

歯車損傷大全 目次

歯車の損傷の定義には、外観によるものと発生原因によるものとが混在している。本書では、前歯車損傷図鑑の編集方針を引き継ぎ、損傷の発展経緯を反映できるように、運転前欠陥、正常摩耗、損傷の兆候、損傷、という章節項の配列とした。その結果、本書の内容は次の目次の構成のように配列されている。

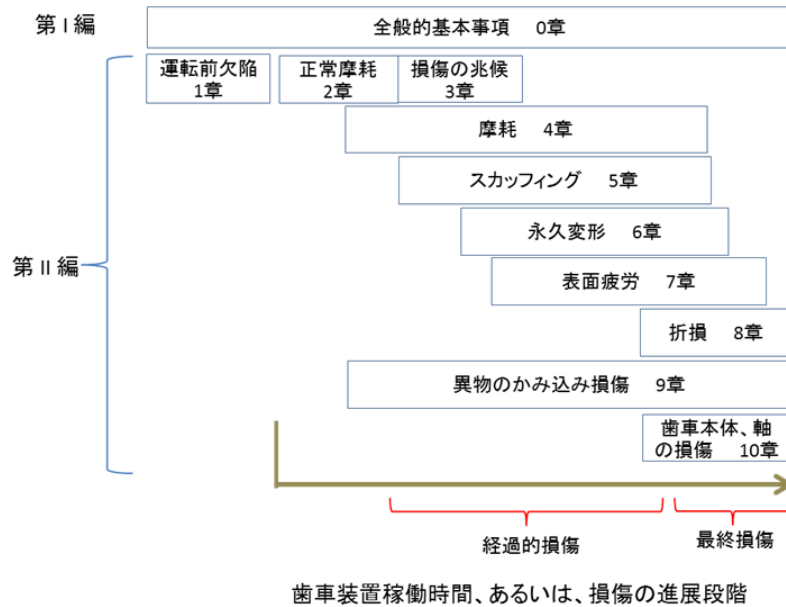


図. 歯車損傷大全の構成

歯車損傷大全 巻頭言	.....	i
第 I 編		
0. 序論- 社会環境と機械技術者の基本的態度 (Basic attitude of mechanical engineer)	.....	1
0.1 トラブルシューティングの手順 (Procedure of gear trouble shooting)	.....	5
0.2 強い鉄を作るための基本的な方法と現実の問題 (Principle to make strong steel and practical problems)	.....	9
0.3 疲労と損傷起点の発生の取り扱い (Way to treat fatigue failure and its initiating point)	.....	24
0.4 鋼並びにギヤブランクの製造工程 (Process of gear blank piece production)	.....	32
0.5 材料強度の経時変化 (Deterioration of material allowance due to operation)	.....	47
0.6 材料屋の材料強度と歯車屋の材料強度 (Material strength for metallurgists and for gear engineers)	.....	65
0.7 歯車負荷容量計算法 (Methods for prediction of load capacity of gears)	.....	69
0.8 トロコイド干渉と歯面強さ推定の有効範囲 (Trochoidal interference and scope of the prediction methods of tooth flank durability)	.....	74
0.9 自由端におけるヘルツ応力 (Contact stress induced at edges of surface)	.....	86

