

討16

DI成形性に及ぼすブリキ品質の影響について

新日鐵 生産技術研究所

日戸 元, 中野 寛文

○大八木 八七

1. 緒 言

近年 絞りとしごき加工 (Draw and Wall Ironing Process) により成形されるDI缶がビール, 炭酸飲料缶に多用される様になり, 従来とは異なる特性がブリキに必要とされる傾向にある。なかでもブリキの潤滑特性はDI成形性を左右し, 製缶作業性あるいはDI缶の品質に重大な影響を及ぼすため, DI缶用ブリキに必要とされる最も重要な特性の一つであり, 各種品質特性の影響例えば表面粗度, 錫付着量効果等の報告がなされている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

国内に於けるDI缶用ブリキは#50ブリキ (T-1材) が現在の所最も多用されているが, 今後更に低錫付着量化 (最終的にはTin Free Steel化), High Temper化が指向されるものと考えられる。

本報告は, DI缶用ブリキの最適製造法を見出す事を目的とし, ブリキ品質とDI成形性の関係を主としてDI成形エネルギーを測定する事により求めたものである。

2. 供試材および実験方法

2-1 供試材

Al-Killed鋼熱延板を冷間圧延 (板厚 0.345 及び 0.33 mm) 後, 箱焼鈍又は連続焼鈍し, 調質圧延により表面粗度を変える (20~100 RMS) と共にT-1及びT-4 CAの材質強度を有するブリキ原板を製造した。その後電気メッキラインにて錫付着量を#15~#100まで変化させた21種類のサンプル (未溶錫材) を製造するとともに, 一部合金層, ケミカル処理条件, メッキ電流密度効果を検討するため9種のサンプルを準備した。これらは全て通常の生産ラインを使用して行なった。又机上実験材として調圧後のブリキ原板 (板厚 0.33 mm, 表面粗度 50 RMS, T-1材) を採取後実験室にて#5~#30まで#5きざみで錫メッキした6種のサンプルをも使用した。

2-2 DI成形方法

上記サンプルに鋳物油系エマルジョン油を塗布後, 通常のクランクプレス (25 SPM) でしわ発生のない様に打抜き-絞りを行なった (クランク径 134.5 mm, 絞りパンチ径 86.0 mm)。

成形したカップは製缶会社使用のDIマシンと同等の能力を有する連続DI成形機にかけ, 再絞り及び3段のしごき加工を1ストロークで行い, 211缶径のビール缶を連続成形した。

(パンチ径: 65.70 mm, しごき率: 72%, 成形速度: 110 缶/分)

DI成形時にはクーラントとして20%濃度の鋳物油系エマルジョン油を使用した。パンチ及びダイス材質は全て超硬合金である。

2-3 DI成形性評価法

DI成形工程別成形荷重及び成形エネルギー測定のため図1のようなシステムを構成した。

DI成形性の評価は1サンプル当たり20~30缶の連続成形を行ない, 成形荷重, 成形エネルギーを求める事により評価した。

2-4 成形缶の特性

DI成形時の潤滑特性を考察するため成形工程別に成形缶外面の表面粗度, 電気化学特性の測定及びEPMA, 光学顕微鏡による表面観察を行なった。

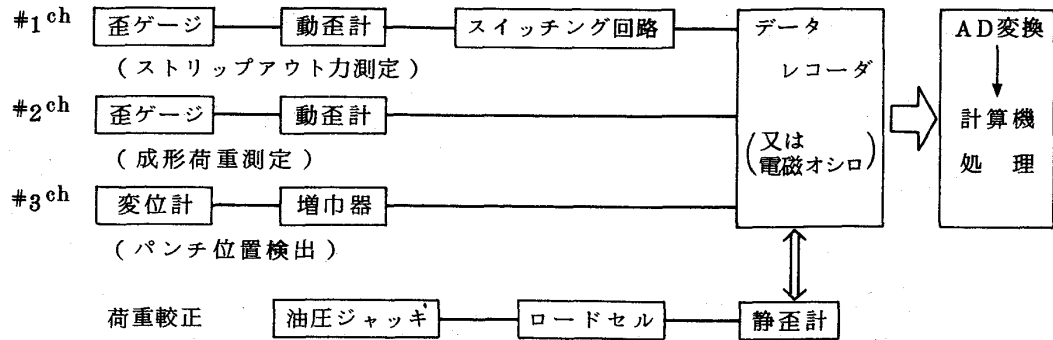


図1 DI成形性測定ブロック図

3. 実験結果

3-1 DI成形性の評価

工程別に最大荷重 (P_{max}) 及びエネルギー (E_i) を測定した結果, P_{max} は sizing die である #1-ironing で最大となり, 後工程の #2, #3-ironing では 2 ton 前後の値を示す。

