

回転機械における異常診断実施例

2010年2月5日

旭化成エンジニアリング株式会社
迫 孝司

1.1 ポンプ電動機軸受の損傷

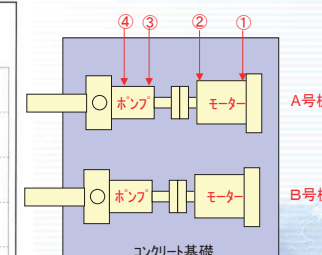
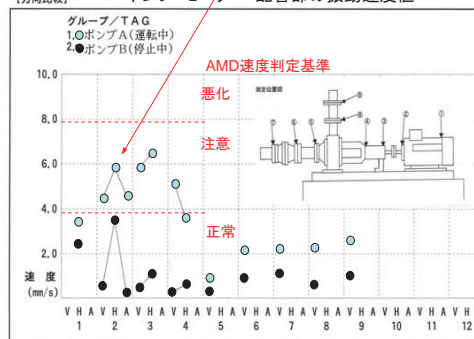
<診断目的>

あるポンプの電動機軸受の寿命が短く、10ヶ月程度しかもたない。現在も異音が生じており、その原因を究明するとともに、対策を検討する。

A号機: 5.8mm/s、B号機: 3.5mm/s

回転数: 2960rpm
電源周波数50Hz

ポンプ・モーター・配管部の振動速度値



同一基礎上に2台据えられている、切り替え運転のポンプ

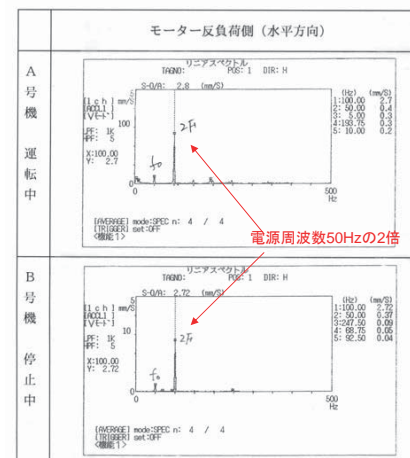
当該ポンプは弊社基準にて注意域にあり、特に停止しているポンプ電動機軸受部の速度値が高い。

