

N K K 福山 No. 2 溶融亜鉛渡金ライン鍍金装置チャタマーク対策

Countermeasures for Chattering Mark of Coating Machine
at Fukuyama No.2 Continuous Galvanizing LineN K K 福山製鉄所 島山誠之*・熊沢純一
田口 昇・岩瀬正洋

1. 諸言

福山製鉄所 No. 2 CGL は、自動車向合金化溶融亜鉛鍍金鋼板の製造ラインとして、H. 2 年 4 月に稼働した。現在、順調な操業を行なっているが、試運転時に、鍍金装置部におけるチャタマーク（鍍金後ストリップ表面の色むら）が発生した。

この問題に対し、チャタマーク発生状況の調査および、対策を実施したのでその改善事例について紹介する。

2. 設備概要

Table 1 に設備仕様、Fig. 1 に鍍金装置の設備構成を示す。鍍金装置は、シンクロール(SR)・コレクティングロール(CRR)・スタビライジングロール(SBR)・気体絞りノズル(ノズル)・タッチロールからなり、CRRの押し込みによりストリップの形状矯正が可能な構造に構成されている。

Table 1. Specification

Thickness	0.4~1.6 mm
Width	610~1880 mm
Line speed	Max120 mpm
Tension	Max 4.2×10^4 N
Sink roll	$\phi 750 \times 2180$
Correcting roll	$\phi 250 \times 2180$ AC drive
Stabilizing roll	$\phi 250 \times 2180$ AC drive

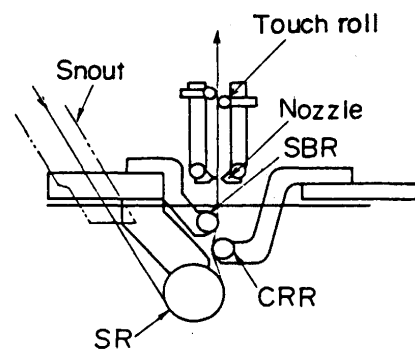


Fig. 1 Gas wiping and coating machine

3. チャタマーク調査結果

3. 1 発生状況

チャタマークはFig. 2に示す様に、合金化後のストリップ表面幅方向に白色部と黒色部からなるマークであり、以下の傾向にあることがわかった。

- (1) ラインスピードを上げると悪化する。
- (2) CRRを開放すると消滅する。
- (3) タッチロールを開放しても消滅しない。
- (4) ストリップ表面(Top)・裏面(Bottom)のマークは正反対に発生する。(白色部の裏面は黒色部)
- (5) チャタマークの白色部で鍍金付着量が多い。

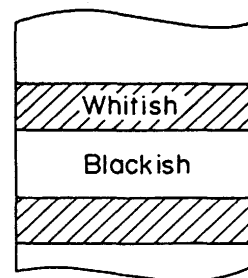


Fig. 2 Appearance of chattering mark

Fig. 3 は、チャタマークの発生しやすい条件で調査した場合の鍍金付着量分布を示す。

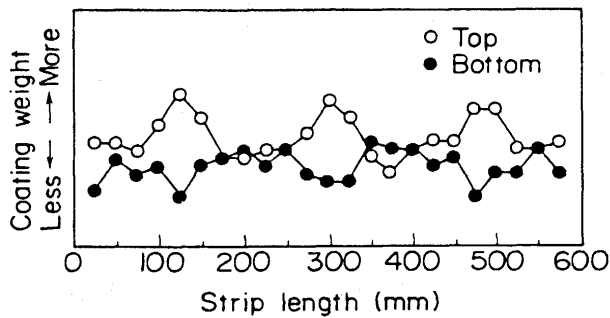


Fig. 3 Coating weight profile of strip

3. 2、チャタマーク発生周波数

Table 2 に示すテスト条件で、CRRフレームの振動変位および、ノズル部ストリップのバタツキを測定した結果、Fig. 4 に示す様に、チャタマーク発生周波数とストリップバタツキ主周波数はほぼ一致しており同様に、CRRフレーム振動主周波数もチャタマーク発生周波数と一致することがわかった。

