超仕上げ加工工程の水溶性油剤化の取り組み

Efforts to Implement Water-Based Grinding Fluids in Superfinishing Processes

1．はじめに

軸受部品などの精密部品の最終品質を決定する超仕上げ加工では，一般的に不水溶性油剤が使用されており，当社も同様の油剤を採用している．しかし，超仕上げ加工工程の前工程である研削加工は，すでに水溶性油剤へ移行しており，超仕上げ加工にも作業環境の向上，火災の防止，工作物の清浄度向上などの理由から水溶性油剤への移行が求められている．そのため，当社では超仕上げ加工に適した水溶性油剤，砥石の検討，評価を行ってきたが，製品品質の確保と砥石コストの両立が困難なため，量産には採用されていない．そこで本報では，超仕上げ加工に水溶性油剤を適用するための課題と，その解決策について紹介する．

2．超仕上げ加工の特徴と水溶性化の課題

本報の対象工程はテーパーローラー軸受内輪のローラー転動面の超仕上げ加工である．本加工法は，**図1**に示すとおり回転している工作物に砥石を押し付け，工作物の回転方向の垂直にオシレーションさせることで良好な表面粗さを得ている．

良好な表面粗さの維持には砥石の切削性の維持が重要である．超仕上げ加工は微粒砥石を用いるため切りくずの排出が難しく，油剤の切りくず排出効果が砥石の切削性の維持に影響する．不水溶性油剤は切りくずを排出する潤滑効果が優れているのに対し，一般的に水溶性油剤は切りくずの排出能力が低く，砥石の目詰まり，切りくずの溶着で切削性が低下し，良好な表面粗さを得にくい．

したがって，水溶性油剤への移行するには，砥石の目詰まりと切りくず溶着の抑制が必要である．

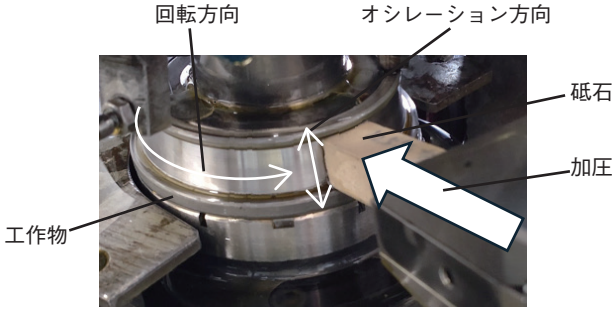


図1　加工部概要
Overview of the Machining Section

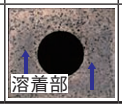
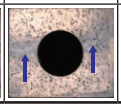
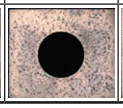
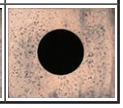
3．課題の解決策

3.1　水溶性油剤の選定

超仕上げ加工に適した水溶性油剤の選定は過去から取り組まれており，油剤へ硫黄を添加すると砥石の目詰まりが抑制され，加工性能を向上できることが知られている．これは硫黄分が加工熱で金属と容易に反応し，形成される摩擦係数の小さい反応生成物（塩化鉄，硫化鉄など）が金属の溶着を防ぐためと考えられている．そこで，硫黄分の異なる水溶性油剤の比較評価を実施した．

4種類の水溶性油剤による加工性能を比較するため，同一加工条件で実験した結果を**表1**に示す．矢印で示した部分は溶着部である．油剤の硫黄分は油剤Dを基準とした割合であり，高いほど加工量の増加と表面粗さの向上が確認された．すなわち，砥石の目詰まり，溶着が抑制され，前工程の研削加工面の影響が十分に除去されたため，良好な表面粗さが得られたと考えられる．

表1　水溶性油剤の比較
Comparison of Water-Based Grinding Fluids

水溶性油剤	A	B	C	D
硫黄分の割合	0	0.36	0.64	1
加工量	1.0 μm	1.3 μm	1.8 μm	2.0 μm
表面粗さ Ra	0.134 μm	0.097 μm	0.084 μm	0.078 μm
加工後の砥石表面				