1. 基礎劣化に起因する異常振動事例

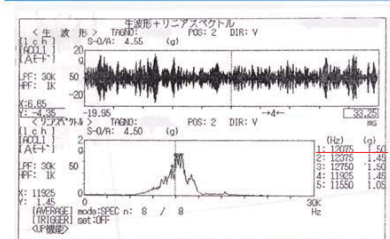
1.1 ポンプ電動機軸受の損傷

1.2 ポンプ軸受の損傷

モーター反負荷側の速度スペクトル



運転中のA号機における卓越周波数は電源周波数50Hzの2倍である100Hz(エアギャップ不均一による電磁振動)であり、停止しているB号機にも伝搬している。

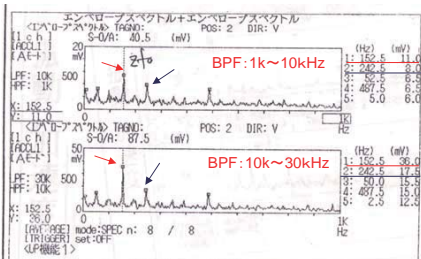


加速度波形と加速度スペクトル

- ①12kHz近傍の周波数が発生している
- ②エンベロープスペクトルでは152.5Hz(外輪キズ周波数)及び242.5Hz(内輪キズ周波数)が発生している

外輪と内輪レース面にキズが発生

何故、軸受にキズが発生するのか？



加速度エンベロープスペクトル

発生周波数計算結果

メーカ名	回転数	ベアリング型式	回転径(mm)	ピッチ径(mm)	接触角(度)
N S K	2960	6312	22.200	95.000	.000

周波数	主軸(Hz)	内輪(Zf1)	外輪(Zfo)	玉ローラ(fb)
f×1	49.33	243.43	151.20	99.78
f×2	98.66	486.86	302.41	199.56
f×3	148.00	730.34	453.65	299.37
f×4	197.33	973.77	604.86	399.15
f×5	246.66	1217.20	756.07	498.94
f×6	296.00	1460.68	907.31	598.74
f×7	345.33	1704.11	1058.52	698.53
f×8	394.66	1947.54	1209.73	798.31
f×9	444.00	2191.02	1360.97	898.12
f×10	493.33	2434.45	1512.18	997.90

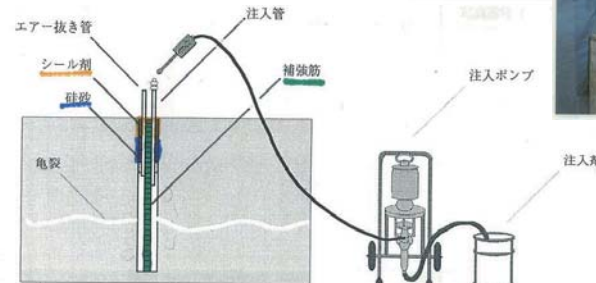
発生周波数計算結果

エポキシ樹脂注入工法による基礎改善工事の実施

コア抜き



コア抜き孔への補強筋セット

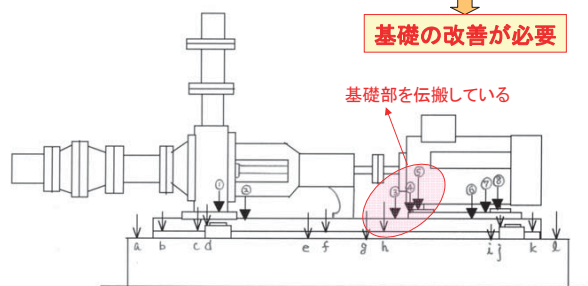


基礎・ベース周りの振動速度値

基礎部を伝搬して、停止している電動機側の軸受に圧痕が発生し、運転に切り替えた場合にこの圧痕を基点にフレーキングへ進展するものと判断

基礎の改善が必要

測定位置図



mm/s	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
A号機: 運転	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	1.2	0.6	3.9	0.5	1.3	1.6	0.5
B号機: 停止	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1.1	0.4	0.7	0.5	0.5

mm/s	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
A号機: 運転	0.7	0.7	3.7	3.4	2.8	1.3	1.3	1.9
B号機: 停止	0.2	0.3	1.1	1.3	1	0.7	1	0.7

基礎部状況



空割が認められます。

コンクリート基礎内部(イメージスコープ検査)



