

# 流動性火山灰を用いた浸炭焼入れ鋼の表面仕上げ法

宮崎大学大学院 ○ 有吉 貴教, 宮崎大学 中西 勉, 宮崎大学 鄧 鋼

## Surface-finishing Method of Case-Carburized Steel by Using the Fluid Volcanic-Ashes

University of Miyazaki (Graduate school) Takanori ARIYOSHI, University of Miyazaki Tsutomu NAKANISHI and Gang DENG

In order to develop the economical or environmental manufacturing processes and to obtain the high load-carrying capacity of case-carburized gears, the surface-finishing method was investigated by using the fluid volcanic-ashes. First, the chemical composition and particle size of the volcanic-ashes were examined. Secondly, the surface of carburized steel was finished by use of the fluid volcanic-ashes. Thirdly, the roughness of finished surface was measured using a surface texture measuring instrument. The following results are obtained; (1) The volcanic-ashes contain a lot of silica and alumina useful for abrasive machining. (2) The volcanic-ashes mixed with mineral oil have the appropriate liquidity. (3) The surface-finishing method using the fluid volcanic-ashes can easily smooth the surface of the carburized steel.

### 1. まえがき

動力伝達用歯車においては、動力源の増大などに伴い高精度化や高強度化が要望され、浸炭焼入れや高周波焼入れなどで歯面を硬くし、さらに歯面仕上げを施すなどの様々な加工工程が開発されている<sup>(1)</sup>。そこで本研究では、高強度歯車に用いられる浸炭焼入れ鋼を対象として、表面の凸部を簡単に滑らかにし、かつ、経済性と自然環境を考慮した加工法を開発する目的で、流動性火山灰を用いた表面仕上げ法を検討した。具体的には、まず、精製した火山灰の性状を調べ、鉱油に火山灰を混入させた流動性火山灰を生成し、設計製作した表面仕上げ装置を用いて浸炭焼入れ円筒試験片の外周面を仕上げた。次に、仕上げた円筒試験片の外周面を実体顕微鏡並びにデジタル表面形状・粗さ測定機を用いて観察・測定し、仕上げ面の性状を考察・検討した。

### 2. 火山灰の性状と流動性火山灰の性質

**2.1 火山灰の性状** 図1に、精製された南九州産の火山灰の走査電子顕微鏡による観察結果を示す。これらの結果などから、火山灰の粒子の形状は、非球体であること、精製に用いたふるい網の目開き<sup>(2)</sup>が公称250 $\mu\text{m}$ のため、その長さは、ほぼ250 $\mu\text{m}$ 以下で100 $\mu\text{m}$ 以下が多いことがわかった。なお、遊離砥粒加工に利用される二酸化ケイ素( $\text{SiO}_2$ シリカ)を約80 wt%, 酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ アルミナ)を約10 wt%, 酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )を約2 wt%含んでいることがわかった。

**2.2 流動性火山灰の性質** 図2に、流動性火山灰の流動性を示す。ここで、図2において、流動性火山灰は、鉱油に火山灰を混入したもので、その流動性は、比較のために一定量(2 gf)が一定時間内(60 s)に斜面(傾斜角23.5°)を流れる長さ(L: mm)で表示した。なお、鉱油にはISO VG100(密度:  $0.8855 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 粘度:  $99.40 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (313K),  $11.12 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  (373K))を用いた。図2から、表面仕上げ実験では、鉱油と火山灰の重量比( $w_m : w_v$ )を5 : 2(流動性火山灰における火山灰の含有量  $w_r = w_v / (w_m + w_v) \times 100 = 29\%$ )とし、この場合、流動性火山灰が滴下式オイルから、約2秒に一滴(約0.07gf)以上供給できることがわかった。

### 3. 表面仕上げ実験の方法と結果及び考察

**3.1 表面仕上げ用試験片の形状・寸法** 本研究では、今後の課題として仕上げ面の転動性能を評価する計画を考慮して、歯車の接触面を曲率でシミュレートした円筒試験片を表面仕上げ用試験片とした。なお、円筒試験片の形状・寸法は、中空のディスク状で、外径70 mm・内径45 mm・外周軸方向有効幅7 mm(高速側円筒試験片)と28 mm(低速側円筒試験片)とした。

**3.2 仕上げ用試験片の材質・加工工程** 円筒試験片の材質は、肌焼き鋼のJIS SCM420相当品で、鍛造材を切削加工後

浸炭焼入れ焼戻しし内面研削盤による内研と円筒研削盤による外研で所用の形状・寸法にした。なお、浸炭焼入れ鋼試験片の研削面の表面硬さは、800 HV、深さ方向の有効浸炭深さ(550 HVの位置)は、表面から約1.5 mmであった。

### 4. 表面仕上げ装置の概要と表面仕上げ法

**4.1 表面仕上げ装置の概要** 円筒試験片の(外周)表面仕上げ装置は、旋盤・試験片取付け軸・AST式旋削工具動力計が組込まれたバイトホルダー・筆者らが設計・製作した単純な構造のバイトに相当するバフ布押付け治具と流動性火山灰を供給する滴下式オイルなどで構成した。

