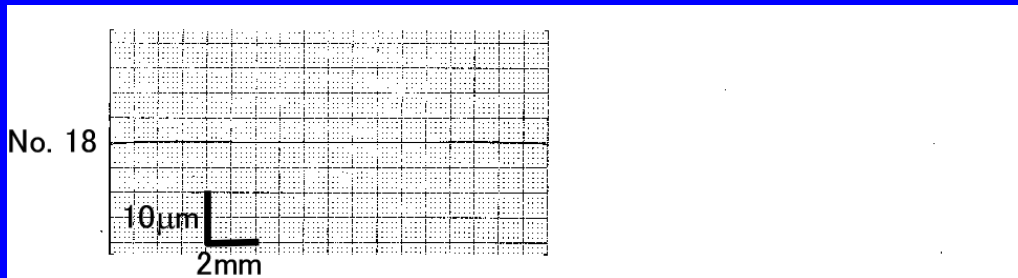
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 回転振動(振幅 10mm, 回転数20/分), 515rpm]



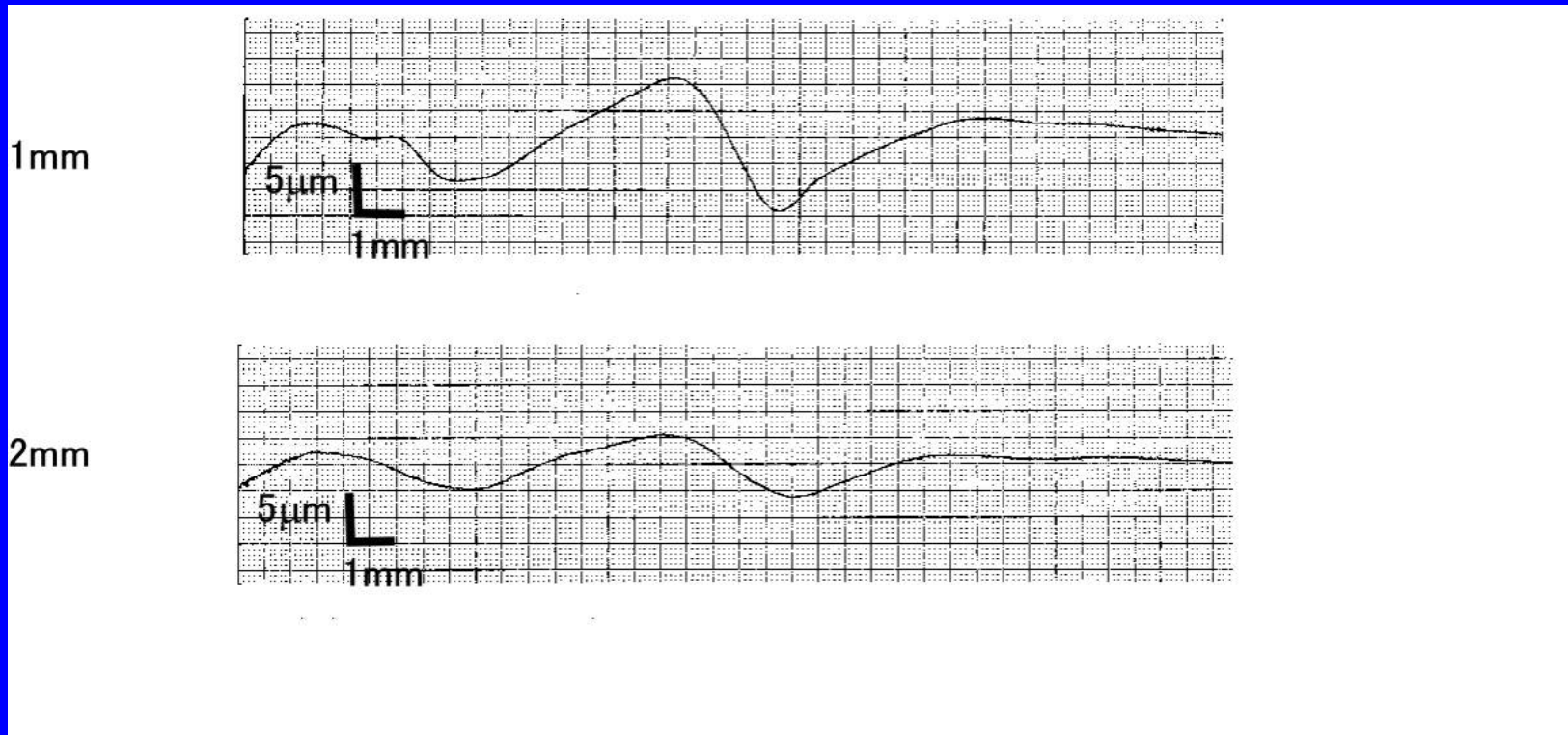
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



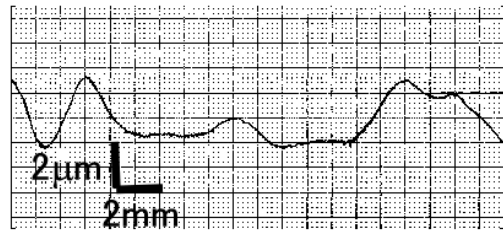
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



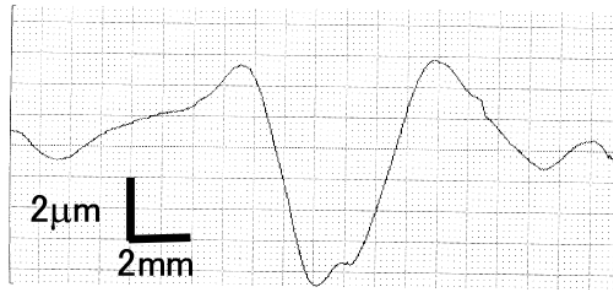
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μ m), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]



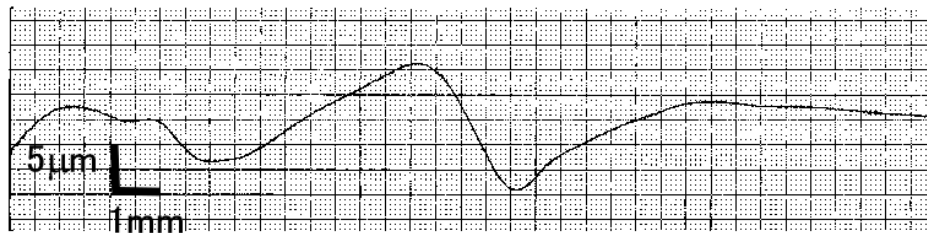
[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 往復振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm, 研磨工具No.1]



(a) knitted brows rotation



(b) rotation



(c) oscillation

[真鍮, 流動槽無し, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 振幅
10mm, 回転数20/分, 515rpm, 研磨工具No.1]

両運動式研磨による研磨表面

↓
鏡面仕上げ

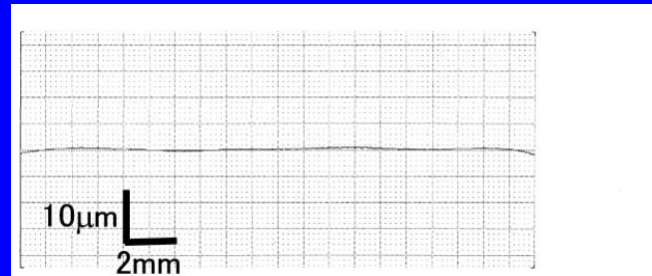
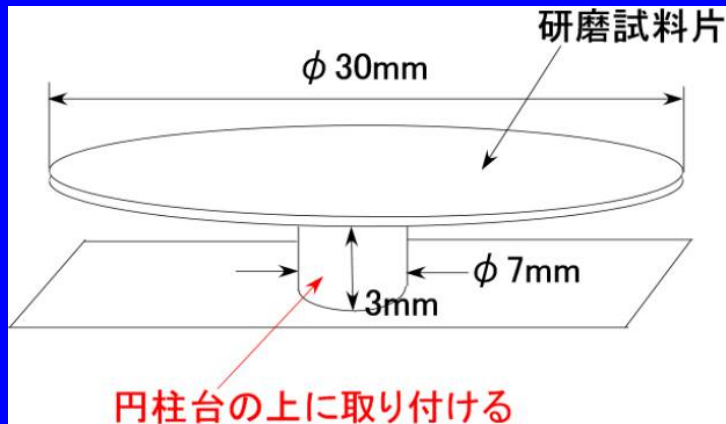


[真鍮, 研磨工具No.1, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 2mm, 1時間, 8の字回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

片運動式研磨による研磨粗さ

Material	R_a [μm]		R_y [μm]	
	Before polishing	After polishing	Before polishing	After polishing
Brass	0.0217	0.0094	0.199	0.040
SUS304	0.3187	0.0026	1.507	0.139
Aluminum	0.0954	0.0112	0.483	0.106
SKD	0.3641	0.021	1.731	0.466
Molybdenum	0.1258	0.0147	0.596	0.098
Zinc	0.053	0.0149	0.325	0.069
Titanium	1.007	0.0294	3.839	0.425
Acrylic resin	2.132	0.0088	11.751	0.118
Copper	0.0212	0.0067	0.114	0.047
Glass	0.7842	0.014	4.053	0.353
Tinplate	0.0574	0.0153	0.239	0.087
Duralumin	0.1001	0.0049	0.448	0.061

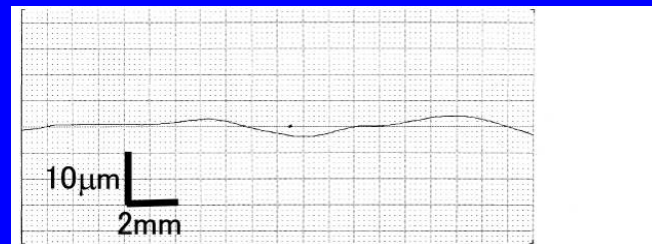
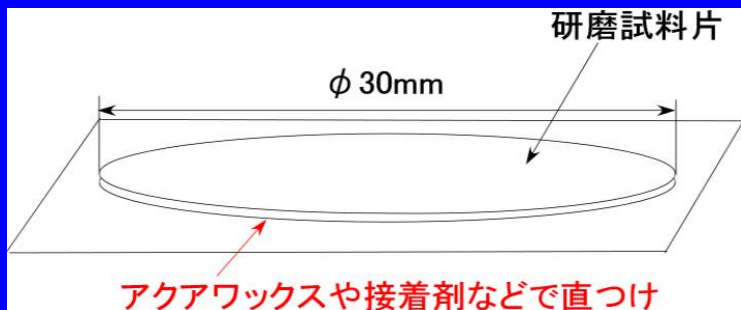
研磨試料片の取り付け方の違いによる影響