採取コア

改善後の状況

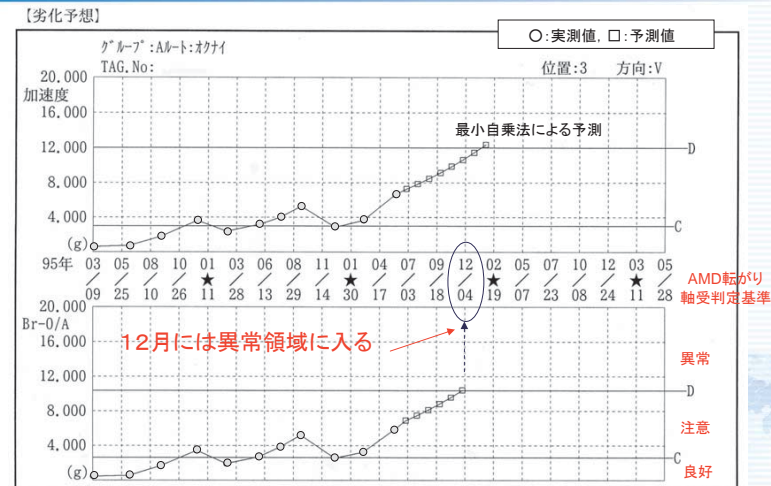
・振動値が良好域へ低下し、安定運転を継続中。



- ①毎年行っていた軸受交換作業が不要となった(軸受寿命の延長)。
- ②毎回時間がかかっていたカップリングの芯出し作業がスムーズとなった。

基礎部は、機械屋も電気屋もメンテナンスを実施していない為、盲点となる事が多い。

加速度、Br加速度における寿命予測結果

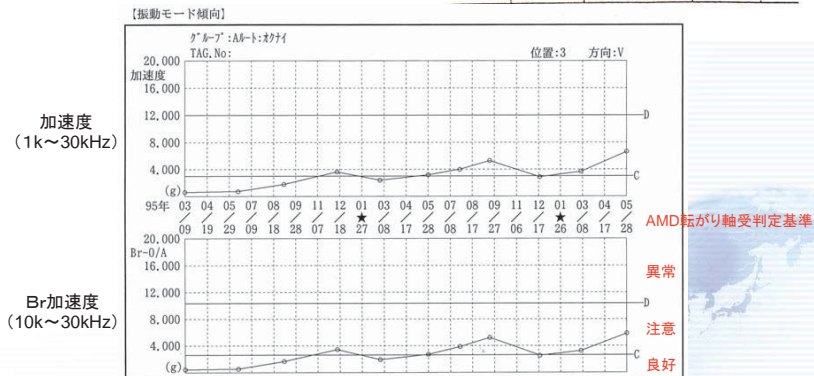
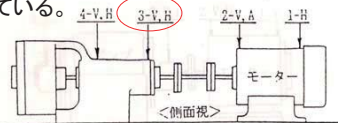


余寿命予測にて12月には異常領域に入るとの事より、12月に予定している定修にて軸受交換を提案

1.2 ポンプ軸受の損傷

振動傾向管理において、ポンプ駆動側の軸受部(Pos③)の加速度値に上昇傾向が見られ、注意領域に入りさらに上昇傾向を示している。

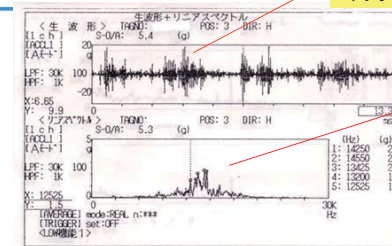
回転数:3566rpm
 軸受型式:6312



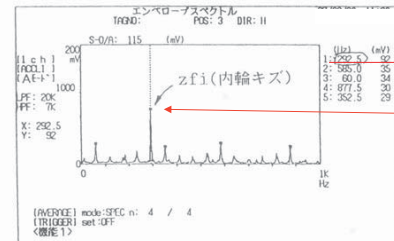
ポンプ駆動側軸受における加速度値の推移
 Copyright© 2008 Asahi Kasei Engineering Corporation. All Rights Reserved. AsahiKASEI

精密診断結果

衝撃波形(突発型)の発生



加速度波形及び加速度スペクトル



加速度エンベロップスペクトル(BPF7k~20kHz)

発生周波数計算結果

要素名	回転数	軸受外径(mm)	ヒップ径(mm)	接触角(度)
KOYO	3566	22.200	96.000	0.000
タイプ/型式	8			
6312				

周波数	1軸(1x)	2軸(2x)	外輪(2f)	玉のう(1f)
f × 1	59.43	297.27	182.74	121.62
f × 2	118.86	594.54	365.49	243.25
f × 3	178.30	891.81	548.23	364.89
f × 4	237.73	1189.08	731.01	486.52
f × 5	297.16	1486.35	913.76	608.14
f × 6	356.60	1783.62	1096.51	729.77
f × 7	416.03	2080.89	1279.25	851.40
f × 8	475.46	2378.16	1462.03	973.03
f × 9	534.90	2675.43	1644.77	1094.66
f × 10	594.33	2972.70	1827.51	1216.29

