

** 研究課題 **

高真空用歯車のトライボ性能評価

Evaluation of Tribological Performance of Gears in High Vacuum

表面改質ローラの高真空トライボロジー特性

Tribological Properties of Surface Modified Rollers in High Vacuum

改質表面の真空高温摩擦・摩耗特性

Friction and Wear of Modified Surface under High Temperature in Vacuum

表面改質機械要素の表面テクスチャー解析

Analyses of Surface Texture of Surface Modified Machine Elements

ウェーブレット変換を用いたトライボ表面解析

Tribo-surface Analyses by Wavelet Transform

プラズマ浸炭硬化粉末焼結歯車の疲れ強さと動的性能

Fatigue Strength and Dynamic Performances of Plasma Case-Hardened Sintered Gears

プラズマ浸炭硬化粉末焼結ローラの面圧強さ向上

Improvement of Surface Durability of Plasma Case-Hardened Sintered Rollers

ウェーブレット変換による歯車運転性能評価と歯車損傷診断

Evaluation of Operating Performance and Diagnosis of Tooth Surface Failure of Gears by Wavelet Transform

破壊力学に基づく転がり疲れ強さの評価

Evaluation of Rolling Contact Fatigue Strength Based on Fracture Mechanics

ショットピーニングローラの面圧強さに関する研究

Study on Surface Durability of Shot-Peened Rollers

** 研究報告 ** (11件)

イオン窒化粉末焼結ローラの面圧強さに及ぼす硬化層深さと相対曲率半径の影響

吉田彰, 大上祐司, 楊振亮, 玉置昌弘*, 烏野勇**

(*三菱石油エンジニアリング(株), **住友金属工業(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻629号, 300頁~306頁, 1999年1月

イオン窒化粉末焼結歯車の面圧強さと損傷形態の基礎データを得るために, 3種類の硬化層深さと2種類の直径を有するイオン窒化粉末焼結ローラを用いて, 滑り転がり接触条件下で疲れ試験を行った. 損傷形態はスポーリング損傷であった. 相対曲率半径が小さくなりかつ硬化層深さが深くなるにつれ, 面圧強さは上昇した. スポーリング損傷深さは硬さに対するせん断応力が最大となる深さに発生した. その硬さとせん断応力を用いて面圧強さを整理すると, 硬さの増加とともに面圧強さは増大した.

ウェーブレット変換を用いたローラ表面損傷診断に関する考察

(ピッチングとスポーリング損傷に起因する動的挙動の観察)

吉田彰, 大上祐司, 岡野隆男, 玉置昌弘*

(*三菱石油エンジニアリング(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻630号, 738頁~744頁, 1999年2月

ウェーブレット変換を用いて滑り転がり接触するローラ表面損傷診断を行った. ローラに負荷を与える張力棒のひずみをモニタリングし, そのひずみ波形をウェーブレット変換を用いて解析した. ローラ表面損傷の典型的な損傷例であるピッチングとスポーリングの両者の表面損傷診断を行った結果, 両者ともにその損傷が発生したローラ表面上の位置と損傷形態の種類を特定することができ, ウェーブレット変換はローラ表面損傷診断にとって有効な手法であることを示した.

Evaluation of Dynamic Performances of Sintered and Steel Spur Gears by Wavelet Transform

Akira Yoshida and Yuji Ohue

Proceedings of the 4th World Congress on Gearing and Power Transmission, Vol.2/3, pp.1537-1548, March 1999