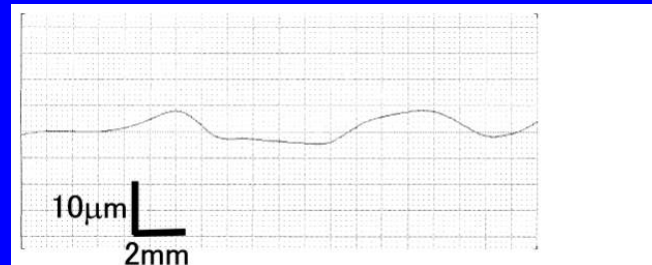
研磨工具No.10



研磨工具No.16



研磨工具No.10



研磨工具No.16

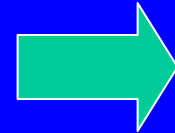
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 (3 μm), 1mm, 1時間,
回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

研磨に寄与する要因 : なぜ研磨できるのか？

1. 加工圧(垂直応力)

2. せん断応力

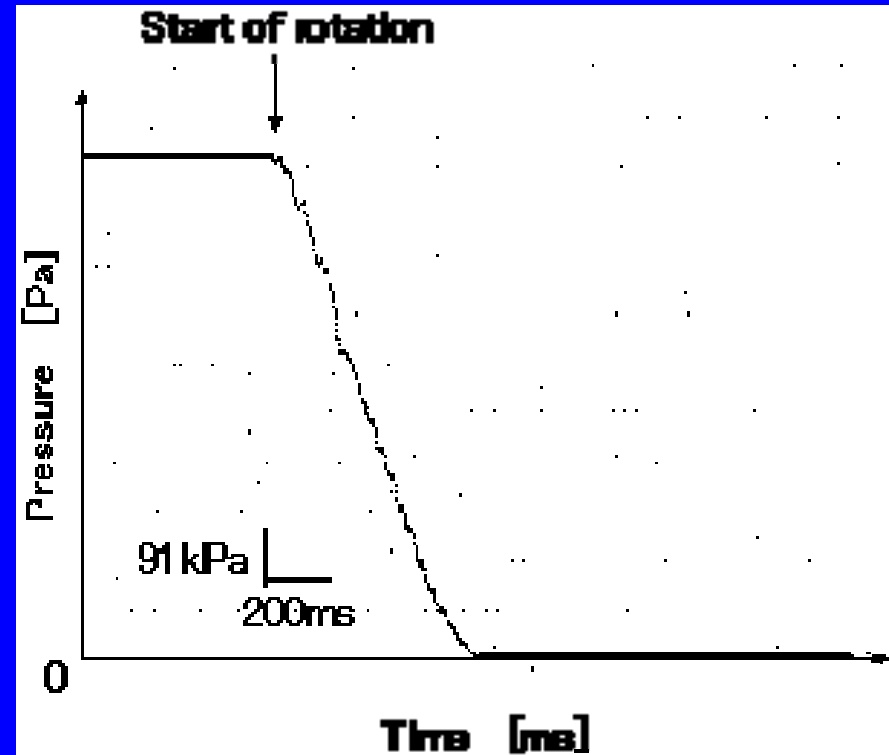
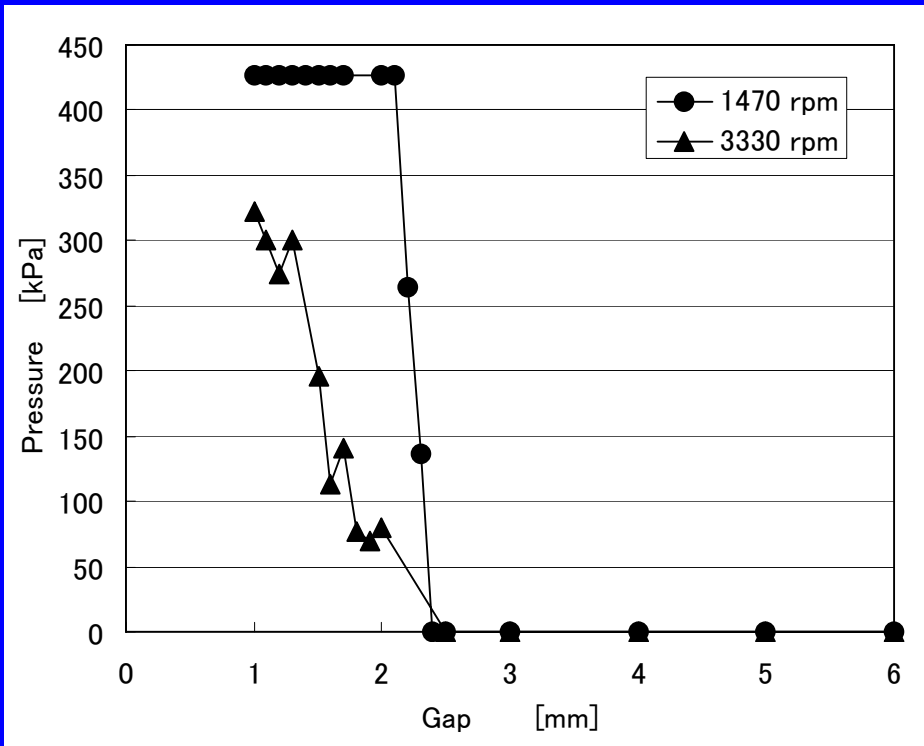
3. 磁気クラスタ, 砥粒, 磁性粒子



調べる

1. 加工圧(垂直応力)について

↓
寄与せず



下台に取り付けたロードセルによる測定

2. せん断応力につ いて

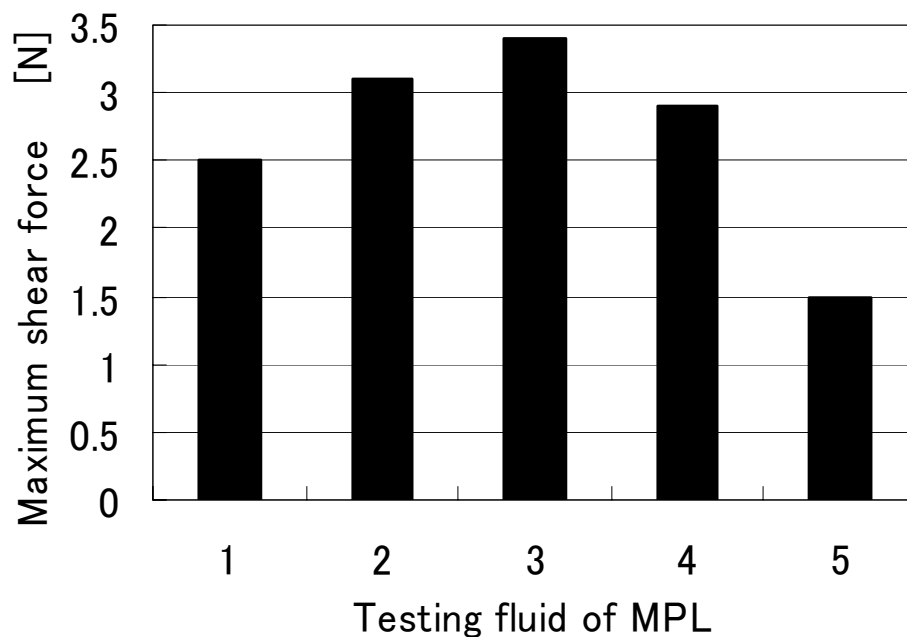


これにより研磨される

Testing fluid type	MPL 1	MPL 2	MPL 3	MPL 4	MPL 5
Abrasive particle (3 μ m, Al ₂ O ₃), g	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Iron (HQ) , g	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
MF (HC-50), g	16.4	15.8	15.2	7.6	0
Kerosene, g	0	0	0	7.6	15.2
α -cellulose, g	0	0.6	1.2	1.2	1.2

3分力動力計(9876,
Kistler(株))による測定

流体上を研磨工具No.1が
12mm/minの速度で移動

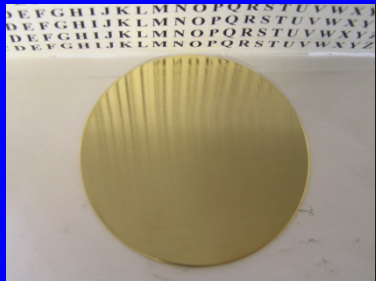


3. 磁気クラスタ, 砥粒, 磁性粒子について

「HQ + MF + α -セルロース」から抽出した磁気クラスタ

+
Al₂O₃ (3 μ m)
+

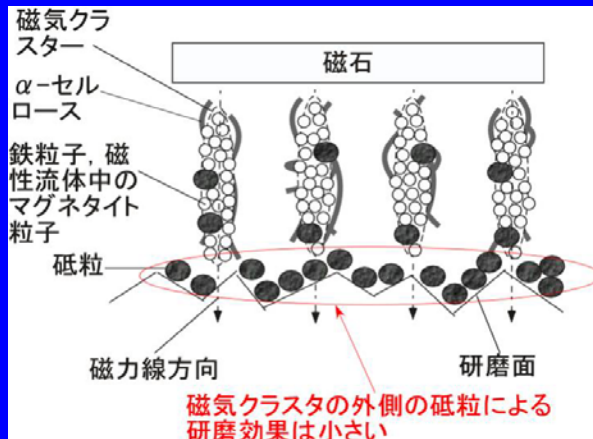
超音波ホモジナイザー 無し



Ra=0.1116 μ m, Ry=0.583 μ m



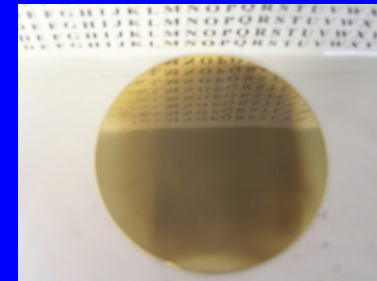
研磨されず(研磨効果弱い)