また、各テスト条件でのCRR速度とチャタマーク発生周波数および、ストリップバタツキ周波数の主要成分との関係をFig. 5・Fig. 6に示す。チャタマークは、ユニットテンション(U.T.)を高めとした場合、CRRの回転周波数で発生し、低めとした場合、5.2~5.6 Hzまたは、7 Hz 付近の周波数で発生している。この2つの領域には固有振動数が存在しており、鍍金装置の固有振動数測定および、ストリップの固有振動数計算結果より、5.2~5.6 Hz は、スナウト内のストリップバタツキによる張力変動で発生し、7 Hz 付近は、CRRフレームの固有振動によるものと推定した。

Table 2. Test condition (Strip size 0.7×1009)

No.	Line speed (mpm)	U.T.ratio	CRR/SBR speed (mpm)
1	70	1.0	70/70
2	70	1.19	70/70
3	70	1.38	70/70
4	50	1.0	50/50
5	60	1.0	60/60
6	80	1.0	80/80
7	70	1.0	50/70
8	70	1.0	70/70

Tightening of CRR frame bolt

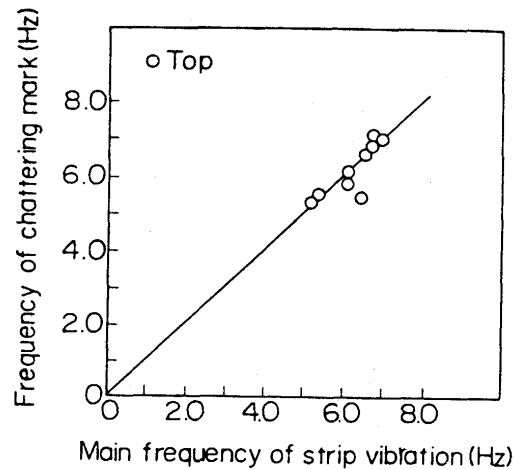


Fig. 4 Relation between frequency of strip vibration and chattering mark

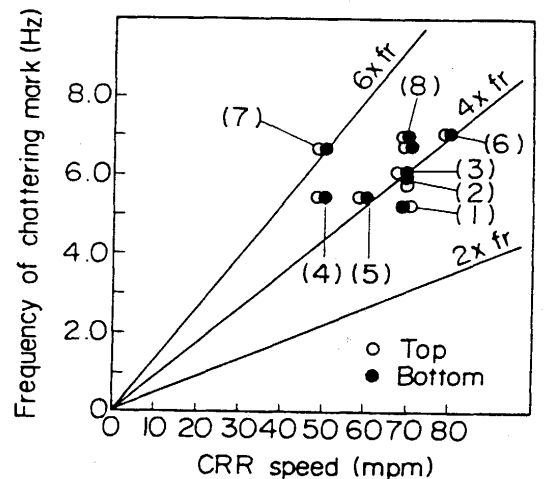


Fig. 5 Frequency of chattering mark

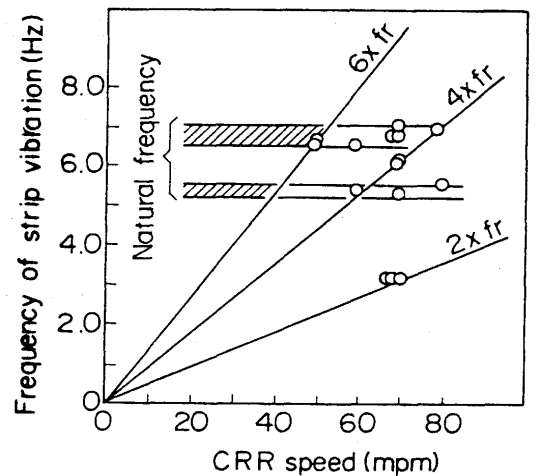


Fig. 6 Frequency of strip vibration

3.3 発生原因

チャタマークは、以下の原因によりノズル部でストリップのバタツキが発生し鍍金付着量むらとなり、合金化後色むらを生じるものと考えられる。

- (1) CRRを加振源としたCRRフレーム固有振動
- (2) U.T.が低い場合、スナウト内のストリップバタツキによる張力変動
- (3) CRR回転周波数の高調波域での振動