精密診断の結果、軸受内輪に傷が発生していることがわかった。
 余寿命予測結果から、このままでは12月には要処置域(異常)に上昇する



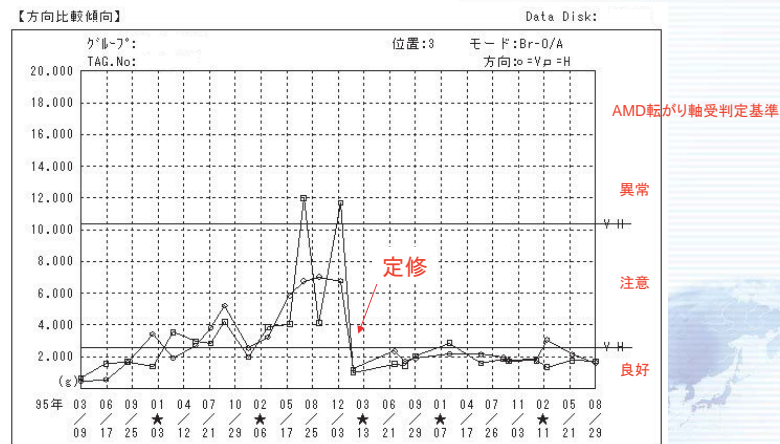
12月定修時に軸受交換を計画



軸受に傷が発生した根本原因(真の原因)は何なのか？

定修後の振動値

定修時に再発防止策として、エポキシ樹脂圧入工法による基礎改善工事や配管支持強度の向上を実施した → 定修後は、良好域で推移



Br加速度(10k~30kHz)の推移

軸受開放結果(フォールスプリネリングの発生)



内輪レース面に多数のキズが発生

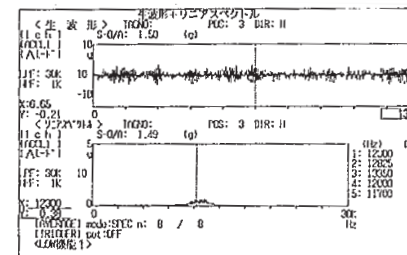
フォールスプリネリングの発生
 (転がり疲労はく離などではない)

停止時に発生したキズ(伝搬振動による)と判断

定修後の精密診断結果

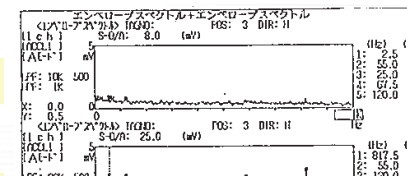
定修後は加速度レベルが低下し、周期性も見られなくなっている。

加速度波形

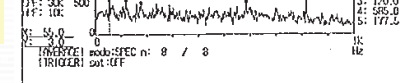


加速度スペクトル
 (1k~30kHz)

加速度エンベロップスペクトル
 (1k~10kHz)



加速度エンベロップスペクトル
 (10k~30kHz)