**4.2 表面仕上げ実験の方法** 浸炭焼入れ鋼円筒試験片の表面とバフ布が弾性的に線接触するように工夫し、表面仕上げは、旋盤の刃物台のハンドル送りを利用して円筒試験片の表面にバフ布を押付け実施した。なお、試験片押付け治具は、送り方向(送り分力)にも移動させることとし、設定の押付け荷重(背分力: 39~360 N)はAST式旋削工具動力計を用いて調節した。また、安全上の問題から円筒試験片の回転数は、400 rpmとし、表面仕上げの時間は試験片ごとに可変とした。

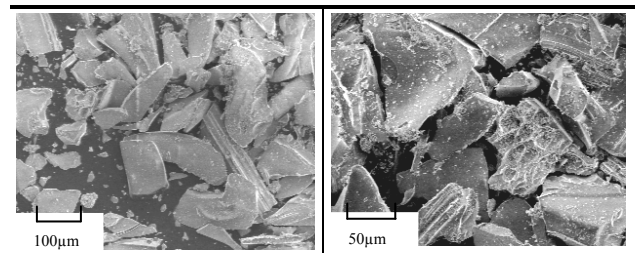


Fig.1 SEM micrographs of volcanic-ashes

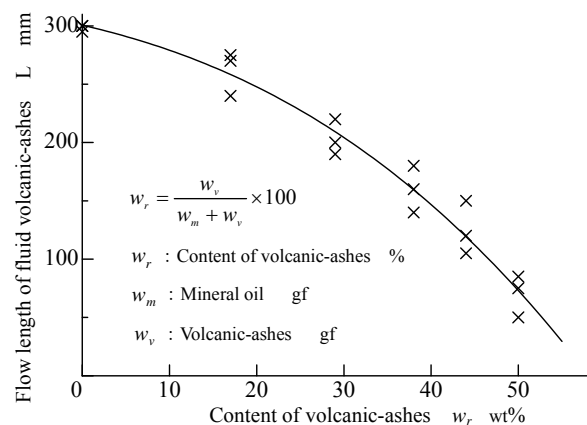
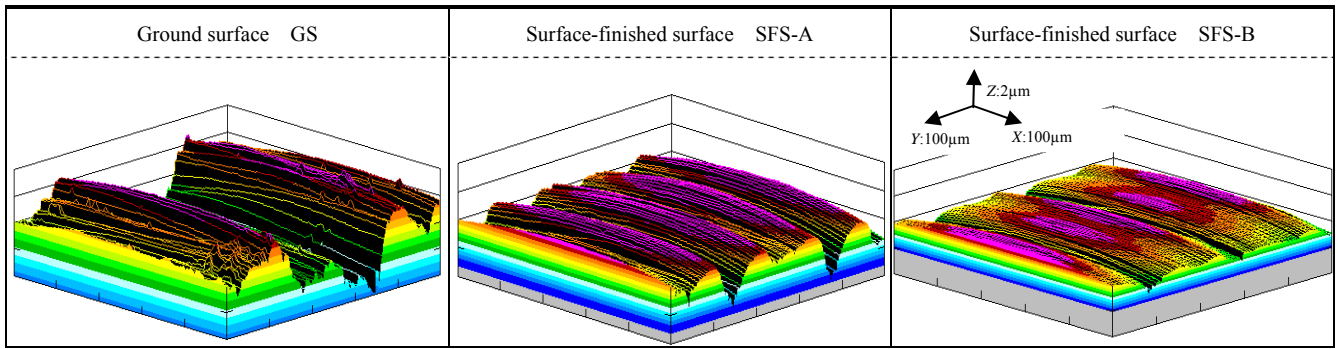


Fig.2 Flow property of various fluid volcanic-ashes (Oil temperature:  $T_0=300\text{K}$ )



X: Direction of grinding and surface-finishing, Y: Direction of axial in test roller, Z: Height on surface

Fig.3 Bird's eye views (X scan map) of ground and surface-finished surfaces (square region of 500μm)

## 5. 表面仕上げ実験の結果及び考察

**5.1 仕上げ面の状況** 円筒研削盤で仕上げられた研削面GSと流動性火山灰で仕上げられた2種類の仕上げ面SFS-A、仕上げ面SFS-Bの実体顕微鏡を用いた観察結果から、外観上、研削面GSの場合円周方向の研削目が明確なことで、仕上げ面SFS-Aの場合前加工の研削目の凸部が帯状に滑らかになること、仕上げ時間の長い仕上げ面SFS-Bの場合さらに帯状が広がることがわかった。したがって、試験片の外観上から、流動性火山灰を用いた表面仕上げ法は、定性的に800HV程度の非常に硬い表面を滑らかにすることがわかった。