一方, E_i は加工が進む程缶高が増加するため #3-ironing で最大となる。 E_i については, ドーミング及びストリップアウトはほぼ一定かつ値も小さいため, E_{total} は redraw, #1, #2, #3-ironing の合計で述べることにする。 $P_{max}^{\#3}$ と $E_{\#3}$ の関係については図3に示すように良好な正の相関が認められるが, P_{max} は1点測定であり材料の総合評価としては E_{total} を用いる方が妥当であるものと考え, 以下の評価として E_{total} を用いる事とした。

材料間の差は潤滑条件的に厳しくなる #2, #3-ironing にて良く現れてくるが, 両者の E_{total} に対する寄与率は約 60% 程度である。

3-2 板厚, テンパー効果

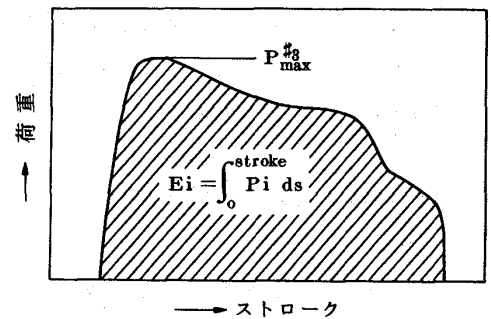
板厚については E_{total} に対して大きな効果を持ち板厚が大きくなると E_{total} も増加する。テンパーについては図5に示す様に材料の硬度が上がると E_{total} も増加することがわかった。この効果は板厚と同程度の大きな効果である。

3-3 表面粗度効果

表面粗度については E_{total} に差はみられるものの自乗平均粗さ (RMS) では解釈できず更に詳細な検討が必要と考えられる。

3-4 錫付着量効果

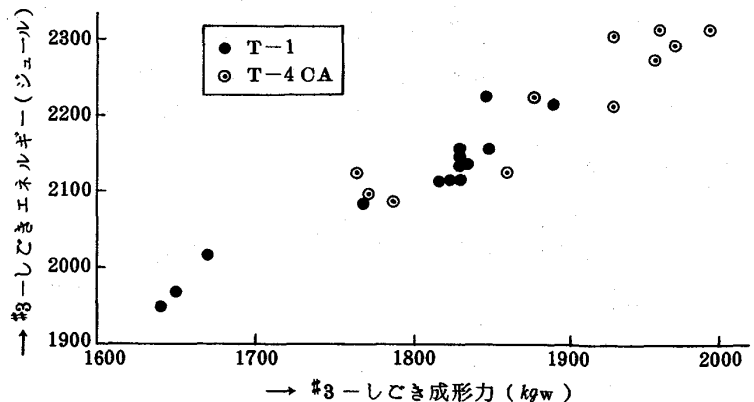
錫付着量については付着量が少なくなると E_{total} が増加する (図5)。この効果はテンパー程大きくないが確かに錫が



計算機処理の内容

- ① 成形荷重 $P_r \sim P_s$ max, $\bar{P}_r \sim \bar{P}_s$ の算出
 - ② 成形段階別所要エネルギー (E_i) の算出
- $$E_i = \int_0^{stroke} P_i ds$$
- ③ 1缶当りの E_{total} 算出
 - ④ 上記項目の平均値, 標準偏差

図2 データ処理内容

図3 $P_{max}^{\#3}$ と $E_{\#3}$ (#3-しごき) の相関性

固体潤滑作用をしていることがわかる。錫付着量を次第に下げてゆき #30 → #5 にした時 #15 でかじりの発生が認められ #15 → #5 で E_{total} が急速に増加してくることがわかった (図4)。また #5 における E_{total} の経時変化をみると 1 缶毎に E_{total} が大きく増加しかじりの成長と対応している。