つぎに，油剤 D の濃度と加工量，表面粗さの関係を**図2**に示す．油剤濃度 12.5% で最も加工量が増大し，それ以上濃度を濃くした場合には加工量が減少した．この理由として，油剤濃度が濃くなると油剤中の硫黄分は増加する一方，油剤の浸透性，洗浄性が悪化し，加工性能に影響したと考える．

以上の結果から，加工量，表面粗さが良好であった油剤 D を採用し，油剤濃度は 10 ～ 20% を適正範囲とした．

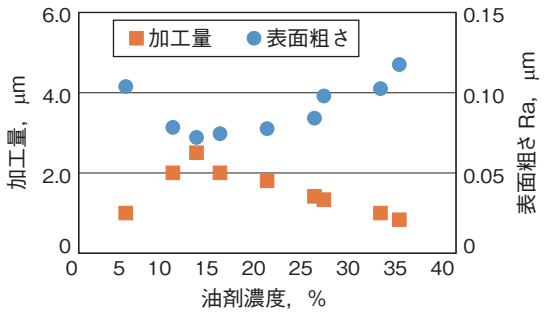


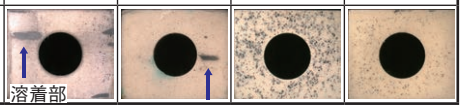
図2　油剤 D の濃度と加工性能の関係
Investigation of the Effects of Water-Based Grinding Fluids

3.2　砥石の選定

砥石の気孔中に硫黄を充填することを硫黄処理とよぶ．砥石に硫黄処理を施すと加工点の潤滑効果が向上する．また，砥石表面への切りくずの付着を防ぐため，溶着を抑制できると考えられている．一方，ワックス処理は主に潤滑性の向上が目的であり，溶着抑制効果は限定的であると考えられる．そこで，硫黄処理した砥石と，ワックス処理した砥石の比較評価を実施した．

4 種類の砥石の加工性能を，同一の加工条件で比較した実験結果を**表2**に示す．矢印で示した部分は溶着部である．ワックス処理した砥石には溶着が観察され，加工量が少なく表面粗さが悪化した．一方，硫黄処理した砥石には溶着がなく，良好な結果であった．

表2　砥石の比較
Comparison of Superfinishing Stones

砥石	A	B	C	D
砥石処理	ワックス	ワックス	硫黄	硫黄
加工量	1.1 μm	1.3 μm	2.0 μm	2.5 μm
表面粗さ Ra	0.121 μm	0.095 μm	0.084 μm	0.072 μm
加工後の砥石表面				

したがって，目詰まりがほとんどなく，加工量が多く，表面粗さが良好な砥石 D を採用した．

4．水溶性油剤による量産

水溶性油剤 D および砥石 D を用いて，1 か月間の量産を実施した．**図3**に示すとおり超仕上げ加工前の表面粗さ Ra が平均 0.13 μm の場合，加工数の増加に伴い，加工量が減少し，超仕上げ加工後の表面粗さ Ra が悪化した．砥石表面に目詰まり，溶着はなく，砥石摩耗が少量であったことから砥石の切れ刃が自生せず切削性が持続しなかったと考える．

これに対し，**図4**に示すとおり超仕上げ加工前の表面粗さ Ra が平均 0.19 μm の場合，切削性を維持できた．

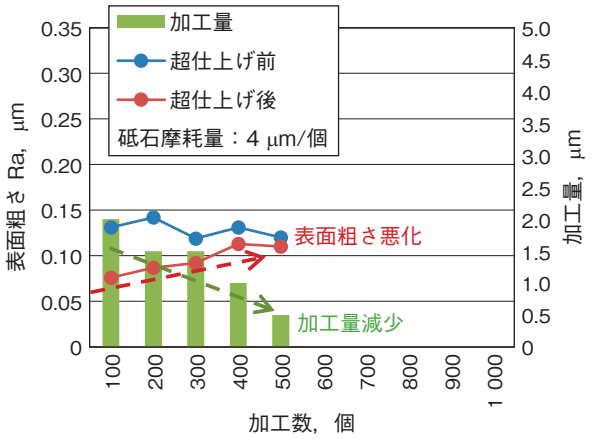


図3　前工程の表面粗さ Ra の影響（平均 0.13 μm）
Effects of Surface Roughness in Grinding Processes: Average Surface Roughness (Ra) of 0.13 μm