4. 対策

4.1 CRR・SBR駆動スピンドル改造

Fig. 7に示す様に駆動スピンドルのモータ側ジョイントはユニバーサルジョイント(U/J)となっているが、ロール側のジョイントは4本ピンジョイントとなっている。このため回転時に衝撃が発生した、等速性も得られずストリップバタツキの加振源となっている。これらの改善のため以下の検討を行い、2本ピンジョイントへの改造および、2本ピンジョイントのガタを最小とした。

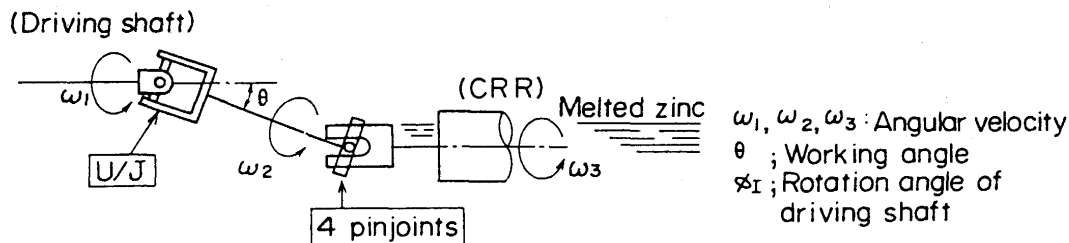


Fig. 7 Drawing model of driving part

(1) 等速性理論

理論上は下式で表わされ、これを図式化すると作動角 $\theta = 15^\circ$ の時、Fig. 8となる。これよりU/J + 二本ピンジョイントで等速となることがわかる。

$$\begin{aligned} \text{(U/J)} \quad \frac{\omega_2}{\omega_1} &= \frac{\cos\theta}{1 - \sin^2\phi_1 \cdot \sin^2\theta} \\ \text{(2 pinjoints)} \quad \frac{\omega_3}{\omega_2} &= \frac{\cos\theta}{1 - \cos^2\phi_1 \cdot \sin^2\theta} \\ \text{(4 pinjoints)} \quad \frac{\omega_3}{\omega_2} &= \frac{\cos\theta}{1 - \cos^2\phi_1 \cdot \sin^2\theta} \quad (0 \leq \phi_1 \leq 90^\circ) \\ \frac{\omega_3}{\omega_2} &= \frac{\cos\theta}{1 - \sin^2\phi_1 \cdot \sin^2\theta} \quad (90 \leq \phi_1 \leq 180^\circ) \end{aligned}$$

