

転がり軸受の損傷修復技術の開発

Study on the Repair Method of Surface Damage for Rolling Bearings

日本精工(株) (正)*児玉 春奈 (正)小林 大輔 (正)名取 理嗣 (正)小俣 弘樹

Haruna kodama*, Daisuke Kobayashi*, Masahide Natori*, Hiroki Komata*

*NSK Ltd.

1. はじめに

転がり軸受（以下、軸受）は、様々な産業機器の回転部に使われる重要な機械要素である。軸受が使用されると、はく離や摩耗など、使用環境によって様々な形態の損傷が生じる。損傷した軸受は一般的に交換、廃棄されるが、損傷部を修復し再利用することができれば環境負荷低減や省資源化に貢献することができる。

金属部品の修復・再利用技術は、一般的に大きく 2 つの手法に分けられる。1 つは使用済み部品の研削・研磨などの極表層除去加工による手直しと新品部品組み込みによる修復であり、もう 1 つは溶接や溶射などの肉盛り技術による修復である。軸受の損傷修復技術としては、極表面の転がり疲労に対しては前者が有効であり、はく離や摩耗等の表面損傷には後者が有効であると考えられる。

肉盛り技術の 1 つとして、レーザクラディング（Laser Cladding, LC）がある。この手法はレーザを照射しながら、金属粉末やワイヤーを供給し、母材と熔融させることで肉盛りをする技術である。短時間で局所的に加熱するため、母材成分の希釈や熱影響を抑えることができる²⁾。特に、金属粉末供給による LC 加工は、粉末供給量の制御をすることで、より低い希釈率での肉盛りが可能であると考えられている³⁾。

そこで、本研究では軸受の表面損傷を修復する手法として金属粉末供給による LC 加工に着目した。はく離が生じた軸受軌道面に対し、LC 加工を施し、転がり疲労試験を実施することで、LC 加工が軸受の損傷修復手法として有効であるかを検討した。

2. 実験方法

転がり疲労試験の試験軸受にはスラスト玉軸受 51305（JIS-SUJ2 製）を用いた。Fig. 1（a）に示すように、新品の軸受を用いて転がり疲労試験を実施し、軌道面に複数のはく離を生じさせた。表面損傷品を脱脂、洗浄後、軌道面全周にわたって LC 加工を施した。LC 後の軸受を Fig. 1（b）に示す。LC 用粉末には Hōganās 社製のハイス鋼粉末 M2（150-53 μm）を使用した。Table 1 に LC 加工条件を示す。LC 加工後、軌道面を研磨することで軸受としての形状を得た。研磨後の軸受（LC 修復軸受）を Fig. 1（c）に示す。

LC 修復軸受と、比較として新品のスラスト玉軸受を使用し、転がり疲労試験を実施した。疲労試験は Table 2 に示す試験条件にて実施し、試験を加速するため、異物を混入させた潤滑油を用いた。軸受の振動加速度が初期振動値の 2 倍まで上昇した段階で試験を停止し、軌道面にはく離が生じているのを確認した時間を転がり疲れ寿命とした。なお、試験時間 300 h を経過してもはく離しない場合は試験を打ち切りとした。

Table 1 LC conditions

Laser nozzle size, mm	5×5
Laser output, kW	3.5
Powder feed rate, g/min	12.6
Processing speed, mm/s	20

Table 2 Conditions of rolling contact fatigue test

Maximum contact pressure, GPa	2.5
Rotating speed, min-1	1000
Lubricant	ISO-VG68
Debris hardness, HV	870
Debris size, μm	74-147

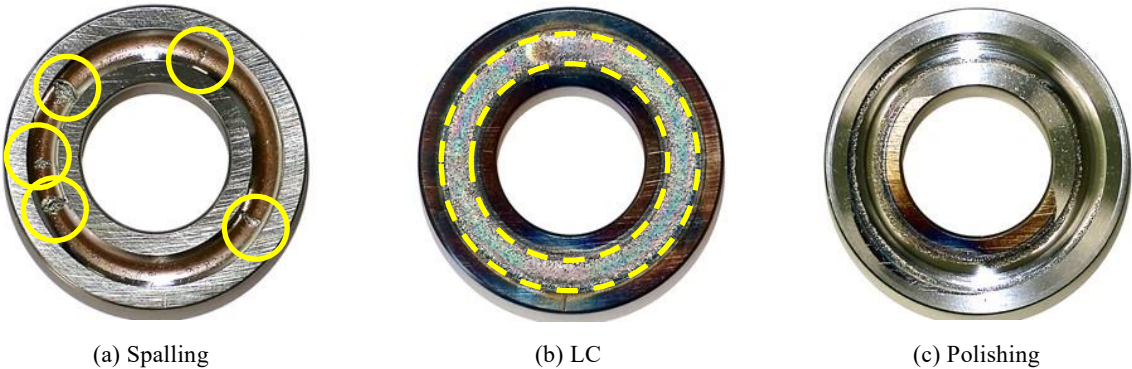


Fig. 1 Laser cladding applied to thrust ball bearing

3. 実験結果および考察

LC 加工後の断面組織を Fig. 2 に示す。LC 加工によってハイス鋼粉末と基材が熔融し、はく離部が修復されている。LC 加工後の内部の材質および組織の状態の模式図を Fig. 3 に示す。表層からハイス鋼粉末による肉盛層、基材とハイス鋼が混合している混合層、熱影響層、母層で構成されている。熱影響層には、レーザ照射により焼入れ温度以上、融点未満の温度に加熱された再焼入れ層と、再焼入れ層の直下に焼入れ温度未満に加熱された焼戻り層が認められた。