2. サイクロ減速機の診断事例

2.1 造粒機用横型サイクロ減速機

2.2 攪拌機用縦型サイクロ減速機

<本サイクロ減速機から発生する周波数>

入力軸(高速軸)回転周波数 f_H : 16.7Hz

出力軸(低速軸)回転周波数 f_L : 0.57Hz

曲線板噛み合い周波数

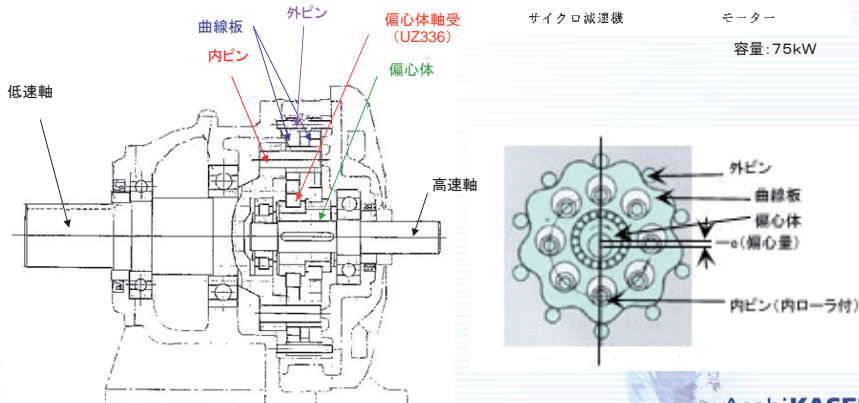
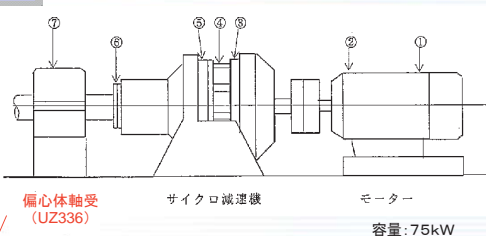
①外ピン P_O : $0.57\text{Hz} \times 29\text{枚(歯数)} \times 2\text{枚(曲線板数)} = 33.1\text{Hz}$

②内ピン P_i : $0.57\text{Hz} \times 12\text{本(内ピン数)} \times 2\text{枚(曲線板数)} = 13.7\text{Hz}$