「HQ + MF + α -セルロース」から抽出した磁気クラスタ

+
Al₂O₃ (3 μ m)
+

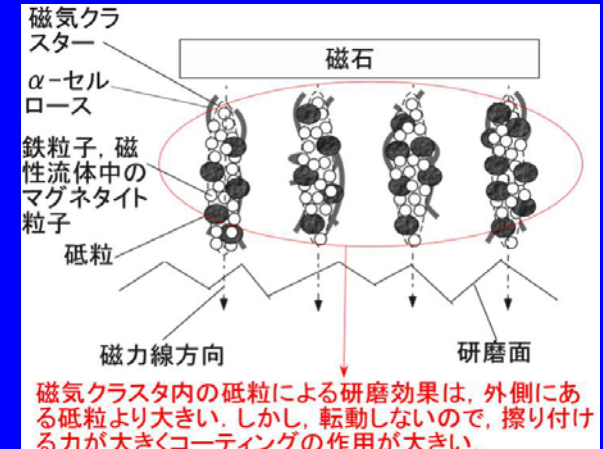
超音波ホモジナイザー 有り



Ra=0.0284 μ m, Ry=0.181 μ m

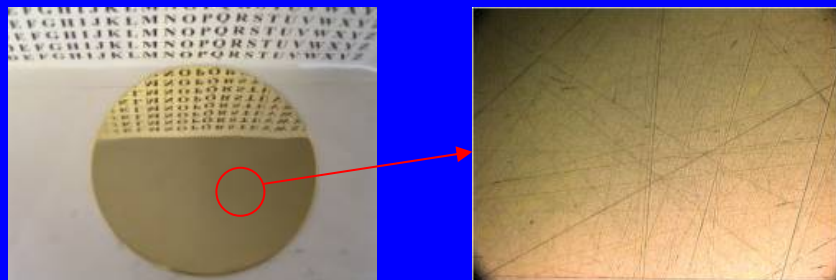


少しは研磨されるが, コーティング有り



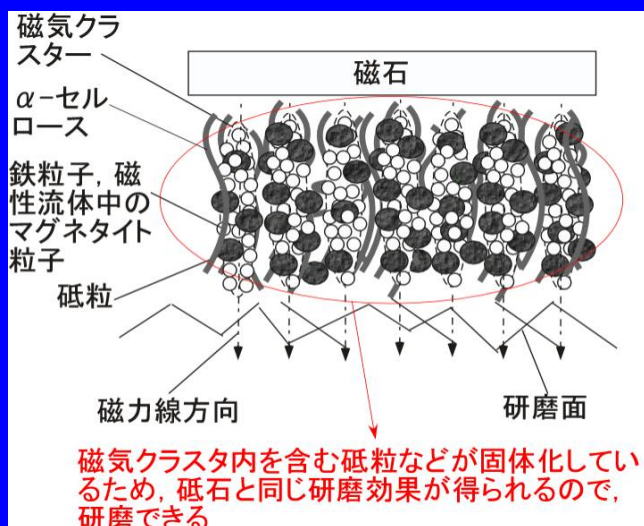
[真鍮, 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]

「HQ + MF + α -セルロース + Al_2O_3 (3 μm) + 超音波ホモジナイザー 有り」を固形化

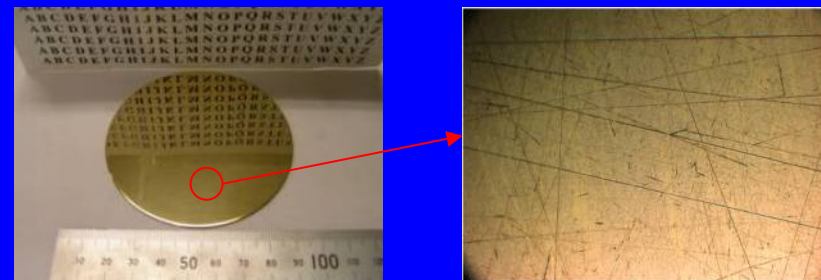


$Ra=0.0125\mu\text{m}$, $Ry=0.078\mu\text{m}$

研磨効果有り

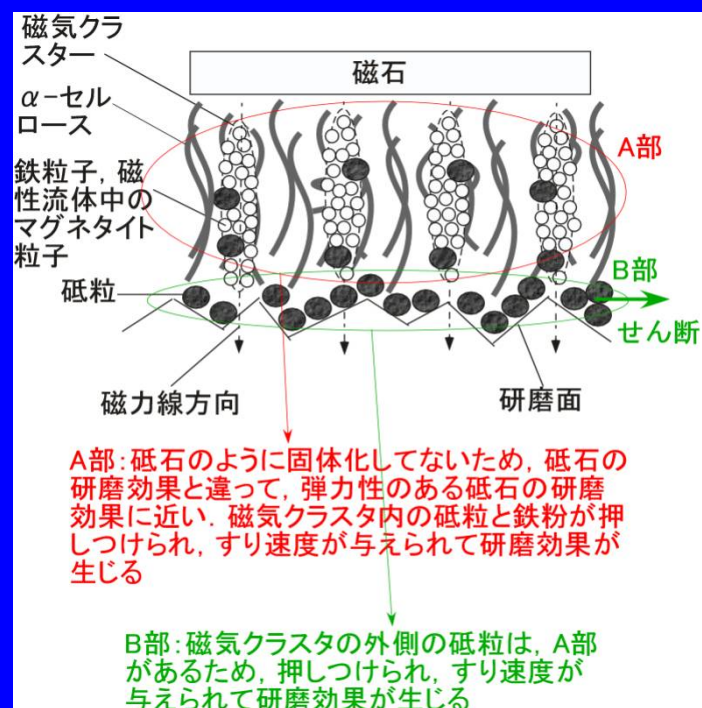


「HQ + MF + α -セルロース + Al_2O_3 (3 μm) + 超音波ホモジナイザー 有り」の流体研磨



$Ra=0.0057\mu\text{m}$, $Ry=0.039\mu\text{m}$

固形化研磨よりさらに、研磨効果有り



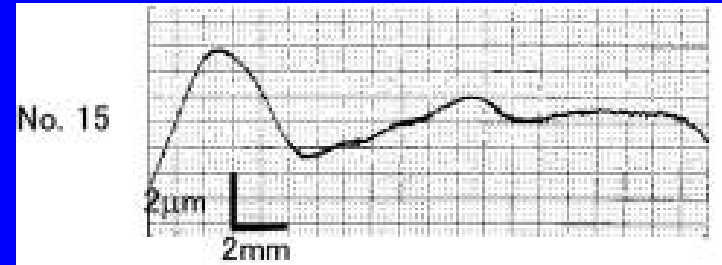
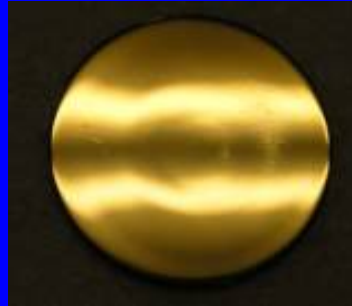
[真鍮, 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]

4. MCF研磨のしくみ

磁気流体研磨で生ずるウネリ ⇒ 塑性変形によるもの

研磨工具No.15 のみ

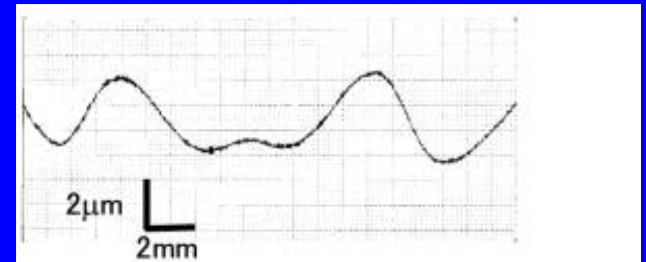
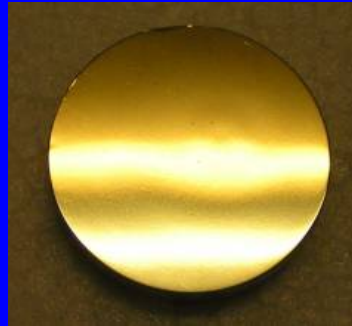
[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅20mm, 回転数20/分), 515rpm]



↓ 少しは改善!

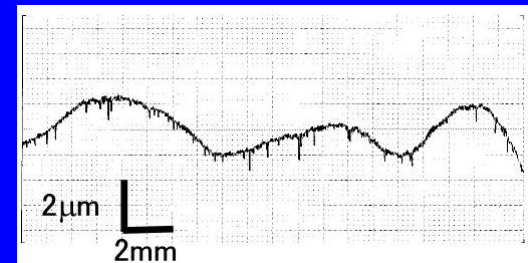
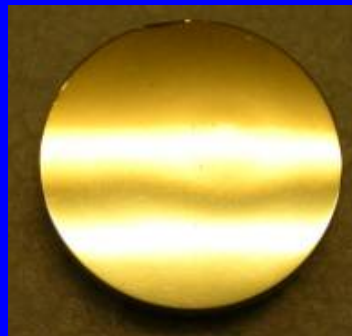
研磨工具No.15⇒遊星歯車式

[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅20mm, 回転数20/分), 515rpm]



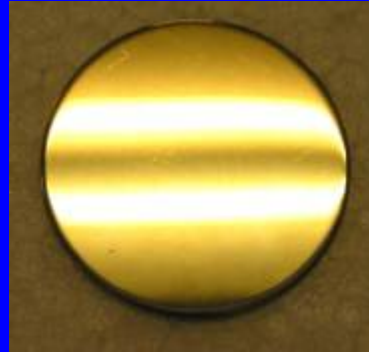
No.15⇒No.18⇒遊星歯車式

[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅20mm, 回転数20/分), 515rpm]

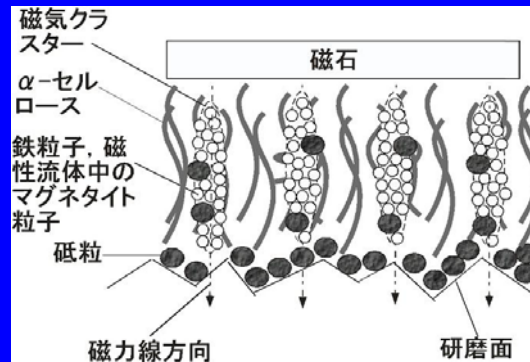
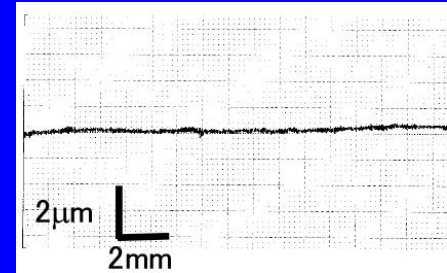


遊星歯車式 のみ

[真鍮, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$),
1mm, 1時間, 2次元往復振動(振
幅50mm, 速度1mm/s),
515rpm]



さらに改善!