目次

0.10	摩耗粉の発生 (Generation of wear debris)	94
0.11	異物のかみ込みと歯面粗さ (Crash of foreign objects and surface roughness of tooth flank)	100
0.12	負荷される歯面材料の応力体積 (Stressed volume of tooth flank material)	106
0.13	歯面粗さとEHL油膜厚さ (Surface roughness and EHL film thickness)	111
0.14	写嘘 (Photograph of failed tooth)	118
0.15	X線残留応力測定 (Residual stress measured by X-ray diffraction)	130
0.16	鋼材の硬さとビッカース圧痕 (Hardness of steel and Vickers' indentation)	134
0.17	硬さのバラツキと鋼材品質 (Scattering of hardness and steel quality)	146
0.18	浸炭焼入れ歯車の硬さ (Hardness of case carburized gears)	163
0.19	高周波焼入れの難しさ (Demanding of know-how for good induction hardening)	177
0.20	内歯車の材料的問題 (Material problems of internal gear)	194
0.21	歯車損傷とトラブル シューティング (The trouble shooting of gear failure)	199
第 II 編		
1.	運転前欠陥 (Causes of failure in design and in production)	201
1.1	加工セッティング不良 (Inadequate setting of manufacturing machine)	201
1.1.1	歯元隅肉部への砥石接触の段差 (Notch due to grinding disk edge contact)	201
1.1.2	歯先面取りの不同 (Uneven amount of tooth tip chamfering)	201
1.1.3	歯車の偏心, ランナウト, 面ブレ (Eccentricity, run-out and tooth side fluttering)	202
1.2	仕上げ歯面の加工不良 (Mal-finishing of tooth flank)	204
1.2.1	ホブ切り目, むしれ, カッターマーク (Hobbing mark, Cold-adhesive scratch, Cutter mark)	204
1.2.2	マシニングセンタ制御加工目, カッターマーク (NC mark, Mill-cutter mark)	208
1.2.3	研削目, 表面粗さ (Grinding mark, Surface roughness)	210
1.2.4	ショットピーニングによる歯面の荒れ, 歯先のまくれ (Rough surface and tooth tip deformation due to shot peening)	211
1.2.5	切削焼け (Hard cut burn)	212
1.2.6	研削焼け (Grinding burn)	216
1.2.7	研削割れ (Grinding cracks)	220
1.2.8	歯車精度不足 (Shortage of gear accuracy)	225
1.3	設計指示, 製造時の問題 (Design or manufacturing failure)	230
1.3.1	歯元フィレット部の逃げ不足による相手歯先の干渉 (衝突) (Collision of mating tooth tip against tooth fillet)	230
1.3.2	加工によるバリ (Machining burr)	230
1.3.3	歯先稜角 (Tooth tip edge and chamfering)	231
1.3.4	歯側端角と面取り (Tooth side edge and chamfering)	234
1.3.5	微小モジュール歯車で中心距離の不良 (Improper center distance by very small module gears)	236
1.3.6	歯打ち, 部品の踊り, 重力の影響 (Tooth hammering, judder and gravity influence)	237
1.3.7	稼働時の熱膨張 (Thermal expansion in operation)	242

1.4	熱処理欠陥 (Defects by heat treatment)	243
1.4.1	焼割れ (Hardening cracks, Quenching cracks)	243
1.4.2	残留応力異常 (Abnormal residual stress)	244
1.4.3	角部過浸炭 (Over carburizing of tooth edge)	250
1.4.4	結晶粒の粗大化 (Grain growth)	252
1.4.5	浸炭異常層, 粒界異常 (Improper carburized layer and granular imperfection)	256
1.4.6	熱処理歪 (Distortion due to heat treatment)	259
1.4.7	窒化化合物層の剥離 (Peeling-off of nitrided epsilon layer)	260
1.4.8	置割れ (Delayed fracture)	262
1.5	材料欠陥 (Material defect)	263
1.5.1	偏析 (Segregation)	264
1.5.2	マイクロクラック, ボイドの存在 (Micro crack and void)	271
1.5.3	組織の不均一 (Uneven texture of material)	274
1.5.4	不純物, 介在物過多 (Impurity, inclusion)	279
1.6	過大応力負荷の前歴 (Stressed curriculum)	286
1.7	打痕, ハンドリング・輸送の傷 (Nick, Handling and transportation problem)	290
2.	正常摩耗 (Normal wear, Running-in wear)	293
2.1	軽度の摩耗 (Moderate wear)	299
2.2	ポリッシング (Polishing)	307
2.3	軽度の異物かみ込み, スクラッチング (Light crush of foreign objects, Scratching)	314
2.4	軽度のトロコイド干渉, 歯の側端接触摩耗 (Tooth edge contact and edge wear)	321
2.4.1	トロコイド干渉 (Trochoidal interference)	321
2.4.2	歯の側端接触 (Contact of tooth side edge)	328
3.	損傷の兆候 (Indication of failure)	331
3.1	歯面損傷と欠け (Tooth flank failure and chipping)	331
3.1.1	初期ピッチング (Initial pitting)	332
3.1.2	マイクロピッチングの初期状態 (Initial micro-pitting)	337
3.1.3	独立的マイクロピッチング (Independent micro-pits)	364
3.1.4	歯側端接触部ピット (Pitting due to tooth side edge contact)	369
3.1.5	歯側端マイクロチップング (Micro-chipping at tooth side edge)	376
3.1.6	歯先側端面内の欠け (Chipping at tooth side and at tooth tip edge)	379
3.1.7	歯打ち (Tooth hammering)	383
3.2	摩耗・熱的歯面損傷 (Wear and thermal failure)	389
3.2.1	スクラッチング, 軽度の異物のかみ込み (Scratching, Light crush of foreign objects)	389
3.2.2	トロコイド干渉による歯元摩耗 (Trochoidal interference wear)	410
3.2.3	歯先エッジの損傷 (Failure of tip edge)	422
3.2.4	背面干渉摩耗 (Non-backlash interference wear)	431