2.1 造粒機用横型サイクロ減速機

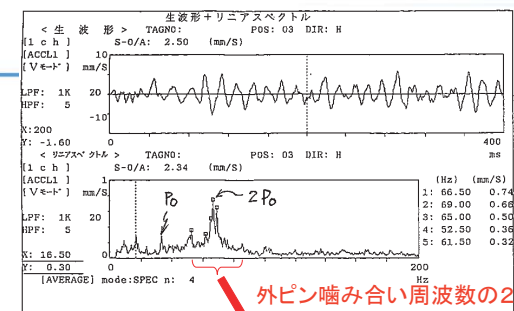
高速軸回転数: 1000rpm

低速軸回転数: 34rpm

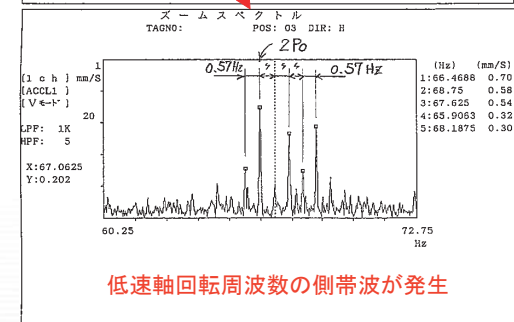


(1) 振動計測結果

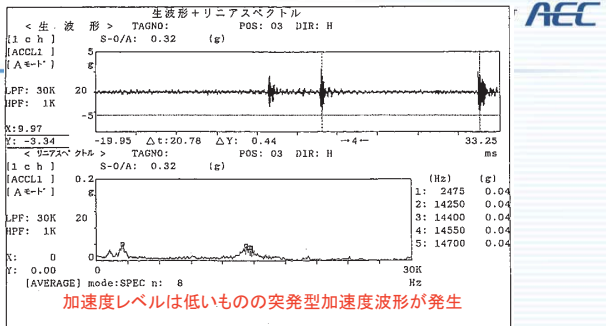
速度スペクトル
(0~200Hz)
Pos③H



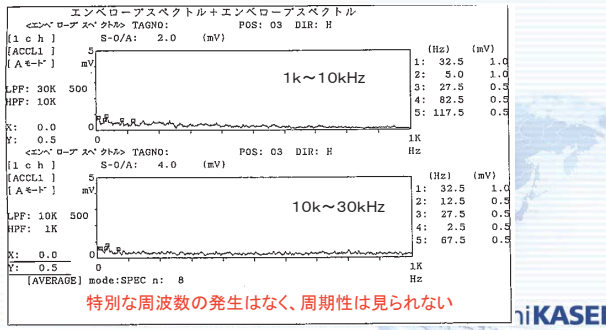
ズームスペクトル
(60.25~72.75Hz)
Pos③H



加速度波形
(1k~30kHz)
Pos③H



加速度スペクトル
(1k~30kHz)
Pos③H

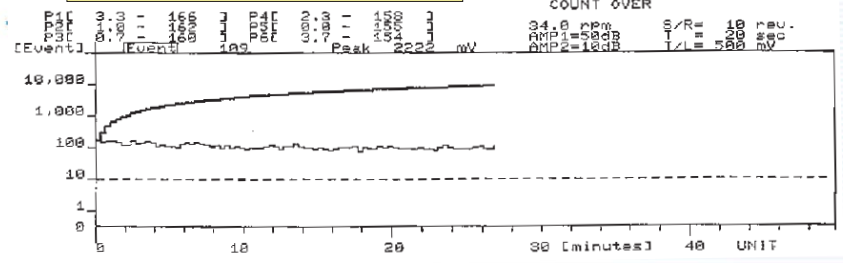


加速度レベルは低いものの突発型加速度波形が発生

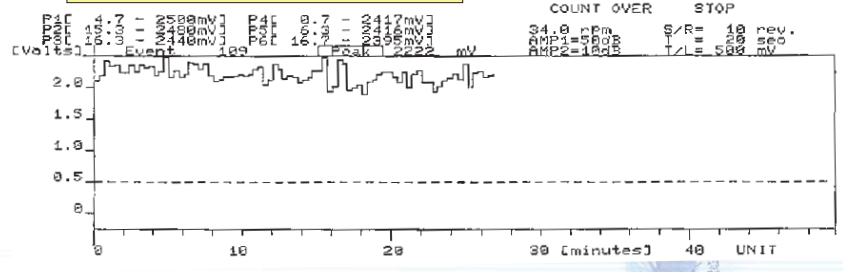
加速度エンベロープ
スペクトル(Pos③H)

AEイベントカウント(100k~1MHz)

増幅度: 50+10dB
しきい値: 500mV
COUNT OVER

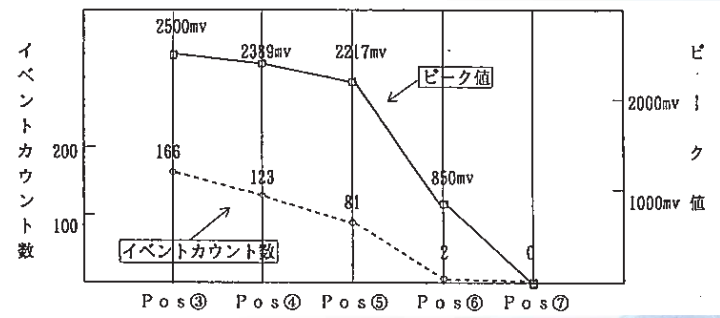


AEエンベロープピーク値(100k~1MHz)



Copyright© 2008 Asahi Kasei Engineering Corporation. All Rights Reserved. AsahiKASEI