3-5 合金層, メッキ電流密度, ケミカル処理, 塗油の効果

メッキ電流密度, ケミカル処理 (クロメート量), 塗油量については, E_{total} にはほとんど差が認められなかった。メルト材はアンメルト材より大きな E_{total} を示しており合金層によるものか材質効果によるものか目下検討中である。

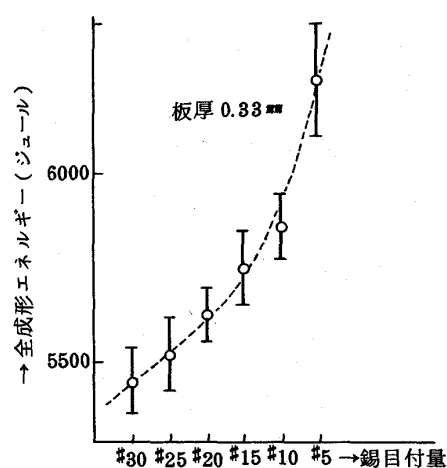


図4 錫付着量と全成形エネルギー

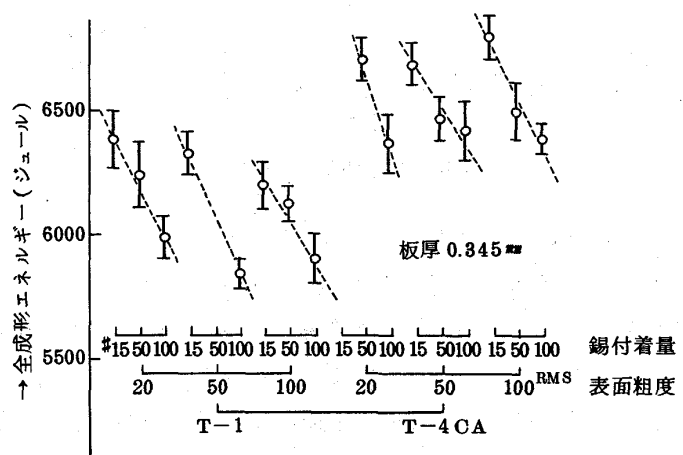


図5 テンパー, 錫付着量, 表面粗度の全成形エネルギーへの効果

4. 考 察

4-1 錫付着量効果について

DI 成形性に対する錫付着量効果は大きく錫付着量の減少に伴い成形エネルギーは増大し (図4, 5) #15 以下になると更に急激な変化を示しかじりの発生により連続成形不能となる。成形缶外面を光学顕微鏡 (写真1) 及び EPMA (写真2) で観察すると錫の被覆性は不完全で多くの部分に鉄面の露出が起っている。

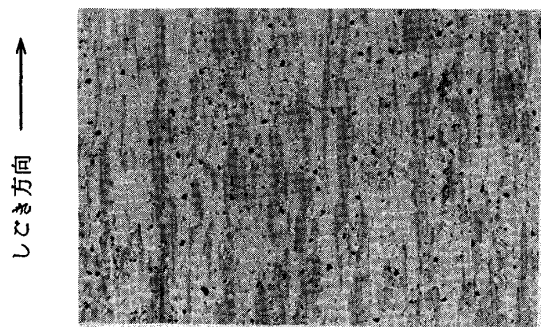


写真1 #3-Ironing 後の缶外面 (×150)

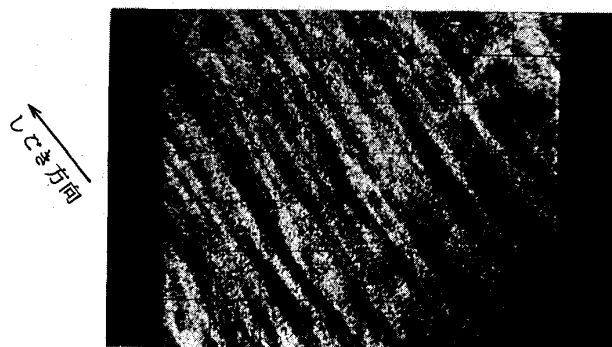


写真2 #3-Ironing 後の缶外面の錫分分布

図6, 7は電気化学的方法で表面より一定量の錫を溶解させ陰極分極電位を測定する事により #2-Ironing 後の缶側壁における錫の被覆度を調べたものであるが #2-Ironing 後既に鉄露出度に差があると共に #25 及び #100 の場合表面より若干量の錫を溶解させても鉄面の露出増加は起らないのに対し #15 の場合急激な鉄面の露出がおこってくる事を示している。従ってこれが #3-Ironing にかける場合かじりの発生起因となり成形エネルギーの急激な増大をもたらすと共にかじりの成長による缶破断の原因になるものと考えられる。 #3-