In this study, an induction-hardened sintered spur gear was compared with an induction-hardened steel spur gear in terms of dynamic performance using a power circulating gear testing machine. The dynamic performances, which were tooth root strain, vibration acceleration of gear box and sound pressure near gear box, were measured at rotational speeds of 1600 rpm to 10000 rpm. The tooth root strain was analyzed at a time-frequency domain by wavelet transform. As the experimental results, the dynamic performance of the sintered gear was superior to that of the steel gear. Especially, at a rotational speed of 9000 rpm, the dynamic load of the sintered gear was about 0.8 times as high as that of the steel gear. The dynamic load does not include the information about the time, since the dynamic load was defined as the ratio of the maximum dynamic tooth root strain to the maximum static one. It can be considered that the information at the time-frequency domain of the tooth root strain is effective to discuss the damping characteristics of the material. Therefore, the tooth root strain was analyzed at a time-frequency domain by the wavelet transform. The wavelet transform is a kind of method on the time-frequency analysis. It was clear from the result of the time-frequency analysis of the tooth root strain that the damping characteristic of the sintered gear was superior to that of the steel gear.

表面改質された SUS440C 製平歯車の高真空中における摩擦・摩耗特性

吉田 彰, 藤井正浩, 原野智哉, 三浦健藏* (*三井造船(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻632号, 1661頁~1668頁, 1999年4月

本研究は、ステンレス鋼SUS440C製平歯車に無電解Ni-P合金めっき、浸硫処理およびSnめっき熱拡散処理を施し、 10^{-4} Paオーダーの高真空無潤滑下で歯車試験を行い、運転に伴う摩耗量、摩擦係数、歯形の変化を調べ比較検討するとともに、歯面摩擦係数が歯元ひずみに及ぼす影響を明らかにし、歯形と歯元ひずみの変化について検討を加えた。表面改質歯車の摩擦係数は未処理歯車より小さかった。Snめっき熱拡散処理の場合、低面圧、低速度条件の初期段階では摩擦係数は大きかったが、めっき層が一樣に摩耗した後は小さい摩擦係数を示した。浸硫処理の場合、運転初期で摩耗および摩擦係数は小さく、なじみも生じたが、浸硫層の摩耗は速かった。無電解Ni-P合金めっき処理の場合、運転初期の摩耗及び歯形の変化が大きかった。弾性解析の結果、平均歯面摩擦係数 0.2 ~ 0.6 の場合、最悪荷重点における計算歯元ひずみは摩擦係数の影響により約 10 ~ 30%増加した。

粉末焼結材の面圧強さと硬さとの関係

(高周波焼入れ粉末焼結歯車およびローラの場合)

吉田彰, 大上祐司, 楊振亮

日本機械学会論文集(C編), 65巻632号, 1621頁~1628頁, 1999年4月

高周波焼入れ粉末焼結歯車とローラの面圧強さと損傷深さの評価を行うために、面圧強さと硬さの関係を調べた。損傷形態は表面下の気孔を起点として発生するスポーリング損傷であり、その損傷深さは硬さに対するせん断応力の比が最大となる深さとよく一致した。面圧強さを硬さとせん断応力の関係で評価すると、気孔分布が同じであれば硬さが高くなるにつれ面圧強さが比例的に増す傾向にあった。しかし、気孔分布が異なると硬さと面圧強さの関係は一義的に定まらなかった。焼結材の面圧強さを設計する際には硬さだけでなく、気孔分布も考慮に入れた設計の重要性を示した。

表面改質ローラの高真空中における摩擦-摩耗(平歯車試験とローラ試験の比較)

吉田 彰, 藤井正浩, 原野智哉, 三浦健藏* (*三井造船(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻633号, 2034頁~2041頁, 1999年5月

