D4

スクライビングホイールで形成したディンプルテクスチャが混合潤滑摩擦係数に及ぼす影響

The Effect of Dimple Texture Produced by Scribing Wheel on the Mixed Lubrication Friction Coefficient

九工大（正）*西川 宏志　　三星ダイヤモンド（非）岩坪 佑磨　（非）大河内 学

Hiroshi Nishikawa*, Yuma Iwatsubo**, Manabu Okochi**

*Kyushu Institute of Technology, **Mitsuboshi Diamond Industrial

1. はじめに

表面テクスチャは潤滑下で相対運動する摺動面の摩擦・摩耗のコントロールに有効である．その加工方法には，機械加工によるものやレーザー加工，エッチングなど多くのものがあり，対象や運転状態等に応じて使われている．

本研究では，ガラスの切断に用いられるスクライビングホイールを用いてローラー表面に形成した打痕列によるディンプルテクスチャを用い，油膜挙動の観察および摩擦係数に及ぼす影響を調査したので報告する．

2. 実験方法

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す．ローラー（SUJ2）と円板からなる点接触下で実施した．円板は，油膜観察ではガラス，摩擦試験では SUJ2 製を使用した．ローラーは，直径 19 mm，軸と直交する曲率半径 80 mm である．荷重は 50 N でガラス円板と接触させた場合のヘルツ接触圧力は 0.52 GPa である．ガラス円板下面にクロム膜を蒸着し二色光干渉法で挙動を観察した．試料油には，CVT フルード NS-3（25˚C における大気圧下粘度 38 mPa s）を用い，油温 25±0.4℃で実施した．引き込み速度 $u_e = (u_D+u_R)/2$，滑り率 SRR = $(u_D-u_R)/u_e \times 100$ % と定義した．u_D, u_R は接触点における円板及びローラーの表面速度である．

Figure 2 にテクスチャ付与に用いた三星ダイヤモンド工業製スクライビングホイールを示す．ローラーに荷重 17.7 N でホイールを押付け，走行させることで打痕を形成した．ホイール稜線部の溝が R 型の Ryu®，U 型の Penett® の 2 種を使用した．打痕周辺に生じる盛り上がりは研磨により除去した．研磨後の Roller-R, P の表面および断面形状をそれぞれ Fig. 3, 4 に示す．

3. 結果及び考察

Figure 5 に Roller-R を用いた干渉像の時間変化を示す．(b) SRR 0%　つまり二面間に滑りがない場合は，打痕の下流近傍は打痕の影響を受け膜厚が低下するが，上流側には影響はみられない．(a) SRR +100% ではローラー表面が 1，円板表面が 3 の速度比で移動し，潤滑油は平均速度の 2 で接触域内を移動する [1]．膜厚低下部の面積は SRR 0% より広く，打痕による影響が大きいことがわかる．運動が進行し，打痕全体が接触域内に入った後は，打痕下流に厚膜が形成されていることがわかる．これは圧力により粘度が上昇したことでせん断流れが主になり二面の平均速度で潤滑油が移動するためである．すなわち，この条件では打痕が膜厚形成の阻害と供給の役割を果たしている．

打痕が接触域内外にまたがったときの模式図を Fig. 6 に示す．弾性流体潤滑下における接触域近傍上流では，くさび作用による圧力上昇により潤滑油の大きな粘度上昇が生じせん断流れが主となるため，油膜厚さが一定に保たれたまま接触域内を移動する．

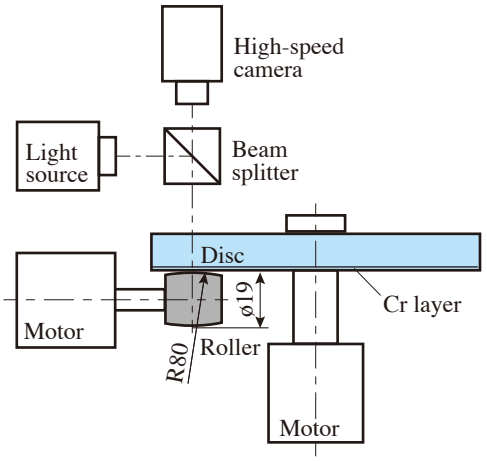

Fig. 1 Experimental apparatus

Material : PCD (Polycrystalline Diamond)
Diameter : 2 mm
Tip angle : 150 ˚
Notches : 100
Type : Ryu®, Penett®