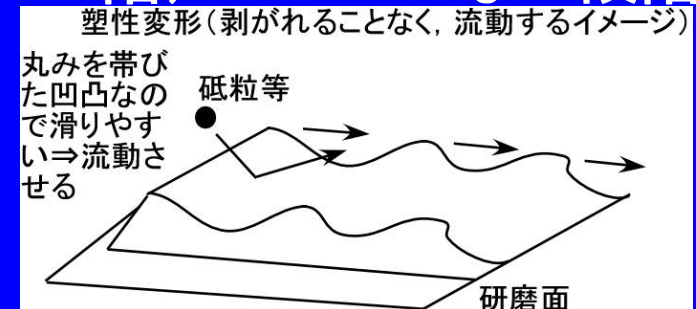


なるMCF研磨液構造をもって研磨

(研磨初期) → 研磨できる段階



(次の段階) → 平坦化できない段階



研磨改善 : より高度な磁気研磨を目指して

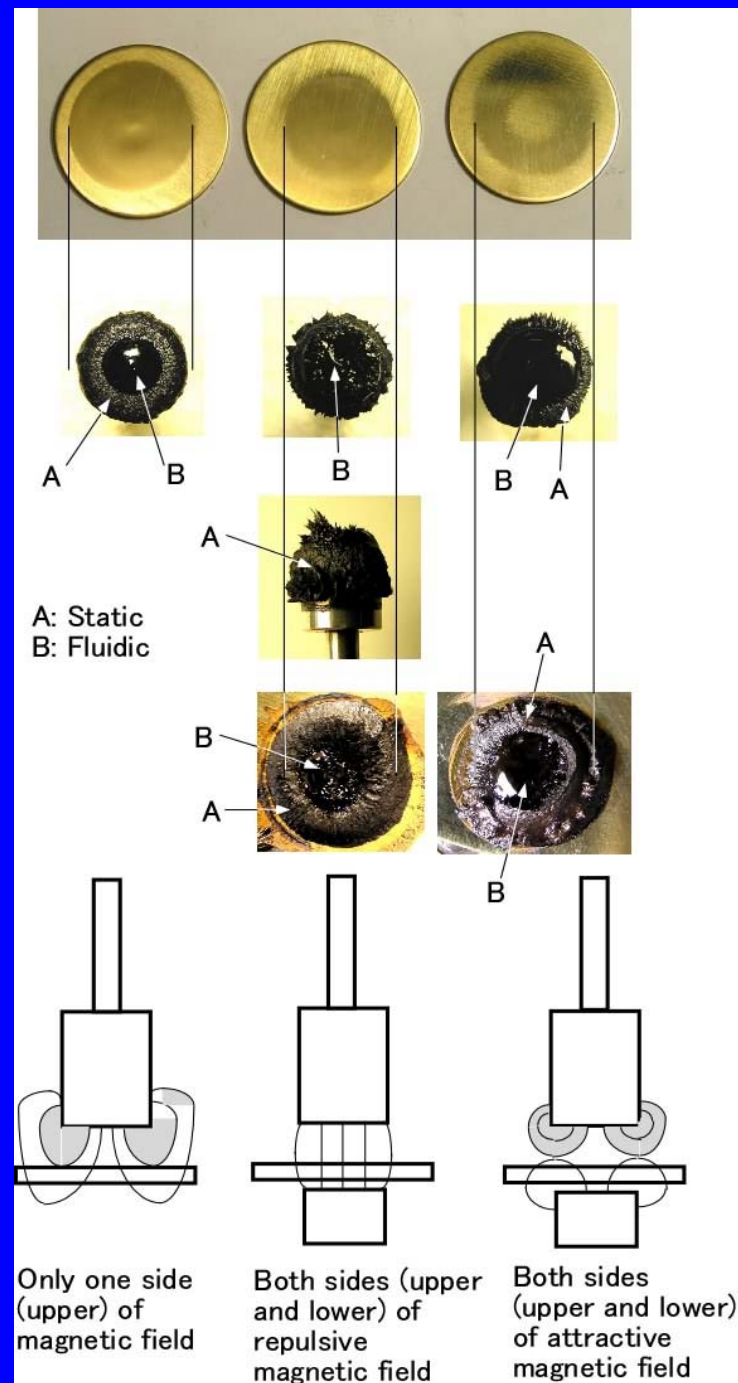
1. 対向磁石配置による研磨改善
2. ナノオーダーの精度で、かつ、大口径の研磨仕上げで、平坦度を高めた研磨改善

1. 対向磁石配置による研磨改善

両回転式研磨による対向磁場による研磨効果の違い(その1)

↓
磁力線が研磨面に対して垂直に配置する
場合が、研磨のウネリ、ムラが小さく、
研磨に最適

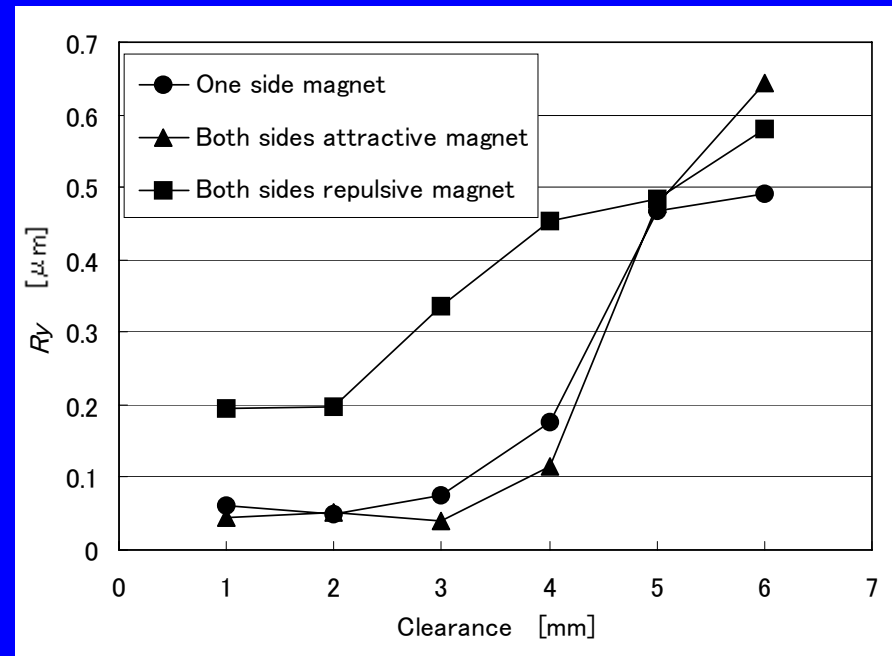
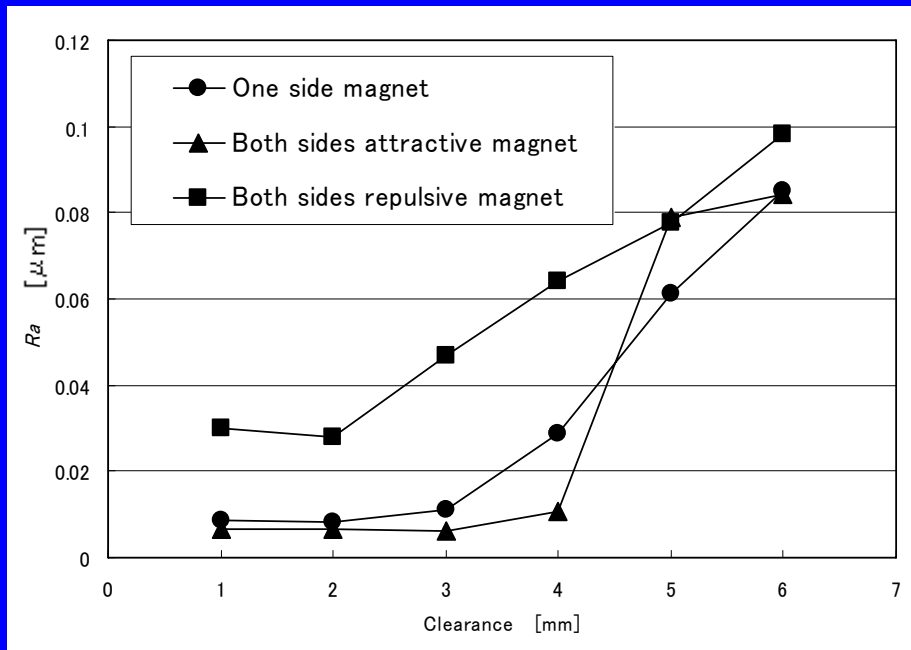
[真鍮, 研磨工具No.1, MCF+ α 、
Al₂O₃(3 μ m), 1mm, 1時間, 回転振
動(振幅10mm, 回転数20/分),
515rpm]



両回転式研磨による対向磁場による研磨効果の違い (その2)・・・間隔による違い



磁力線が研磨面に対して垂直に配置する場合は、研磨効果が大きい



[真鍮, 研磨工具No.1, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu m$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

2. 研磨のウネリを平坦化にする研磨改善

(1) 磁石の配置による改善

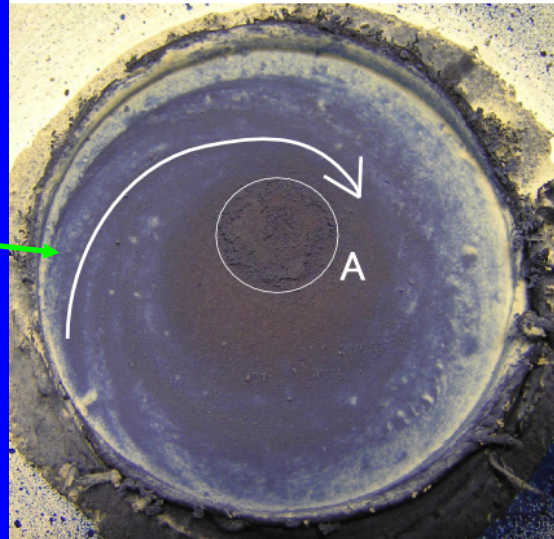
No.6の方が, No.16
より円運動に近い



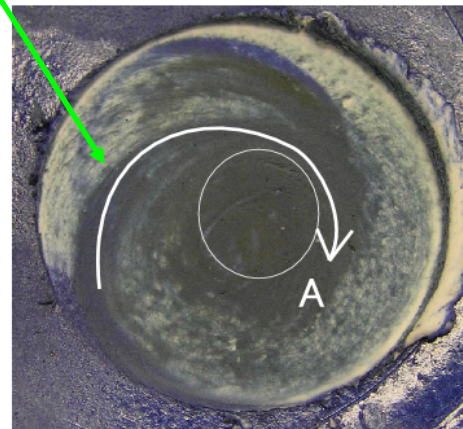
磁石を半径方向に
配置することで, よ
り平坦度を高められ
る.