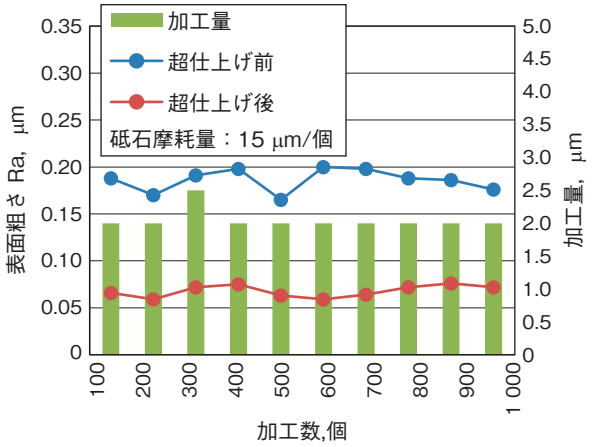


図4　前工程の表面粗さ Ra の影響（平均 0.19 μm）
Effects of Surface Roughness in Grinding Processes: Average Surface Roughness (Ra) of 0.19 μm

なお，事前検証の結果，超仕上げ加工前の表面粗さ Ra が 0.3 μm の場合，超仕上げ加工後の表面粗さ Ra は 0.1 μm を超えていた．すなわち，加工前の表面粗さが粗すぎても現状の加工量では，超仕上げ加工前の加工面を十分に除去できないため，表面粗さが悪化すると推測される．したがって，超仕上げ加工前の表面粗さ Ra は 0.19 μm 前後が最適と判断した．

超仕上げ加工前の表面粗さ Ra を 0.19 μm 前後で維持することにより，1 か月の生産の超仕上げ加工工程起因の不良数はゼロとなった．この結果，水溶性油剤を用いた場合でも不水溶性油剤と同等の品質およびコストを得られた（**表3**）．なお，コストは不水溶性油剤を基準とした割合で示している．

表3　品質とコストの比較
Comparison of Quality and Cost

項目		水溶性油剤	不水溶性油剤
加工量	MAX.	2.5 μm	2.5 μm
	MIN.	2.0 μm	1.5 μm
	AVE.	2.1 μm	2.0 μm
表面粗さ Ra	MAX.	0.074 μm	0.080 μm
	MIN.	0.058 μm	0.049 μm
	AVE.	0.064 μm	0.068 μm
工作物 1 個当たりの砥石摩耗量	MAX.	17 μm	26 μm
	MIN.	12 μm	21 μm
	AVE.	15.3 μm	24.0 μm
砥石コスト		1.1	1
油剤コスト		0.8	1

5．おわりに

超仕上げ加工において，不水溶性油剤を水溶性油剤へ移行するための主な課題は，砥石の目詰まりおよび切りくず溶着の抑制である．水溶性油剤に硫黄を添加し，さらに砥石に硫黄処理を施すことで，これらの問題を解決した．

また，1 か月の量産前試作において，前工程の研削後の表面粗さを一定に保つことで不水溶性油剤使用時と同等の品質および砥石コストを達成できた．

本報で得られた知見を以下に示す．

⑴油剤に硫黄を添加すると砥石の目詰まりおよび切りくずの溶着を抑制できる．

⑵砥石表面の硫黄処理で加工中の切りくずが砥石表面へ付着するのを防ぎ，砥石の目詰まりおよび切りくずの溶着を抑制できる．

⑶量産採用の課題は，前工程の研削後の表面粗さが細かいと砥石の切れ刃が自生せず，砥石の切削性が持続しないことである．

今後は得られた知見を基に水溶性油剤の量産採用を推進していく．

（生産技術本部　工程革新部）