Sorce : https://www.mitsuboshidiamond.com/product/tools/

Fig. 2 Scribing wheels

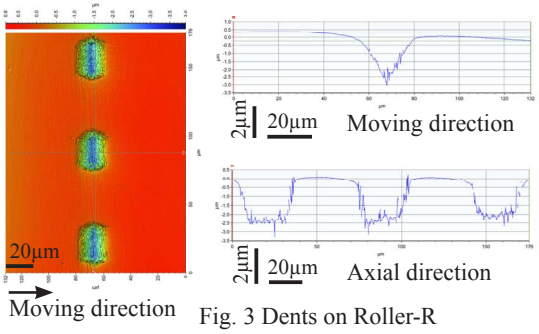

Fig. 3 Dents on Roller-R

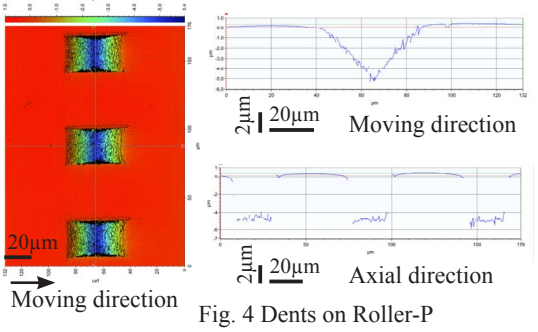

Fig. 4 Dents on Roller-P

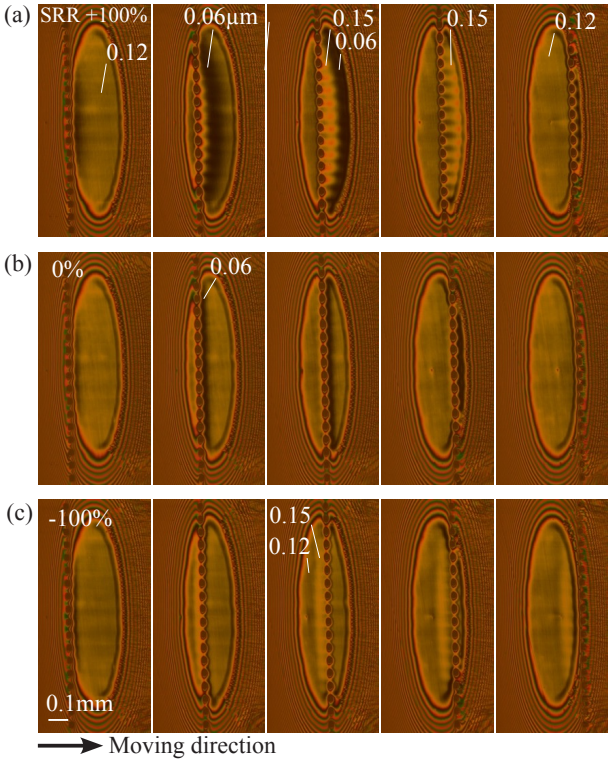

Fig. 5 Effect of SRR on oil film behaviour (Roller-R)

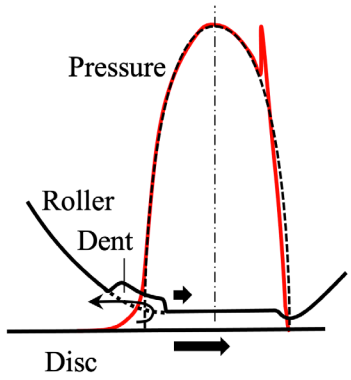

Fig. 6 Cross-section for SRR +100%

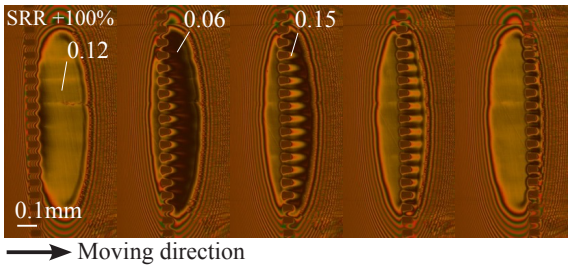

Fig.7 Oil film behaviour (Roller-P, SRR +100%)