LC 加工後の軌道面表面から内部深さ方向のビッカース硬さを Fig. 4 に示す。内部の材質および組織の変化に伴って硬さが変化しており、ハイス鋼である肉盛層は 750-800 HV と非常に硬く、基材の混合によって約 700 HV まで低下している。基材の熱影響層のうち再焼入れ層においては約 800 HV であり、母層硬さ（650 HV）と比較して大幅に硬さが増加していた。一方、焼戻り層においては約 500 HV まで低下していた。

異物混入潤滑下での転がり疲労試験の結果を Fig. 5 に示す。横軸は転がり疲れ寿命（時間）を、縦軸には累積破損確率（%）を表している。LC 修復軸受は 1 個が破損、3 個が 300 h で打ち切りとなった。一方、比較品である新品の軸受は 4 個が破損、1 個が打ち切りであった。以上の結果から、LC 修復軸受の転がり疲労寿命は新品同等以上であることが認められた。本試験において LC 修復軸受が長寿命であった要因の 1 つとして、ハイス鋼の硬質な肉盛層が潤滑油に混入させた異物による圧痕の生成を抑制させたことが考えられる。また、肉盛層と基材が完全に熔融しており、十分な密着性であったことが示唆された。

4. おわりに

本研究では、表面損傷した軌道面を LC 加工した軸受に対し、転がり疲労寿命を評価した。その結果、LC 加工によって表面損傷は修復され、LC 修復軸受は比較品である新品の軸受と比較して長寿命であった。以上から、LC は軸受の表面損傷修復技術として有効であることが検証された。

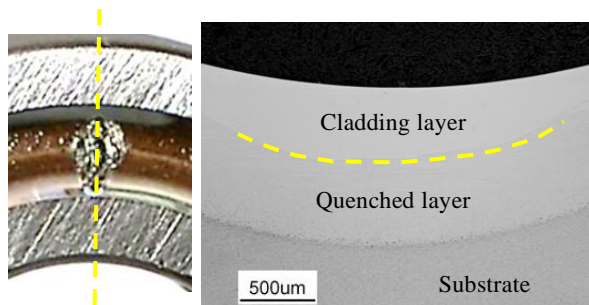


Fig. 2 Cross-sectional image after LC

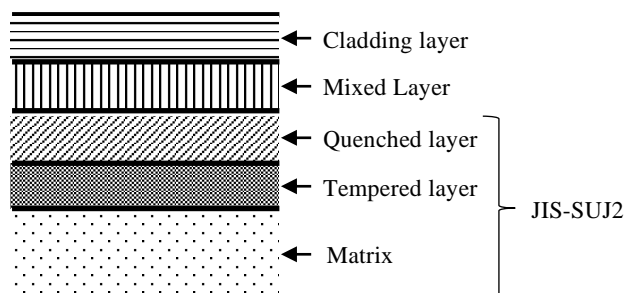


Fig. 3 Schematic of layers with LC

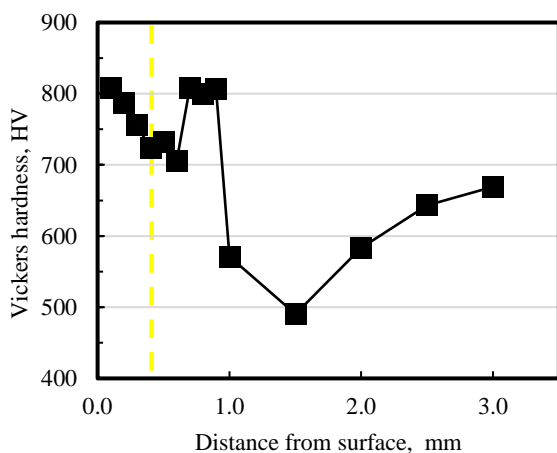


Fig. 4 Hardness distribution

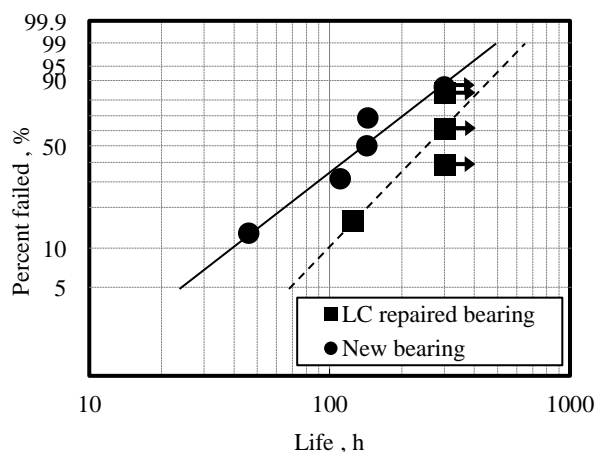


Fig. 5 Results of rolling contact fatigue

文献

- 1) 伊藤・稲田・荒井・福士・横田・水津：レーザメタル積層法により肉盛り補修されたステンレス鋼の高温引張・疲労強度特性，日本機械学会論文集，87，898 (2021) 21.
- 2) Abdulrahman, K.O., Akinlabi, E.T. & Mahamood, R.M. : Laser metal deposition technique: sustainability and environmental impact, Procedia Manufacturing, 21 (2018), 109-116.
- 3) 久米：レーザ 3 次元肉盛り装置による金型補修技術，日本塑性加工学会会報誌，3，34 (2020) 22-26.