目次

3.2.5	歯側端接触部の凝着摩耗 (Adhesive wear due to tooth side edge contact)	434
3.2.6	スケーリング (Scaling)	445
3.2.7	焼け (Burning)	445
3.2.8	接触面の硬度低下 (Decrease of surface hardness)	450
3.2.9	熱割れ (Thermal cracks, Heat cracks)	453
3.2.10	熱亀裂 (Thermal cracks)	455
3.3	化学電気流体的歯面損傷と材料の劣化 (Electrochemical tooth flank failure and deterioration of surface material)	457
3.3.1	化学腐食 (Chemical corrosion)	457
3.3.2	フレッチングコロージョン (Fretting corrosion)	463
3.3.3	電食 (Electric erosion)	468
3.3.4	キャビテーションエロージョン (Cavitation erosion)	474
3.3.5	流体エロージョン (Hydraulic erosion)	475
3.4	亀裂 (Fissures and micro-cracks)	477
3.4.1	歯元疲労亀裂 (Fatigue cracks at tooth fillet)	477
3.4.2	ピッチ点付近疲労亀裂 (Fatigue cracks in pitch line zone)	484
3.4.3	ピッチング起点疲労亀裂 (Fatigue cracks from pitting)	486
3.4.4	スポーリング起点疲労亀裂 (Fatigue cracks from spalling)	487
3.4.5	フレッチング起点亀裂 (Fatigue cracks from fretting)	488
3.4.6	材料欠陥起点疲労亀裂 (Fatigue cracks from material defects)	490
3.4.7	歯側端面取り内疲労亀裂 (Fatigue cracks inside tooth side chamfer)	492
3.4.8	異物のかみ込みによる衝撃亀裂 (Collision cracks due to crush of foreign object)	496
4.	摩耗 (Wear)	501
4.1	アブレシブ摩耗 (Abrasive wear)	502
4.2	凝着摩耗 (Adhesive wear)	511
4.3	摩滅 (Wear out)	525
4.4	高温薄油膜摩耗 (High surface temperature thin oil film wear)	529
4.5	斑裂摩耗 (Rag wear)	537
4.6	干渉摩耗 (Interferential wear)	544
5.	スカuffィング, スコーリング (Scuffing, Scoring)	547
5.1	高温スカuffィング (Hot scuffing)	547
5.2	低温スカuffィング (Cold scuffing)	563
6.	永久変形 (Permanent deformations)	567
6.1	圧痕 (Indentation)	567
6.2	塑性変形 (Plastic deformation)	572
6.2.1	ローリングによる塑性変形 (Plastic deformation by rolling)	572