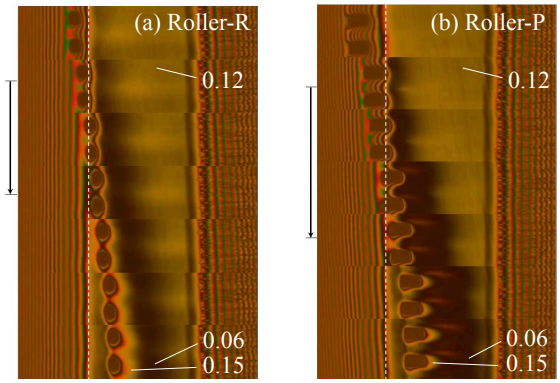

Fig. 8 Enlarged view at contact centre (SRR +100%)

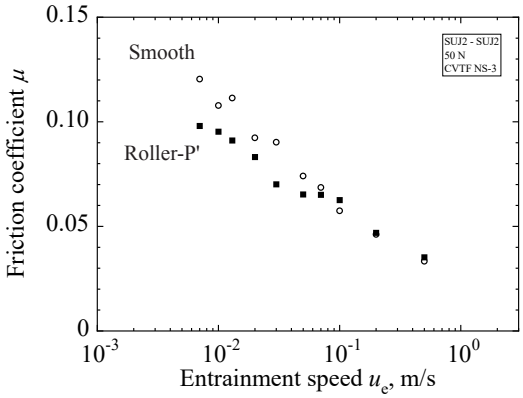

Fig. 9 Friction test (SRR -100%, vs. Rz 0.45μm SUJ2 Disc)

しかし打痕が接触域内外にまたがるときには逆流が生じてしまい、接触域内に入る油膜厚さが低下する．特に図示したローラーが相対的に遅い条件では，打痕が接触域端内外をつなぐ状態が長く続くためその影響は大きくなる．ローラー表面速度の方が速い Fig. 5 (c) SRR -100% の場合には，打痕が短時間で接触域端を通過するため膜厚が低下する面積が非常に小さい．また潤滑油移動速度はローラー表面速度の 2/3 であるため，打痕から供給された潤滑油は打痕の上流側の膜厚を厚くしている．すなわち打痕が平均膜厚の増加に最も寄与するのは Fig. 5 の 3 条件中では SRR -100% の場合である．

打痕が運動方向に長い Roller-P を用い SRR +100% で得られた干渉像を Fig.7 に示す．打痕が長いことで接触域端にまたがる時間が長くなるため薄膜面積が Roller-R よりも広くなることがわかる．Roller-R, P，SRR +100% の干渉像中央付近を時間経過順に並べたものを Fig. 8 に示す．Roller-P の方が薄膜面積が広くなるとともに，打痕が長いことで接触域内に完全に入るのが遅いため，打痕からの油膜供給開始が遅く，長い打痕は油膜形成に不利なことがわかる．

Figure 9 は，Roller-P の打痕列をローラー周囲に 200μm ピッチで配した Roller-P' での摩擦測定結果である．相手面は無方向研磨した SUJ2 円板で Rz 0.45μm，SRR は -100% である．混合潤滑下の試験であり，速度が速く形成膜厚が比較的厚い側では平滑表面の Roller の摩擦係数と差がないが，膜厚が薄く境界潤滑寄りの状態では Roller-P' の摩擦係数が 10-20% 低下しており，ディンプルからの潤滑油供給による摩擦低減効果が確認できる．本研究で用いた加工法はスクライビングホイール形状により打痕の 3 次元形状を正確にコントロールすることが可能であり，これを活用した表面テクスチャ形成への利用も期待される．

4. 結言

スクライビングホイールによって形成したディンプルテクスチャを有するローラーを用いて油膜観察，摩擦計測を行い，テクスチャによる摩擦低減効果およびそのメカニズムを明らかにした．

文献 1) Kaneta, M., Nishikawa, H.: Experimental study on microelastohydrodynamic lubrication. Proc. Inst. Mech. Eng. Part J J. Eng. Tribol. 213, 371–381 (1999)