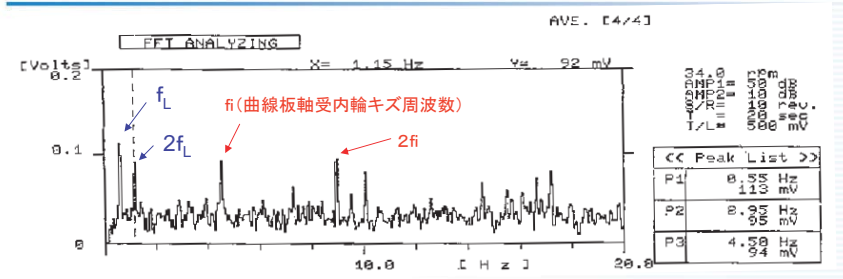
(2) AE計測結果



Pos③~⑤のサイロ減速機部のAEレベル及びイベントカウント数が多い事が分かる。

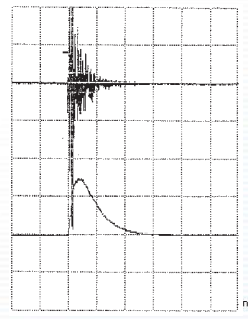
Copyright© 2008 Asahi Kasei Engineering Corporation. All Rights Reserved. AsahiKASEI

AEエンベロープスペクトル(100k~1MHz)



AE波形

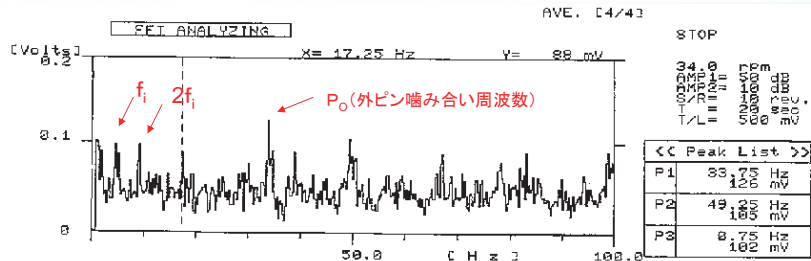
AEエンベ
ロープ波形



1V/div, 1msec/div

Copyright© 2008 Asahi Kasei Engineering Corporation. All Rights Reserved. AsahiKASEI

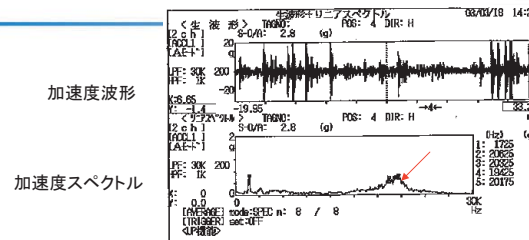
AEエンベロープスペクトル(100k~1MHz)



- ①低速軸回転周波数 f_1 及びその2倍、偏芯体軸受の内輪キズ周波数 f_1 とその2倍が発生
- ②突発型のAE波形が発生
- ③外ピンと曲線板の噛み合い周波数 P_0 が発生

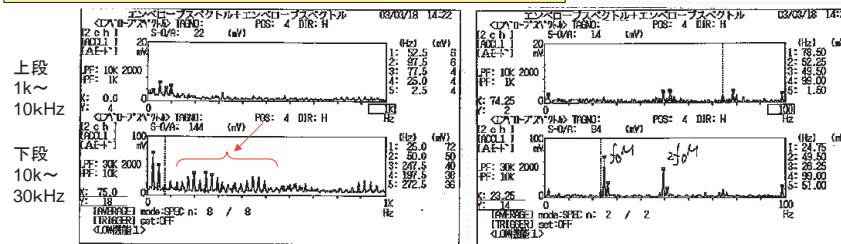
- ①偏芯体軸受内輪(偏芯体)に傷の発生
- ②曲線板の磨耗の発生

Pos④H: 加速度波形及びスペクトル(1k~30kHz)