目次

6.2.2	歯の倒れ (Plastic leaning deformation of tooth)	575
6.2.3	歯面の圧壊 (Flank destruction)	576
6.3	リップリング (Rippling)	579
6.4	リッジング (Ridging)	584
6.5	バリ (Burrs)	587
6.6	熔融 (Fusion, Melting)	591
6.7	乗り上げ (Jamming)	596
7.	表面疲労 (Surface and subsurface fatigue)	601
7.1	ピッチング (Pitting)	604
7.1.1	進行性ピッチング (Progressive pitting)	619
7.1.2	ローラ試験機によるピッチングの観察 (Observation of pitting on disk machine)	627
7.2	トロコイド干渉に起因する損傷 (Failure due to trochoidal interference)	636
7.2.1	はずば歯車のかみ合い始め部の損傷 (Failure at the beginning part of tooth flank contact on strong helical gears)	636
7.2.2	歯すじクラウニング中央部歯元の損傷, 片当たり歯元の損傷 (Failure at middle of tooth width and tooth side end)	638
7.2.3	歯先の干渉接触 (Interference of tooth tip edge)	641
7.3	歯側端接触損傷 (Failure of tooth side edge)	645
7.4	マイクロピッチング (Micro-pitting)	651
7.5	フレーキング (Flaking, Flake pitting)	663
7.6	スポーリング (Spalling)	669
7.7	ケースクラッシング (Case crushing)	687
7.8	材料の組織変化型剥離と水素攻撃 (Hydrogen attack)	690
7.9	材料欠陥起点剥離 (Spalling due to material defects)	692
8.	折損 (Tooth breakage)	705
8.1	過負荷折損 (Overload breakage)	709
8.1.1	脆性破壊 (Brittle fracture)	709
8.1.2	延性破壊 (Ductile fracture)	713
8.1.3	半脆性破壊 (Semi-brittle fracture)	714
8.2	せん断折損 (Tooth shear)	716
8.3	塑性流動破断 (Breakage after plastic deformation, Smearred fracture)	720
8.4	疲労折損 (Fatigue breakage)	722
8.4.1	歯元曲げ疲労 (Bending fatigue)	722
8.4.2	表面疲労起点折損 (Breakage from surface fatigue)	733
8.4.3	材料欠陥起点折損 (Breakage from material defects)	735
8.4.4	歯底・リム折損 (Rim breakage, Breakage from the center of tooth bottom space)	741
8.4.5	キャップオフ損傷 (Cap-off failure)	750

目次

8.4.6	チッピング起点折損 (Breakage from chipping)	756
8.4.7	歯内部起点疲労損傷 (Tooth interior fatigue fracture: TIFF)	763
8.4.8	歯端部折損 (Tooth side end breakage)	774
8.4.9	衝撃折損 (Shock breakage)	777
8.4.10	熱処理不良に起因する折損 (Breakage due to heat treatment failure)	778
8.4.11	歯の遅れ破損 (Breakage due to residual damage)	783
8.5	歯の部分欠損 (Partial breakage of tooth)	785
9.	異物のかみ込み損傷 (FOD: Foreign object damage)	791
9.1	歯面へのかみ込み (Intrusion and crush of foreign objects)	795
9.1.1	かみ合い開始時のかみ込み (Intrusion at beginning of tooth meshing)	803
9.1.2	かみ合い終わり時のかみ込みと歯先チッピング (Intrusion at ending of tooth meshing, Chipping of tooth tip edge)	812
9.2	EP剤中のリンや硫黄成分の影響 (Influence of phosphorus and sulfur)	818
9.2.1	ギヤオイルの場合 (Influence for Gear oil)	819
9.2.2	ATFの場合 (Influence for ATF)	826
9.3	フレーキング, ケースクラッシュ, スポーリング的歯面剥離 (Lamellar separation of tooth flank)	833
9.4	歯頂部と歯底の間のかみ込み, 裏歯面へのかみ込み (Crush of Foreign object between tooth crest and tooth bottom)	837
9.5	微小モジュール歯車の歯の摩滅 (Wear-out of teeth of micro-module gears)	841
10.	歯車本体・軸の損傷 (Failure of gear body and shaft)	843
10.1	リムやウェブの亀裂 (Rim and web cracks)	843
10.2	軸の折損 (Shaft breakage)	847
11.	参考文献	851
12.	索引	853