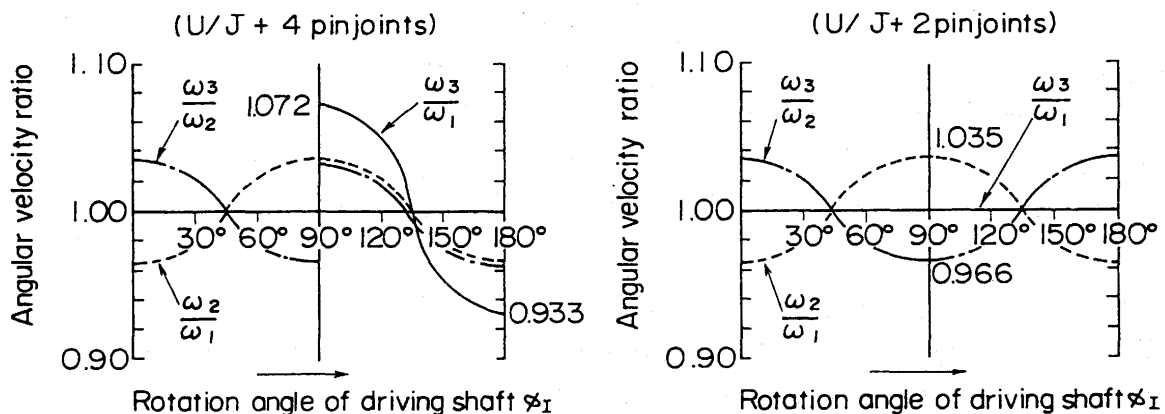


Fig. 8 Synthesis drawing of velocity difference

(2)モデルテスト結果

亜鉛浴外で実物大の装置を用いモータ軸および、ロール胴の周速を測定した。その結果をTable 3にまた、U/J+2本ピンでの測定チャートをFig. 9に示す。4本ピンの速度差は計算値とほぼ等しく7.5~7.8%と大きいため、2本ピンは1.2~3.6%の速度差に改善される。この2本ピンでの速度差は、ジョイント部のガタによるものであり、Fig. 9の測定チャートで1回転に4回の速度差が発生しているが、それ以外はほぼ等速となっていることがわかる。

Table 3. Measurement result of velocity difference

Item	U/J and 4pinjoints		U/J and 2pinjoints	
	24	90	24	90
Number of revolution (rpm)	24	90	24	90
Velocity difference (%)	7.8	7.5	3.6	1.2
Calculated figure (%)	7.2		0	

4.2 鍍金装置フレーム剛性アップ

フレームの固有振動数を上げるため、Fig. 10に示す部位の補強を行った。

- (1)CRRフレーム切り詰め(CRRとSBR間オフセット量短縮)および、補強プレート溶接
- (2)SBRフレームとシンクロールフレーム一体化
- (3)SBRフレームのOP側とDR側にステーを取付

4.3 CRR軸受改造

CRRの振れ回りを防ぐため、軸受構造をスリーブ構造から三点支持構造に改造を行った。

4.4 軸受管理基準の見直し

軸受偏摩耗防止を目的にステライト肉盛を実施し、製造1サイクルでの取替えとした。

4.5 鍍金部張力アップ

スナウト内ストリップのバタツキによる張力変動および、ノズル部ストリップのバタツキ軽減のため、1部のサイズに対し張力アップを実施した。

5. 改善効果

Fig. 11に示す様に、改造前後でCRRフレーム振動変位は著しく減少し、操業時の問題は解消された。

6. 結言

鍍金装置部で発生するチャタマークに対し調査を行い、その発生メカニズムを解明した。また、そのメカニズムを基に、軸受・スピンドル改造、鍍金装置剛性アップ、基準の見直し等の対策を実施し、チャタマークを改善することができた。

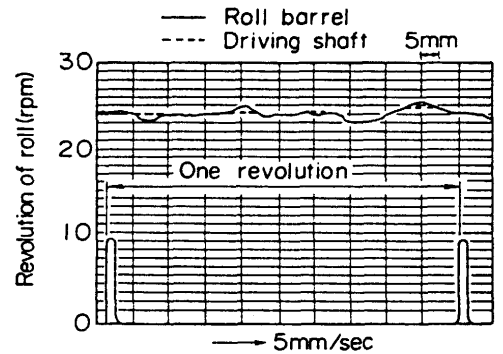


Fig. 9 Velocity difference between driving shaft and roll barrel (Working angle $\theta=15^\circ$)

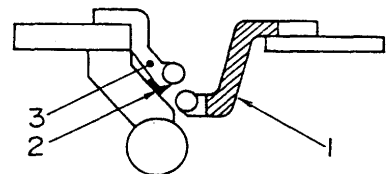


Fig. 10 Reinforcement of coating machine

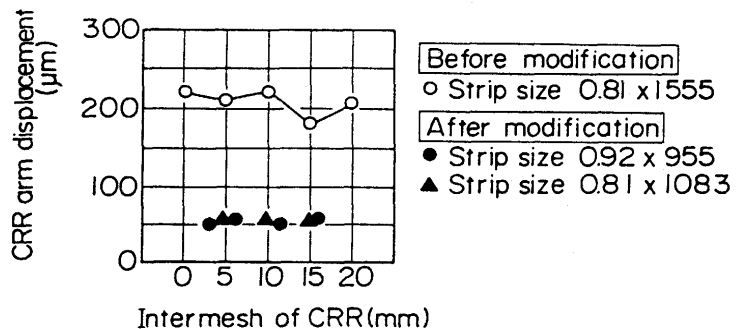


Fig. 11 Comparison of vibration displacement before and after the modification