Ironing 後の缶側壁の鉄露出度においても低錫付着量（#5～#10）では殆んど鉄面に近い状態になっており錫付着量 #15 程度が限界付着量であると考えられる。

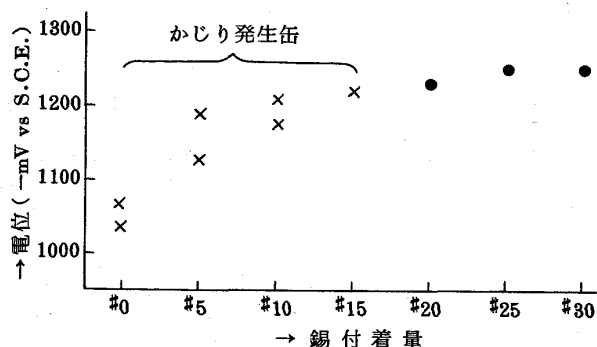


図6 #3-しごき後DI缶側面のカソード分極電位

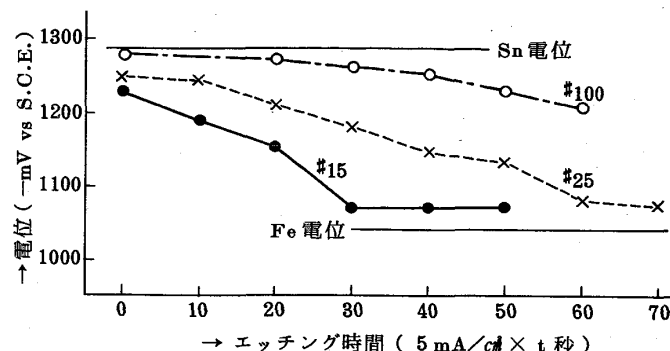


図7 #3-しごき前のDI缶側面のカソード分極電位

4-2 表面粗度の影響

表1に成形工程別の表面粗度の推移を示した。再絞り工程までは原板表面粗度が残っているがIroning加工により表面粗度は急激に小さくなり成形エネルギーに最も大きな差が生じてくる#3-Ironing入側(#2-Ironing後)では殆んど差がなくなっている。これは#3-Ironingにおいて潤滑油の持ち込みあるいは加工面圧力等の差が生じない事を意味しておりDI成形性に対し原板の幾何学的な凹凸は影響力が小さいものと考えられる。

表1 成形工程における表面粗度(RMS……μinch)変化

公称粗度	錫付着量	原 板	再 絞 り	#1-しごき	#2-しごき	#3-しごき
20 RMS	#15	24	27	4.0	2.4	2.4
	50	28	24	4.0	3.2	3.2
	100	24	25	4.0	2.8	3.2
100 RMS	#15	90	88	12.4	4.1	2.5
	50	106	82	9.2	3.2	2.8
	100	116	104	10.4	5.0	3.0

しかしながら、原板表面粗度が異なる場合、成形缶外面における錫の分布状態が明らかに異なっておりDI成形時の摩擦面におけるブリキ最表面のmetal flowに表面粗度が寄与することは大いに考えられる。従ってDI缶用ブリキの表面粗度はIroning過程において最も良好な錫の被覆性が得られる様に考慮すべきであろう。

5. 結 論

ブリキのDI成形性の評価として成形エネルギーを選び、ブリキ品質との関係を検討し、成形エネルギーをDI成形性の評価基準とみなせる事を確認した。DI成形性を左右する主たるブリキ品質として、板厚、テンパー、錫付着量、表面粗度があげられる。

文 献

- 1) P.R. Carter et al, First International Tin Plate Conference, 141 (1976)
- 2) F. Fidler et al, ibid, 169 (1976)
- 3) William D. Bingle et al, ASM Chicago Meeting (Oct. 1977)