[回転振動(振幅
10mm, 回転数20/分),
515rpm]

バイトNo.16



バイトNo.6



A: MCFが溜まる箇所

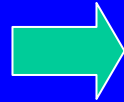
磁石の円状配置の研磨工具と直状配置の研磨工具の違い



研磨工具が回転する場合、円状配置より直状配置にすべき。

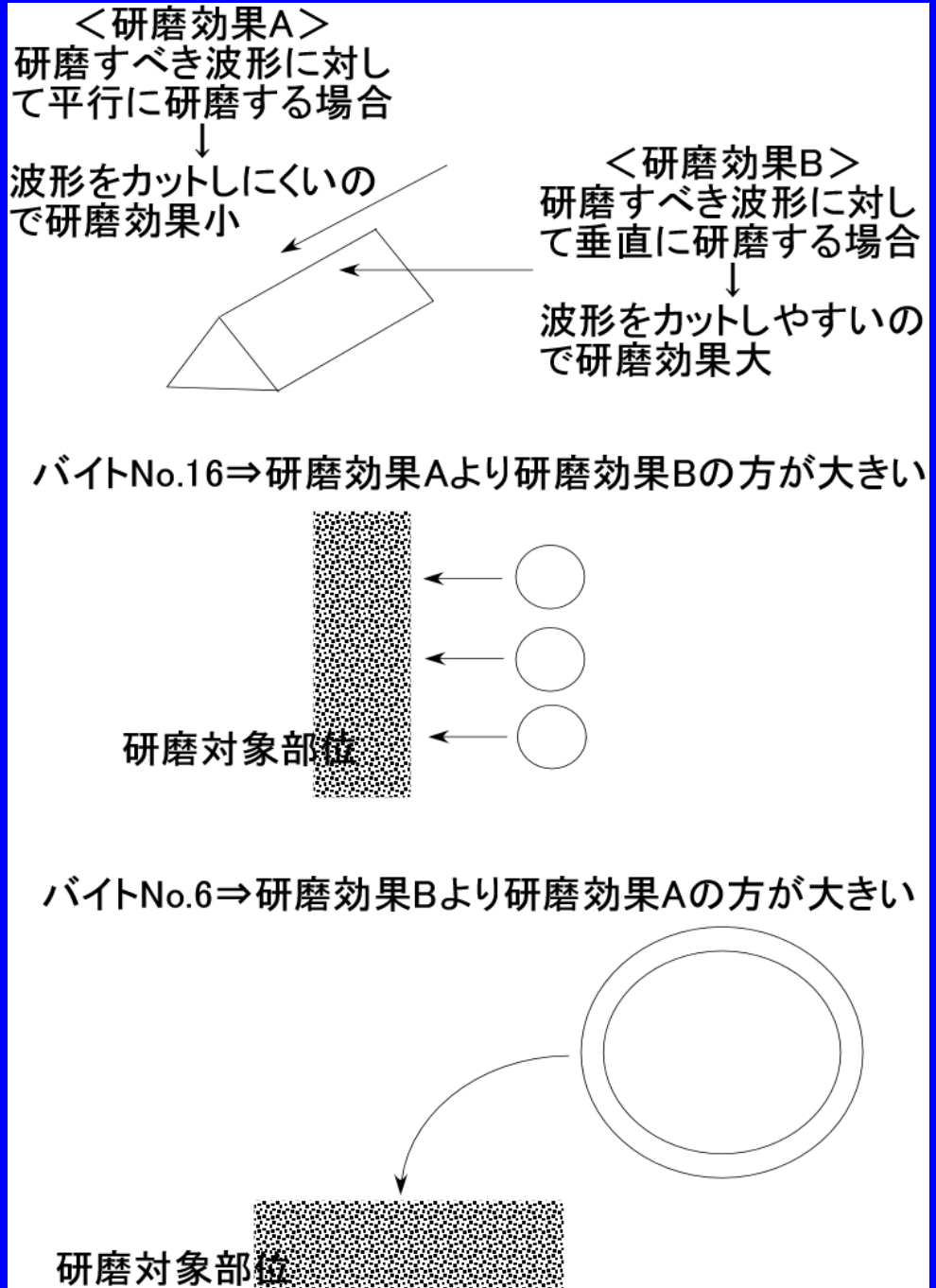
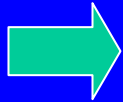
＜直状配置＞

研磨工具No.7～No.8,
No.10～19
のタイプ



＜円状配置＞

研磨工具No.1～No.6, No.9
のタイプ

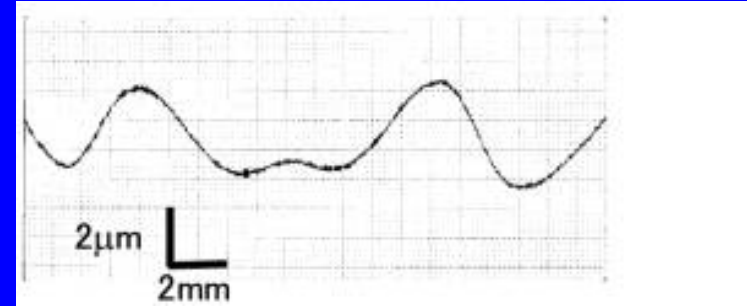
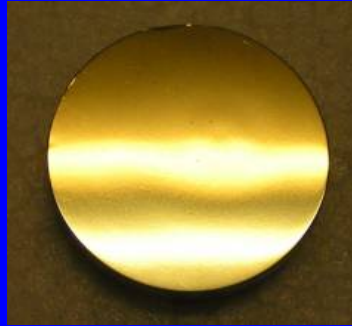


(2) 複数の研磨工具使用による改善 ⇒

磁気流体研磨で一度生じたウネりは、平坦化しにくい。

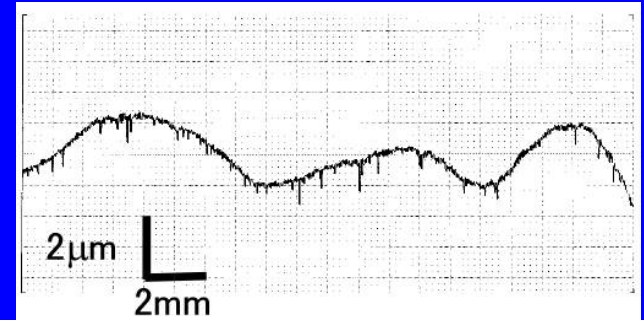
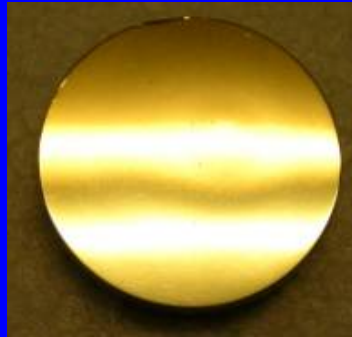
研磨工具No.15⇒遊星歯車式

[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅20mm, 回転数20/分), 515rpm]



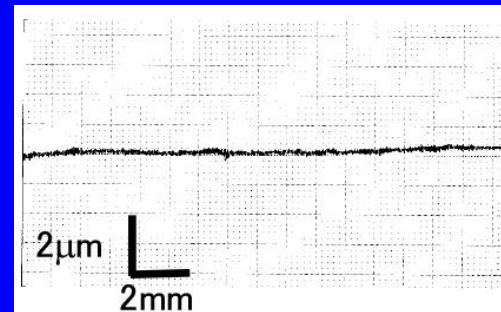
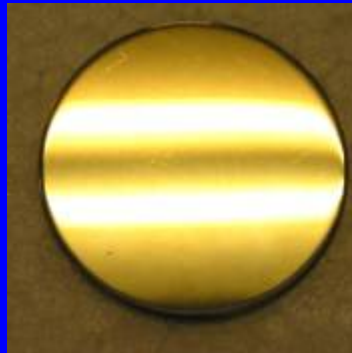
No.15⇒No.18⇒遊星歯車式

[真鍮, 流動槽有り, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅20mm, 回転数20/分), 515rpm]



遊星歯車式 のみ

[真鍮, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]



(3) 研磨工具の運動による改善

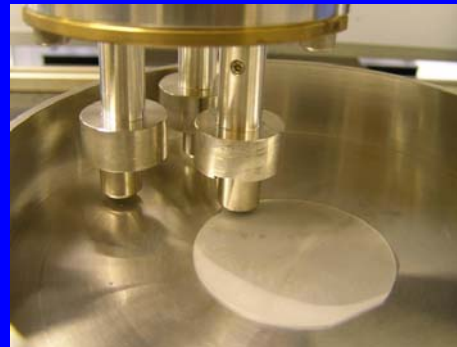
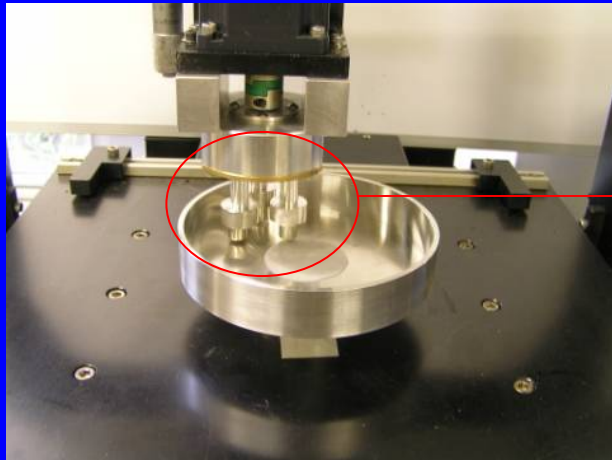
(1)より, さらなる研磨のウネリを平坦化にする研磨改善