**5.2 仕上げ面の三次元表面性状解析及び考察** 図3に、デジタル表面形状・粗さ測定機を用いて測定した研削面GS並びに仕上げ面SFS-Aと仕上げ面SFS-Bの代表的な微細形状を示す。ここで、図3において、各仕上げ面の測定面は、円周方向(X方向:研削方向並びに仕上げ方向)500μmとその直交方向(Y方向:回転軸方向)500μmの正方形とし、高さ方向倍率(Z方向)は、円周方向倍率(X方向)の20倍、回転角45°視点角45°の鳥瞰図(Xスキャン図)で表示している。図3などから、加工方向(円周方向)に直交方向の断面(Y方向)において、研削面GSの場合高さの異なる凸部と深さの異なる凹部が不規則なこと、仕上げ面SFS-Aの場合前加工の研削目の凹部が残存しているものの研削面GSに比べ凸部が低く一様に滑らかになること、仕上げ時間の長い仕上げ面SFS-Bの場合さらに凸部が低く滑らかになり凹凸の差も少なくなることがわかった。なお、仕上げ面の凸部が滑らかになることは、歯車対の歯面接触などの転がり滑り接触面において局所的な接触応力が緩和され、同一材料・同一熱処理で表面加工に着目した面圧強さの向上が期待できる。

**5.3 仕上げ面の二次元表面性状解析及び考察** 図4に、仕上げ前後の粗さパラメータを比較した結果を示す。ここで、図4において、表面粗さパラメータ<sup>(3)(4)</sup>は、JISに基づく定義に従い算出したもので、加工方向の直交方向に測定された輪郭曲線のうち粗さ曲線から求められた最大山高さ $R_p$ ・最大谷深さ $R_v$ ・最大高さ(最大高さ粗さ) $R_z$ で、各粗さパラメータの比 $R_p$ -ratio・ $R_v$ -ratio・ $R_z$ -ratioは、いずれも仕上げ前を基準とし、数値が小さいほど粗さパラメータの大きさも小さいことを表示している。図4から、仕上げ面SFS-Aと仕上げ面SFS-Bの場合、仕上げ後は、仕上げ前に比べ、最大山高さ $R_p$ で約50%と約30%、最大谷深さ $R_v$ で約70%と約50%、最大高さ $R_z$ で約60%と約40%となり、いずれも粗さパラメータの値の減少が認められた。

したがって、流動性火山灰を用いた仕上げ法は、粗さ曲線の谷(凹)部の最大深さを表す最大谷深さに比べ、山(凸)部の最大高さを表す最大山高さ $R_p$ (粗さ曲線における山頂の平均線からの最大高さ)を、特に大きく低減できること、また、結果として、最大高さ(最大高さ粗さ) $R_z$ を低減できることが定量的にわかった。

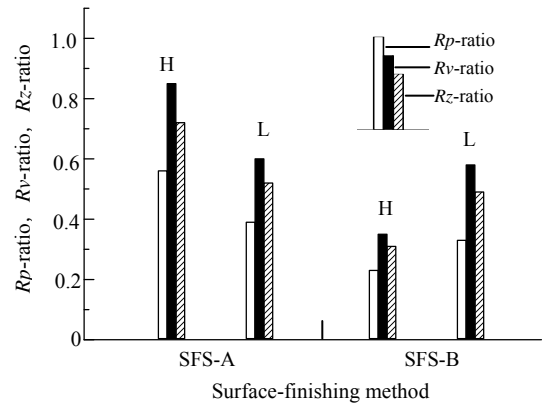


Fig.4 Roughness parameter ratio of roughness profile before and after finishing (H: High speed roller, L: Lower speed roller, R-ratio = R (after finishing)/ R (before finishing))

## 6. まとめ

本研究では、高強度歯車に用いられる浸炭焼入れ鋼を対象として、表面の凸部を滑らかにし、かつ、経済性と自然環境を考慮した加工法を開発する目的で、流動性火山灰を用いた表面仕上げ法を検討した。その結果、

- (1) 火山灰は、砥粒加工で用いられるシリカやアルミナを多く含むこと、
- (2) 火山灰は、鉱油に混ぜることで適切な流動性を持つこと、
- (3) 流動性火山灰を用いた表面仕上げ法は、浸炭焼入れ鋼の表面を簡便に滑らかにできること、

などがわかった。したがって、流動性火山灰を浸炭焼入れ鋼の表面仕上げに適用することは、表面性状の点から有用であることが確認できた。

終わりに、宮崎県工業技術センター並びに宮崎大学工学部ものづくり教育実践センター・機械システム工学科の各位のご援助・ご協力に対し感謝の意を表す。

## 文献

- (1) たとえば、東川隆英，“最近の歯車加工機と加工技術”，(日本機械学会) P-SCD359 歯車の高機能化と加工技術に関する調査分科会研究成果報告書，(2010-3)，pp.35-40，日本機械学会。
- (2) 日本工業規格，“試験用ふるい-第1部：金属製網ふるい”，JIS Z8801-1-2006 (2006-11)，pp.1-10，日本規格協会。
- (3) 日本工業規格，製品の幾何特性仕様(GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—用語，定義及び表面性状パラメータ JIS B0601-2001，(2001)，1-13，日本規格協会。
- (4) 日本工業規格，製品の幾何特性仕様(GPS)—表面性状：輪郭曲線方式—表面性状評価の方式及び手順 JIS B0633-2001，(2001)，1-11，日本規格協会。