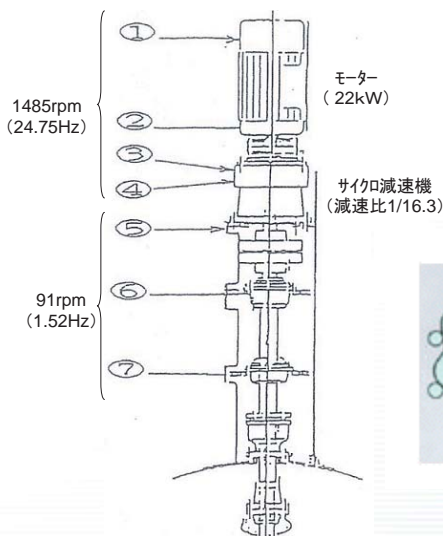
突発型の波形が発生しており、20kHz近傍の周波数成分を保有している

Pos④H: 加速度エンベロープスペクトル

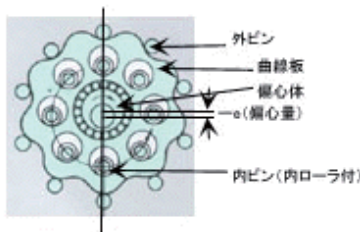


特に、10k~30kHzにおけるエンベロープスペクトルでは、サイクロ減速機入力軸回転周波数及びその高次成分が発生しており、ガタの発生が見られる。

2.2 攪拌機用縦型サイクロ減速機



異音が大きいため、異常振動・AE診断を実施した。
Pos①~④を振動、Pos⑤~⑦をAEにて診断を実施。



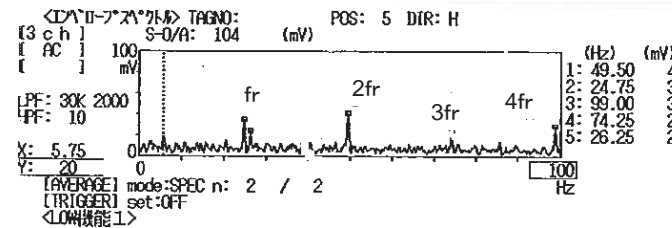
Pos⑤ AEエンベロープスペクトル

<計測条件>

計測周波数: 100k~1MHz
増幅度: 80dB+10dB
しきい値: 500mV

<計測結果>

イベントカウント: 99個/10回転
⇒減速機交換後は1個/10回転



入力軸回転周波数 f_r およびその高次成分が発生しており、ガタの発生が見られる。

開放検査結果

【モーター】



入力軸側(軸、偏芯体、偏芯体軸受)の嵌め合いガタが確認された。

【モーター軸】



偏芯体とのはめ合い部にフレッシングコロージョンが見られ、嵌合ガタが発生していたことが判ります。

サイクロ減速機部において、振動及びAEにより入力軸側の磨耗によるガタの発生を検出出来ている。

【曲線板】(2枚)

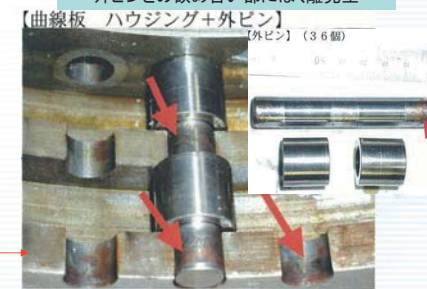


外ピン溝数:34



外ピンとの嵌め合い部にはく離発生

【曲線板 ハウジング】



外ピン取り付け部及び外ピンにフレッシングコロージョンが見られ、嵌め合いガタの発生が認められる。

【偏芯体】



ベアリングとのはめ合い部、モーター軸とのはめ合い部にフレッシングコロージョンが見られ、嵌合ガタが発生していたことが判ります。

【偏芯体 軸受】



【偏芯体】

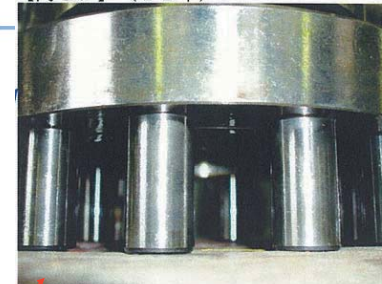


偏芯体との嵌め合い部にフレッシングコロージョンが見られ、嵌め合いガタの発生が認められる

【出力軸】



【内ピン】(12本)



特に異常は見られません。

【内ピンカラー】(12個)



曲線板との接触部に接触痕が見られる