本研究は、ステンレス鋼 SUS440C 製円筒に無電解 Ni-P 合金めっき、浸硫処理および Sn めっき熱拡散処理を施し、二円筒試験により高真空中の摩擦・摩耗特性を詳細に調べるとともに、同じ表面改質処理を施した平歯車を用いて行った歯車試験結果と比較検討を行い、二円筒試験と歯車試験の相関を調べた。表面改質円筒の摩擦係数は未処理円筒より小さかった。Sn めっき熱拡散処理の場合、摩耗粉の移着が生じやすい低面圧では、初期の摩擦係数が大きかったが、Sn めっき層の一樣摩耗後は摩擦低減効果が得られた。無電解 Ni-P 合金めっき処理の場合も、摩耗粉の移着が生じる低面圧では、初期の摩擦係数が大きかった。浸硫処理の場合、浸硫層の残存する運転初期で摩擦の低減効果が得られた。本表面改質により摩擦の低減効果は、歯車試験と二円筒試験で同様であったが、歯車試験の摩耗は大きかった。二円筒試験の摩擦・摩耗は摩耗粉の移着が生じやすい運転初期を除いて、歯車試験と同じ挙動を示した。

Akira Yoshida, Masahiro Fujii, and Tomoki Harano

Tribological Behaviors of Surface Modified Spur Gears in High Vacuum

Proceedings of Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol.6, pp.2530-2535, June 1999

To the machine elements operated under severe conditions such as high vacuum and non-lubrication, new materials and surface modifications have been developed and applied for the purpose of reducing the friction and wear. In order to investigate the friction and wear characteristics of surface modified spur gears made of stainless steel JIS SUS440C in high vacuum, gear tests were carried out under non-lubricating condition in vacuum to be on the order of 10^{-4} Pa.

In addition, the tribological behavior of the spur gear test was compared with that of the two-cylinder test. We employed here the electroless Ni-P alloy plating, sulfurizing and Sn plating with thermal diffusion as the surface modification treatments to the test gears and rollers for resisting wear and corrosion. The thickness of the modified layers were about 16 μm in Ni-P alloy plating, about 12 μm in sulfurizing and 10 μm in Sn plating. The friction coefficient of the surface modified gears was smaller than that of the non-coated gears. The initial friction of Sn plated gears increased under low pressure and low rotational speed conditions, where wear particles were transferred onto the friction surface. After Sn plated layer wore uniformly, the friction coefficient was the smallest by the lubricating effect of thermally diffused layer of Sn. The sulfurized layer contributed to the reduction of initial friction. However the friction behavior of sulfurized gears was the same as that of non-coated gears after the sulfurized layer wore completely. The friction behavior of Ni-P plated gears was the most stable in all the test gears. On the other hand, the wear amount and the tooth profile error of Ni-P plated gears were the largest of all the test gears. The initial friction in the two cylinder test was greater than that in the gear test in the cases of non-coating, Sn plating and Ni-P plating. However, where the sliding distance was large enough, the friction behavior in the gear test was similar to that in the two cylinder test.

Akira Yoshida and Masahiro Fujii

Tribological Characteristics of α -Sialon and Al_2O_3 at High Temperature

Proceedings of the International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics '99, Vol.2, pp.521-526, July 1999

The effect of environmental temperature on tribological characteristics of α -Sialon and alumina Al_2O_3 was investigated in a temperature range from room temperature to 1273 K in air and nitrogen. In the case of Sialon, the effect of the environmental temperature on the friction coefficient was not clearly observed, but the wear volume tended to increase with increasing the environmental temperature. In the case of Al_2O_3 , when testing in air at temperatures below 673 K, both the friction coefficient and the wear volume increased with increasing the environmental temperature, while when testing in nitrogen, the wear volume decreased with increasing the temperature. Tribological characteristics were affected by the formation of SiO_2 in the case of Sialon and by the humidity of the environmental atmosphere in the case of Al_2O_3 in a temperature range from room temperature to 673 K.

Evaluation of Surface Durability of Sintered Machine Elements under Sliding-Rolling Contact Condition Based on Fracture Mechanics

Akira Yoshida, Yuji Ohue* and Hiroshi Ishikawa* (*Kagawa University)

Proceedings of the International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics '99, Vol.2, pp.453-458, July 1999

In order to evaluate the surface durability of sintered machine elements, the fatigue lives of 28 kinds of sintered rollers under a sliding-rolling contact condition were estimated using the Paris's law based on the fracture mechanics. The fatigue tests were conducted using a two cylinders testing machine. The stress intensity factor for the mode II under a condition of Hertzian contact was calculated using FEM. The value of the stress intensity factor became larger as the crack length became longer, and the value of the stress intensity factor range was independent of the crack angle. It could be clarified that the fatigue lives of the sintered rollers depended on the pore diameter and the hardness. It was obvious that the pore distribution has to be taken into consideration to estimate the fatigue lives of the sintered rollers more precisely.