遊星歯車式研磨

<拡大>

研磨試験装置



<研磨中>

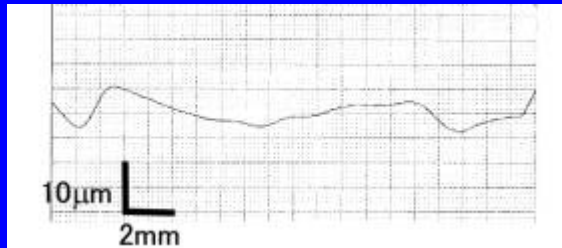


<流体付着状態>

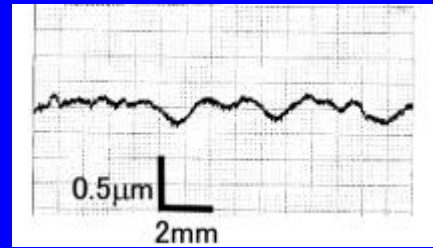


平坦度の比較(その1)

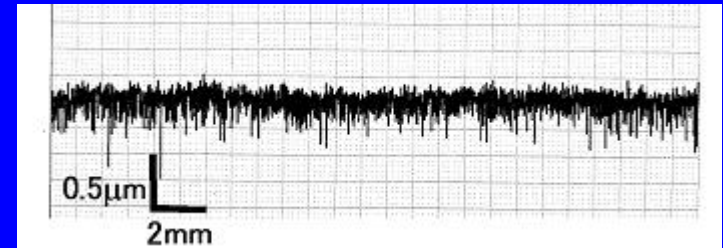
両運動式研磨,
研磨工具No.6,
 $Ra=0.00653\mu\text{m}$,
 $Ry=0.0513\mu\text{m}$



両運動式研磨,
研磨工具No.15,
 $Ra=0.0067\mu\text{m}$,
 $Ry=0.073\mu\text{m}$

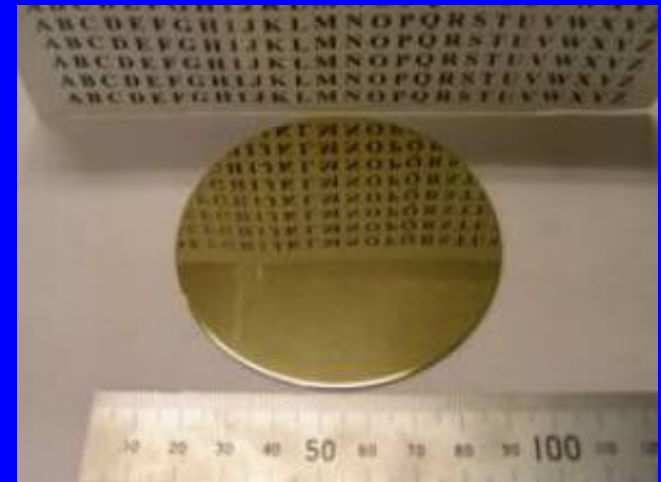
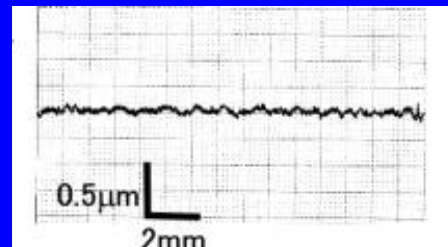
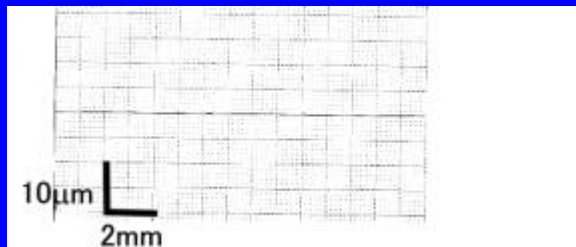


研磨前,
初期粗さ
 $Ra=0.0736\mu\text{m}$,
 $Ry=0.613\mu\text{m}$



[真鍮, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm, 回転数20/分), 515rpm]

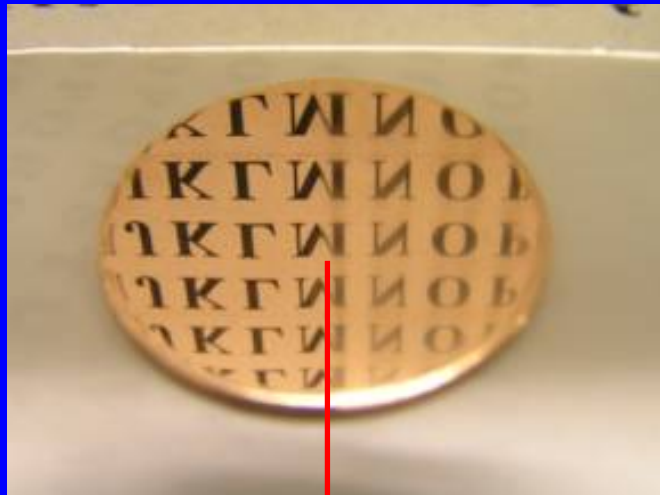
遊星歯車式,
 $Ra=0.0057\mu\text{m}$, $Ry=0.039\mu\text{m}$



[真鍮, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]

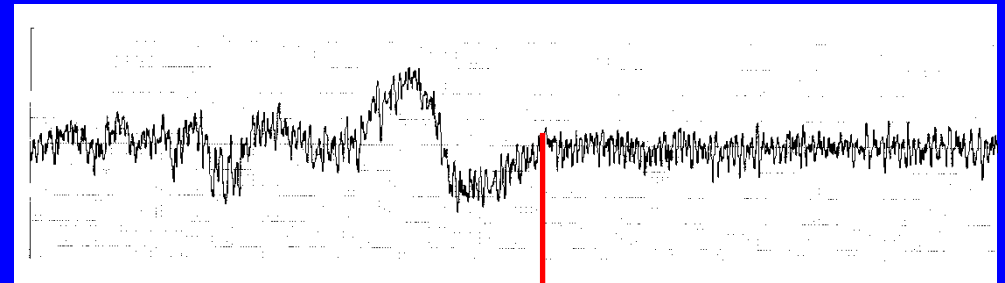
平坦度の比較(その2)

遊星歯車式研磨による



研磨後
(マスクング無し)

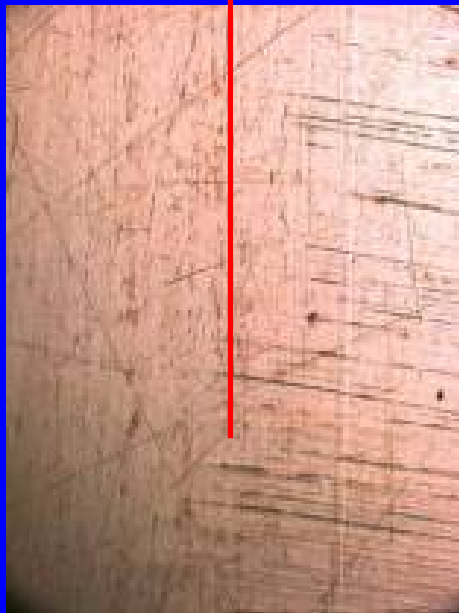
研磨前
(マスクング有り)



研磨前
(マスクング有り)

研磨後
(マスクング無し)

X450,
銅



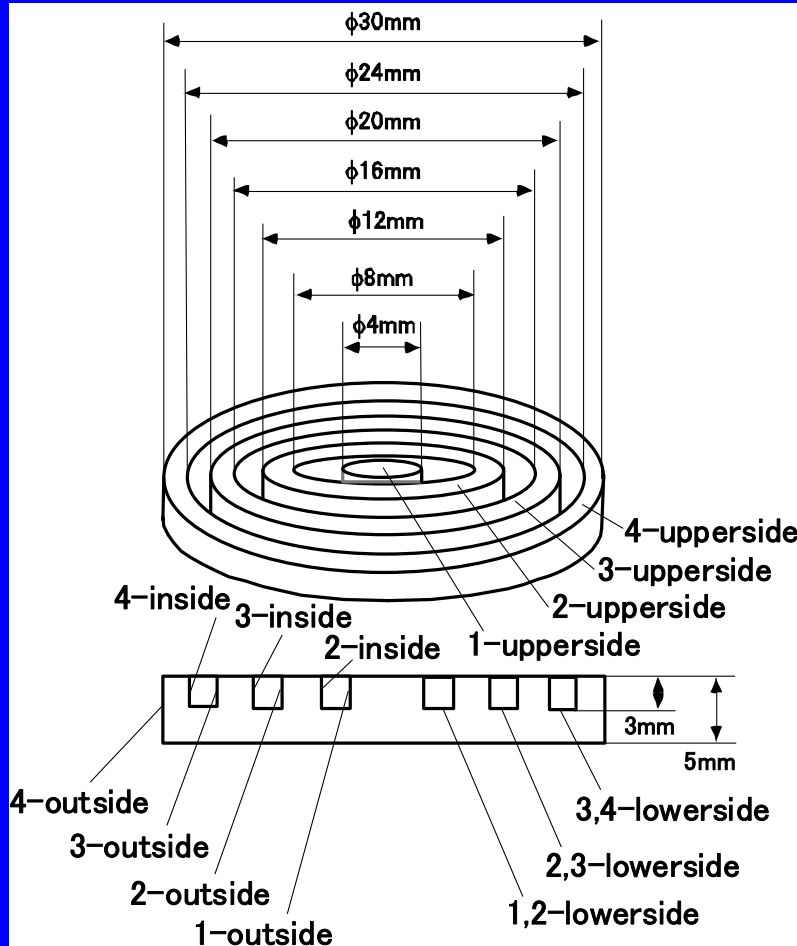
[真鍮, MCF+ α 、 Al_2O_3 ($3\mu\text{m}$), 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]

