

要 旨

ショットピーニングは、歯車の高強度化のために有効とされているが、その強化機構の解明は不十分であり、特に、焼結歯車に対するショットピーニングの効果は、未だ研究されていないのが現状である。鋼歯車を焼結歯車に置き換えることができれば、生産性、精度、コストの点で極めて有利であることから、ショットピーニングによる焼結歯車の強化方法を確立することは、工業的に非常に重要な課題である。本研究は、焼結歯車および鋼歯車の面圧強さに及ぼすショットピーニングの影響に関する研究を纏めたものであり、得られた成果は以下のとおりである。

1. ショットピーニング条件、すなわち、ショットの投射速度、粒径、硬さ、および投射時間と、材料表面近傍の硬さ分布、圧縮残留応力分布、表面粗さ、および焼結材料中の気孔分布の関係を明らかにし、ショットピーニングにより材料表面近傍の硬さ、圧縮残留応力が増大するとともに、表面粗さも増大することを見出している。
2. 焼結歯車の損傷形態は、表面き裂発生に起因するピッチング損傷であるが、ショットピーニングを施した場合には、表面下き裂発生に起因するスポーリング損傷となることを見出し、焼結歯車の損傷機構を解明している。また、表面粗さ、気孔形状と面圧強さの関係から、焼結歯車の面圧強さを向上させる条件を明らかにしている。
3. 鋼ローラのスポーリング強さは、強いショットピーニング条件で向上し、ピッチング強さは、弱い条件で向上するのに対し、鋼歯車の面圧強さには、中間領域に最適条件が存在することを明らかにしており、鋼歯車のショットピーニングによって、さらなる高強度化を図るために、基礎的な価値のある知見が得られている。
4. 硬さに対する応力の振幅極大値と疲れ寿命の関係から、硬さ、圧縮残留応力、表面粗さの中で面圧強さに支配的に影響を及ぼす因子の解明に成功している。すなわち、焼結ローラおよび焼結歯車の面圧強さには表面粗さが大きく影響し、鋼ローラのピッチング強さならびに鋼歯車の面圧強さには、硬さならびに表面粗さが大きく影響する。

以上のように、本論文は、焼結歯車および鋼歯車の面圧強さに及ぼすショットピーニングの影響と強度の決定機構を解明するとともに、ショットピーニングによる焼結歯車の強化条件を明示している。これらの知見は、焼結歯車や鋼歯車にショットピーニングを施す場合の面圧強さ設計の指針を与えるものであり、学問的・工業的に高く評価される。

目 次

第1章 緒 論	1
参考文献	7
第2章 ショットピーニングを施したローラと歯車の表面性状	11
2.1 緒 言	11
2.2 試験ローラと試験歯車	12
2.2.1 試験ローラ	12
2.2.2 試験歯車	16
2.3 ショットピーニング条件と表面性状に及ぼす影響	20
2.3.1 ショットピーニング条件	20
2.3.2 硬さ	23
2.3.3 残留応力	28
2.3.4 表面粗さ	35
2.3.5 気孔分布	47
2.4 結 言	50
参考文献	51
第3章 ローラおよび歯車の疲れ試験方法	53
3.1 緒 言	53
3.2 疲れ試験方法	54
3.2.1 ローラの転がり疲れ試験	54
3.2.2 歯車の運転疲れ試験	58
3.3 理論最小油膜厚さと D 値	63
3.3.1 焼結ローラおよび焼結歯車の計算結果	63
3.3.2 鋼ローラおよび鋼歯車の計算結果	67
3.4 ローラおよび歯車の損傷形態	71
3.5 結 言	72
参考文献	74

第4章 プラズマ浸炭硬化焼結ローラおよび歯車の面圧強さ	75
4.1 緒言	75
4.2 焼結ローラの面圧強さと損傷形態	76
4.2.1 面圧強さ	76
4.2.2 損傷形態	79
4.2.3 ローラの損傷過程	82
4.2.4 面圧強さとローラ側面硬さの関係	82
4.3 面圧強さとローラ直径の関係	86
4.4 焼結歯車の面圧強さと損傷形態	88
4.4.1 面圧強さ	88
4.4.2 損傷形態	94
4.4.3 歯車の損傷過程	96
4.5 焼結ローラと焼結歯車の面圧強さの比較	96
4.6 結言	100
参考文献	102
第5章 浸炭硬化鋼ローラおよび歯車の面圧強さ	103
5.1 緒言	103
5.2 鋼ローラの面圧強さと損傷形態（スポーリングの場合）	104
5.2.1 スポーリング強さ	104
5.2.2 損傷形態	107
5.2.3 ローラの損傷過程	108
5.2.4 スポーリング強さとローラ側面硬さの関係	114
5.3 鋼ローラの面圧強さと損傷形態（ピッチングの場合）	115
5.3.1 ピッチング強さ	115
5.3.2 損傷形態	116
5.3.3 ローラの損傷過程	118
5.4 焼結ローラと鋼ローラの面圧強さの比較	123
5.5 鋼ローラのスポーリング強さとピッチング強さの比較	124

5.6 鋼歯車の面圧強さと損傷形態	125
5.6.1 面圧強さ	125
5.6.2 損傷形態	127
5.6.3 歯車の損傷過程	130
5.6.4 動的性能	134
5.7 鋼ローラと鋼歯車の面圧強さの比較	139
5.8 焼結歯車と鋼歯車の面圧強さの比較	141
5.9 結 言	141
参考文献	143

第6章 硬さと応力による面圧強さの評価	145
6.1 緒 言	145
6.2 ヘルツ接触表面下の応力分布	145
6.2.1 内部応力の理論解析	145
6.2.2 理論解析による内部応力分布の計算結果	153
6.2.3 有限要素法による内部応力分布の計算結果	158
6.3 硬さとせん断応力によるスポーリング強さの評価	160
6.3.1 硬さに対するせん断応力の比の算出	160
6.3.2 スポーリング損傷深さの評価	161
6.3.3 スポーリング強さの評価	167
6.4 硬さと垂直応力によるピッチング強さの評価	175
6.4.1 硬さに対する垂直応力の比の算出	175
6.4.2 ピッチング強さの評価	176
6.5 結 言	180
参考文献	182

第7章 総 括	183
---------	-----

謝 辞	187
-----	-----