ウェーブレット変換を用いた歯車動的性能変化による歯面損傷診断

(歯面損傷診断に対するウェーブレット変換の有用性)

吉田彰, 大上祐司*, 木脇祐二**, 大西康資, 本郷俊明, 楊振亮

(*香川大学, **いすゞ自動車(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻636号, 3362頁~3367頁, 1999年8月

従来より装置の故障診断には高速フーリエ変換(FFT)が用いられてきた。しかし, FFTでは信号に含まれる瞬間的な変化をとらえることは困難である。そこで, 時間・周波数解析の手法の1つであるウェーブレット変換を用いて疲れ試験中の歯車動的性能を解析し, 歯車は面損傷診断に対するウェーブレット変換の有用性について検討した。その結果, FFTよりもウェーブレット変換を用いることで, 歯面損傷を早期に診断でき, 故障診断に対してウェーブレット変換は有用であることを示した。

イオン窒化粉末焼結ローラの面圧強さに及ぼす圧粉密度の影響

吉田彰, 大上祐司*, 楊振亮, 玉置昌弘**, 荒瀧拓之, 烏野勇***

(*香川大学, **三菱石油エンジニアリング(株), ***住友金属工業(株))

日本機械学会論文集(C編), 65巻639号, 4470頁~4475頁, 1999年11月

イオン窒化粉末焼結歯車の面圧強さと損傷形態の基礎データを得るために, 3種類の圧粉密度を有するイオン窒化粉末焼結ローラを用いて, 滑り転がり接触条件下で疲れ試験を行った。損傷形態はスポーリング損傷であった。圧粉密度が高くなるにつれ, 面圧強さは上昇した。圧粉密度の違いにより気孔分布が異なるため, 面圧強さを硬さだけで評価することはできなかったが, 硬さならびに気孔の大きさとフラクタル次元で表した気孔の密集度を用いれば, 面圧強さを評価できることを示した。

** 学術講演 ** (15件)

Szavai Szabolcs*, 吉田 彰, 藤井正浩 (*University of Miskolc, Hungary)

P-version FEM Models as a Possible Powerful Calculation Method of TEHD Problems

日本機械学会中国四国支部第 37 期総会・講演会講演論文集, No.995-1, 講演番号 210, 61 頁-62 頁
1999.3.8

吉田 彰, 藤井正浩, 原野智哉, 南條貴律

粒子分散 Ni-P 合金めっきローラの摩擦・摩耗 (高真空試験の場合)

日本機械学会中国四国支部第 37 期総会・講演会講演論文集, No.995-1, 講演番号 401, 123 頁-124 頁
1999.3.8

吉田 彰, 楊 振亮, 大上祐司

滑り転がり接触条件下におけるローラの面圧強さに及ぼす熱応力と残留応力の影響

日本機械学会中国四国支部第 37 期総会・講演会講演論文集, No.995-1, 講演番号 402, 125 頁-126 頁
1999.3.8

Akira Yoshida, Yuji Ohue

Evaluation of Dynamic Performances of Sintered and Steel Spur Gear by

Wavelet Transform

Proceedings of the 4th World Congress on Gearing and Power Transmission, Vol.2/3, pp.1537-1548, 1999.3.18

吉田 彰, 藤井正浩, 柳井寛之輔, 松尾浩平* (* (株)ジャパンエナジー)