その他のMCF研磨の適用例

1. 3次元立体物全面研磨
2. 管内面研磨
3. アクリル研磨
4. バレル研磨
5. MCF固形化研磨

1. 3次元立体物全面研磨

研磨試料片



<研磨前>



<研磨後, 流動槽なし>



<研磨後, 流動槽有り>

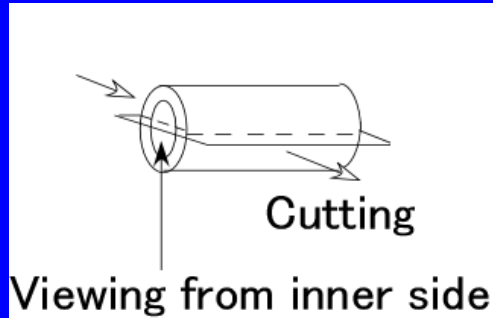
[真鍮, 研磨工具No.6, MCF+ α 、 Al_2O_3
($3\mu m$), 1mm, 1時間, 回転振動(振幅10mm,
回転数20/分), 515rpm]

表面粗さ

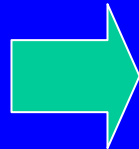
	Without bath				With bath			
	Before		After		Before		After	
	<i>Ra</i> [mm]	<i>Ry</i> [mm]	<i>Ra</i> [mm]	<i>Ry</i> [mm]	<i>Ra</i> [mm]	<i>Ry</i> [mm]	<i>Ra</i> [mm]	<i>Ry</i> [mm]
1-upperside	0.3940	2.153	0.3028	1.602	0.3990	2.490	0.0115	0.0916
2-upperside	0.7596	3.983	0.5218	2.491	0.7800	4.950	0.0133	0.1363
3-upperside	0.8576	4.546	0.4301	2.407	0.9120	5.930	0.0207	0.2356
4-upperside	0.4950	2.886	0.3733	1.834	0.5040	2.900	0.0099	0.0680
1-outside	0.1813	0.9606	0.1753	0.8300	0.1829	1.012	0.0510	0.2500
2-outside	0.1760	0.8100	0.1583	0.6400	0.1860	1.060	0.0495	0.2610
3-outside	0.2656	1.436	0.1813	0.9860	0.2750	1.550	0.0389	0.2470
4-outside	0.9373	4.850	0.9103	4.333	1.195	5.290	0.0250	0.2233
2-inside	0.2144	1.241	0.1910	0.9266	0.2310	1.450	0.0653	0.3933
3-inside	0.1882	1.068	0.1706	0.9700	0.2184	1.374	0.0168	0.1070
4-inside	0.1866	1.040	0.1830	1.039	0.2236	1.451	0.0230	0.2256
1-2lowerside	0.2530	1.250	0.1913	0.8492	0.2500	1.06	0.1396	0.6224
2-3lowerside	0.2472	1.078	0.2352	0.9700	0.2477	1.093	0.2125	0.8800
3-4lowerside	0.2259	1.064	0.2104	0.9540	0.2561	1.092	0.1968	0.8968

2. 管内面研磨 と 3. アクリル研磨

研磨試験装置様子



研磨片概観



バイトNo.8,
新ボール盤No.2,
アクリル,
30分,
520rpm,
下固定,
往復上下振動
MCF+ α
Al₂O₃(3 μ m)

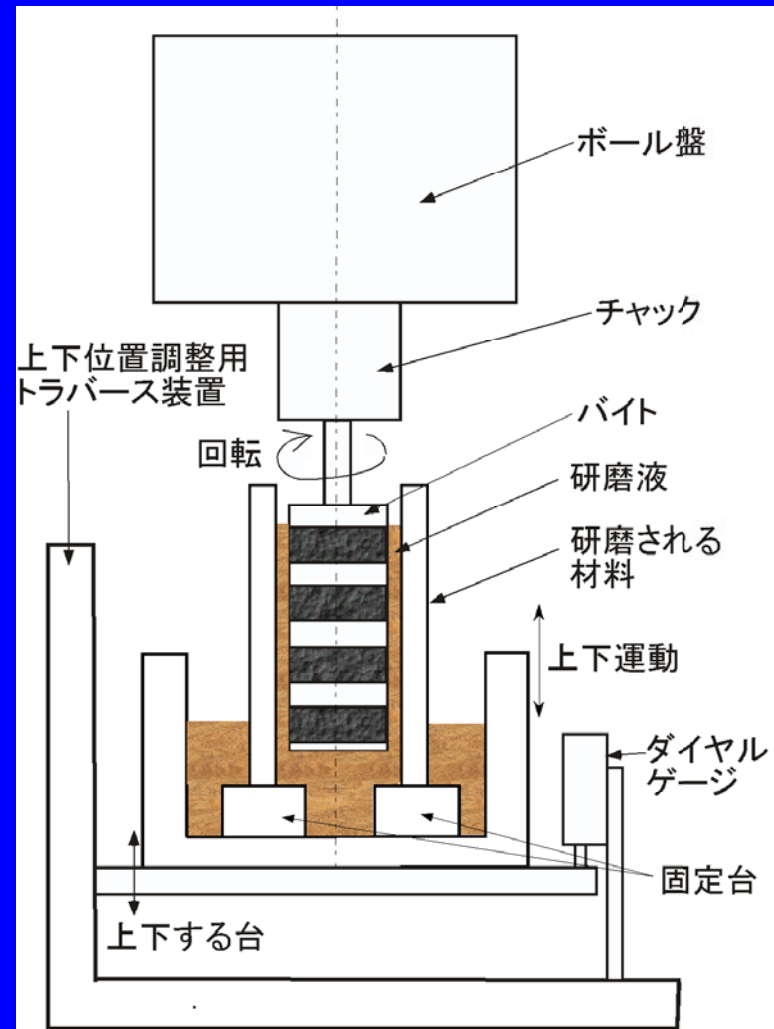
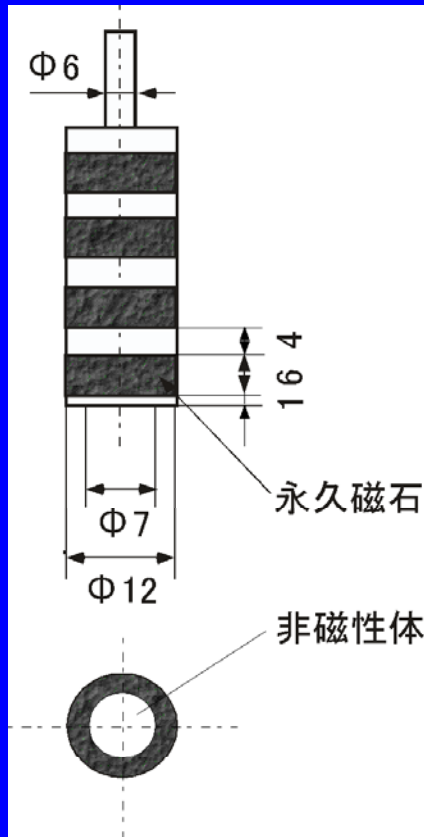
Before polishing



After polishing



研磨工具(その7) …… 管内研磨用 及び 研磨試験装置

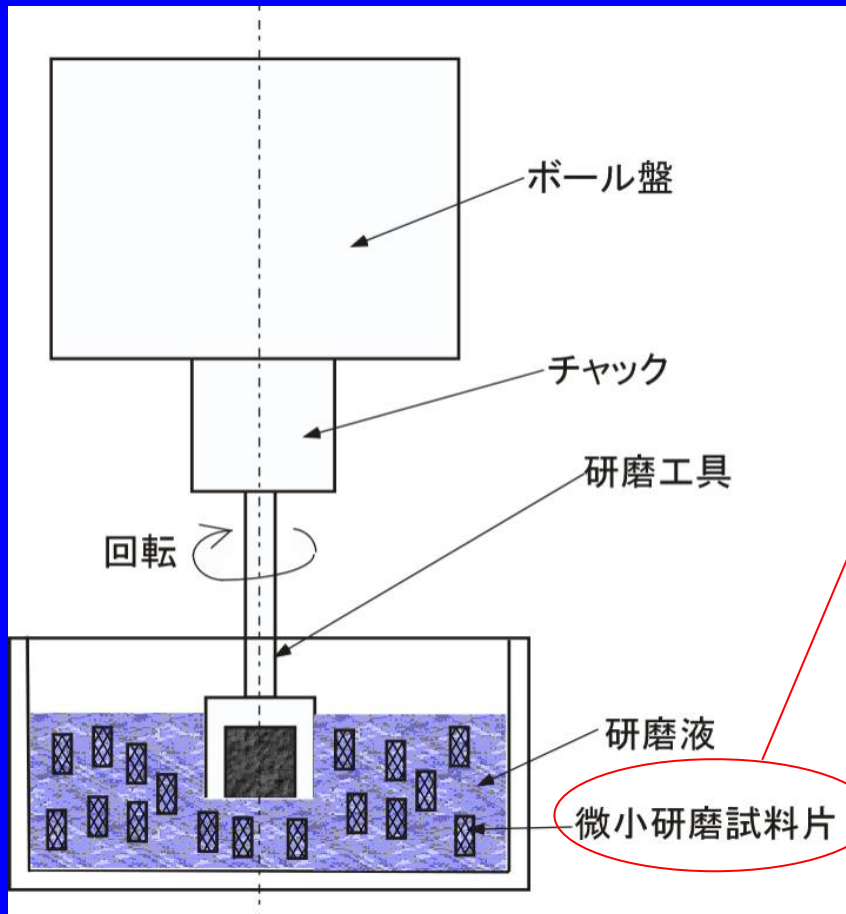


4. バレル研磨



ICチップやMEMSなどの微小な部品の多数の研磨も本研磨手法で有効

バレル研磨試験装置



バレル研磨条件

1時間, 515rpm, 研磨工具No.6,
回転振動(振幅10mm, 回転数
20/分)

厚さ0.3m, 3mm四方の真鍮の微小片, 50片

1片平均の表面粗さ

研磨前		研磨後	
Ra [μm]	Ry [μm]	Ra [μm]	Ry [μm]
0.0636	0.454	0.0320	0.234

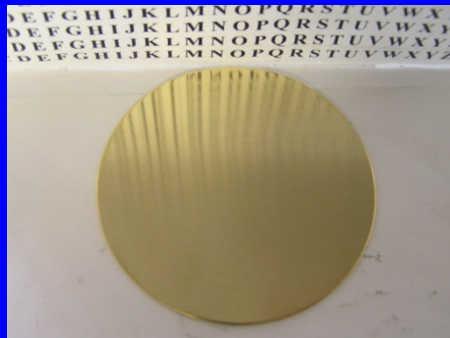
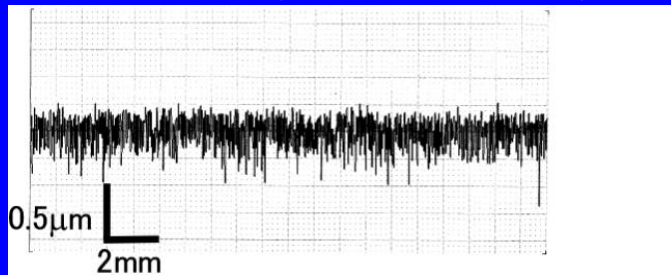
5. MCF固形化研磨

遊星歯車式研磨バイトにMCFを付着させ固化



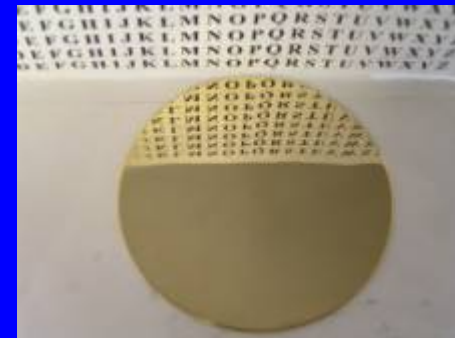
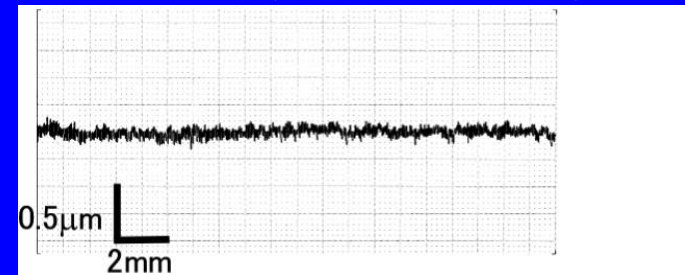
<研磨前>

$Ra=0.1116\mu\text{m}$, $Ry=0.583\mu\text{m}$



<研磨後>

$Ra=0.0125\mu\text{m}$, $Ry=0.078\mu\text{m}$



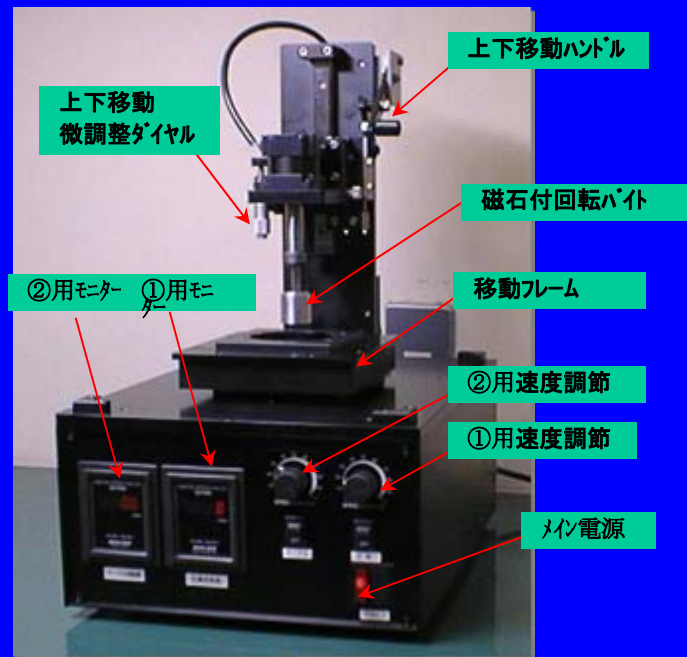
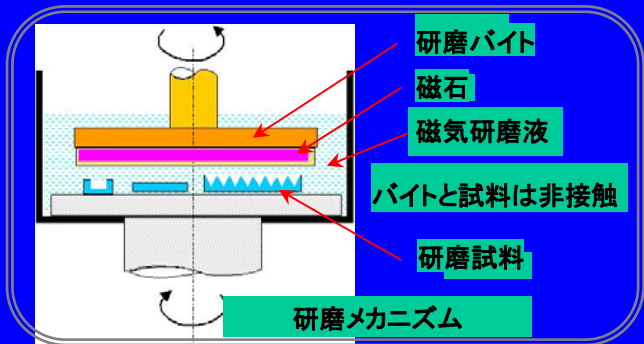
[真鍮, MCF+ α 、 $\text{Al}_2\text{O}_3(3\mu\text{m})$, 1mm, 1時間, 2次元往復振動(振幅50mm, 速度1mm/s), 515rpm]

MCF研磨での適用可能具体例一覧

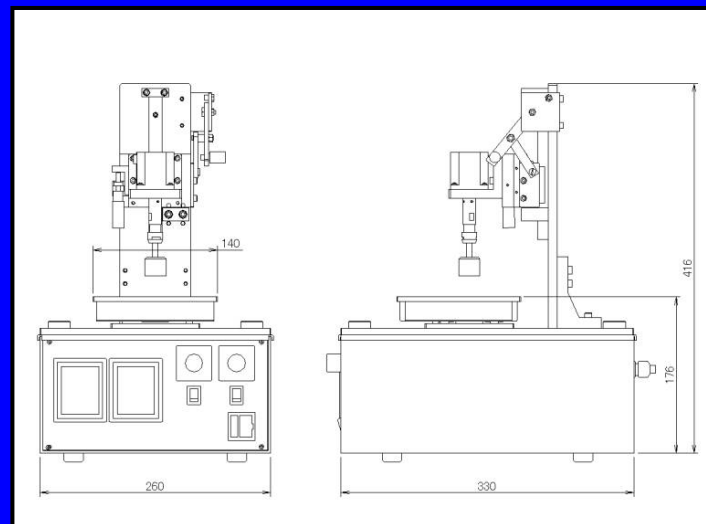
- (1) ナノレベル鏡面研磨
- (2) 各種電子部品(金属, セラミックス, ガラスなど)
- (3) 各種光学部品の凹凸部, Vミゾ部(従来不可能な形状)
- (4) バレル研磨(応力なしでバリ取りが可能/MEMS用部品)
- (5) 医療用機器および, 注射針などの管内部の鏡面研磨
- (6) バイオ関連: 平坦度を有するナノレベルでのDNAチップ,
DNA採取用ノズル
- (7) 薄膜
- (8) アクリル, プラスチックなどの柔らかい材質における鏡面仕上げ
- (9) ナノコーティングとして耐摩耗性向上
- (10) 細管内研磨

'04, '05 CEATECH(於 千葉幕張メッセ) に 参考出品

小型機 MNPS-I

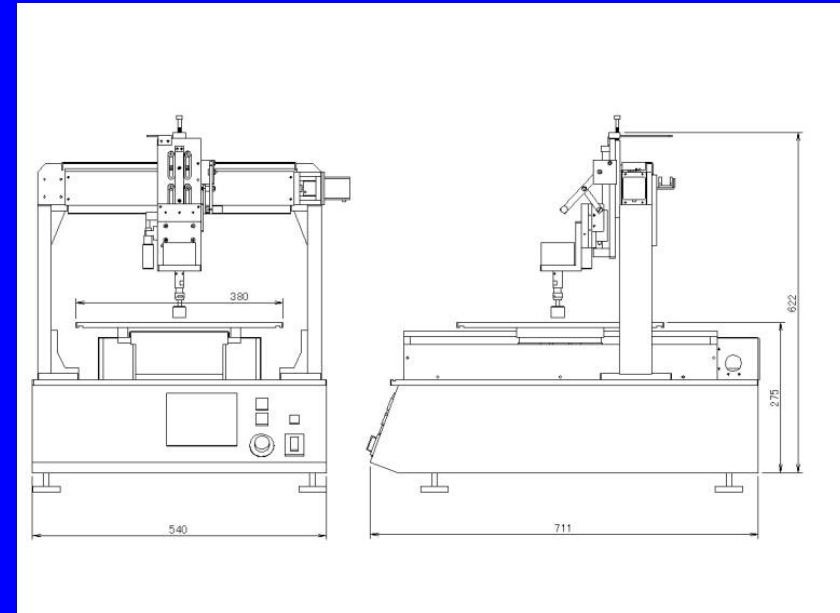
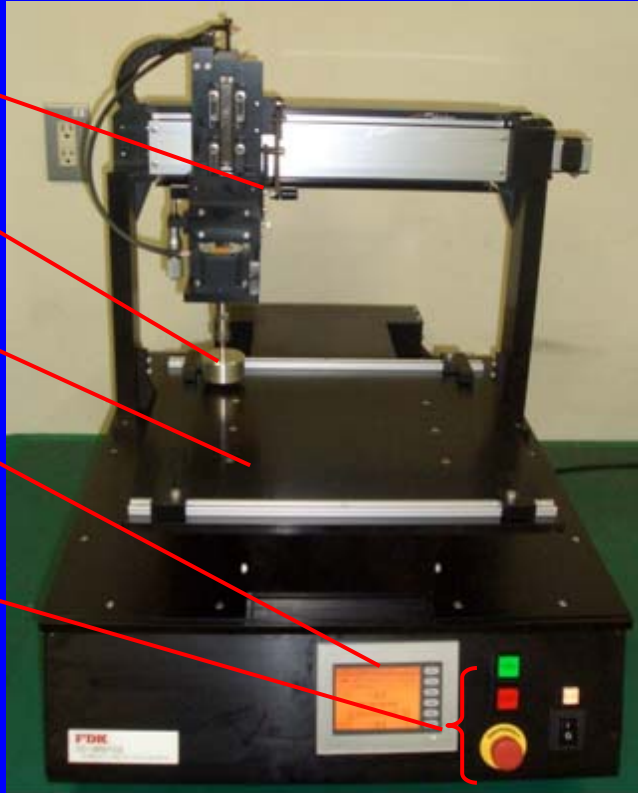


形式	3D-MNPS I
ワークサイズ	Φ30×20mm
電力	100W
長さ(mm)	330
幅(mm)	260
高さ(mm)	416
重量(kg)	15



大型機

MNPS - II



形式	3D-MNPS II
ワークサイズ(mm)	200 × 200 × 30
電力	200W
長さ(mm)	720
幅(mm)	540
高さ(mm)	630
重量(kg)	60