転がり疲れに及ぼす ATF 性状の影響

日本設計工学会中国支部講演論文集, No.17, 25 頁-28 頁 1999.6.5

Akira Yoshida, Masahiro Fujii, and Tomoki Harano

Tribological Behaviors of Surface Modified Spur Gears in High Vacuum

Proceedings of Tenth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol.6, pp.2530-2535, 1999.6.23

Akira Yoshida, and Masahiro Fujii

Tribological Characteristics of α -Sialon and Al_2O_3 at High Temperature

Proceedings of the International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics '99, Vol.2, pp.521-526, 1999.7.22

Akira Yoshida, Yuji Ohue* and Hiroshi Ishikawa* (* Kagawa University)

Evaluation of Surface Durability of Sintered Machine Elements under Sliding-Rolling Contact Condition Based on Fracture Mechanics

Proceedings of the International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics '99, Vol. 2, pp.453-458, 1999.7.23

大上祐司*, 吉田 彰, 本郷俊明 (* 香川大学)

ウェーブレット変換を用いた焼結歯車と鋼製歯車の動的性能比較

精密工学会第 4 回知能メカトロニクスワークショップ講演論文集, 講演番号 FB11, 203 頁-208 頁 1999.9.3

吉田 彰, 藤井正浩, 原野智哉

二円筒試験による粒子分散めっきの高真空中摩擦・摩耗評価

トライボロジー会議予稿集 高松 1999-10, 講演番号 A22, 43 頁-44 頁 1999.10.28

吉田 彰, 藤井正浩, 赤木康宏, 本多康洋, 長澤和毅*, 階戸秀雄*, 半田正樹* (川崎重工(株))

航空宇宙用材料の真空高温摩擦・摩耗特性

トライボロジー会議予稿集 高松 1999-10, 講演番号 C23, 237 頁-238 頁 1999.10.28

大上祐司*, 吉田 彰, 池川泰造**, 關 正憲 (*香川大学, **松下寿電子工業(株))

表面硬化焼結ローラの転がり疲れ寿命評価

日本トライボロジー学会 トライボロジー会議予稿集, 講演番号 E36, 449 頁-450 頁 1999.10.29

吉田 彰, 大上祐司*, 小西大二郎**, 關 正憲, 藤永 宏 (*香川大学, **津山工業高等専門学校)
浸炭硬化ローラの転がり疲れ強さ向上法に関する研究 (各種ショットピーニング条件の影響)
日本トライボロジー学会 トライボロジー会議予稿集, 講演番号 E37, 451 頁-452 頁 1999.10.29

吉田 彰, 藤井正浩, 赤木康宏, 本多康洋, 長澤和毅*, 階戸秀雄*, 半田正樹* (川崎重工(株))
航空用摺動材料の高温トライボロジー
日本機械学会第7回機械材料・材料加工技術講演会講演論文集, No.99-23, 講演番号 614, 241 頁-242 頁 1999.11.5

吉田 彰
歯車の材料と熱処理
講習会「最近の機器設計に必要な歯車技術の基礎から応用まで (基礎編)」教材, 日本機械学会, 33 頁-40 頁 1999.12.17

[** 総説・解説 ** \(1 件\)](#)

Pitting on Gear Tooth Flanks
Akira Yoshida
Japanese Journal of Tribology, Vol.43, No.2, pp.139-149, 1998

Basic factors related to pitting, that is, the tooth surface fatigue damage, were reviewed and recent studies of these factors were presented. Factors influencing the pitting development are numerous and a unified theory that explains the phenomena and its application to a design are not simple tasks. However, the theoretical explanation of different phenomena related to the development of pitting and many comprehensive studies in the future are essential for the establishment of effective equations for designs based on theory and experiment. The importance of studies of the tooth surface fatigue failure will continue growing because of the tendencies to make machines more compact, conserve energy, and reduce the environmental load. It has not been mentioned in this work but an increase of the pitting strength of the tooth surface by different treatments will become an important problem.