

# 鋼材의 壓延油

金 在 中

(株) 韓國 하우톤 副社長



● 1929年生  
● 금속가공학을 전공하였고, 강재의 압연유에 관한 비교 검토 및 연구를 하여 왔으며, 현재는 금속 가공유 제조판매업체에 종사하고 있다.

## 1. 머리 말

壓延加工은 熱間壓延과 冷間壓延으로 크게 나눌 수 있으며, 壓延機와 被壓延材의 종류에 따라서도 분류한다. 壓延用 潤滑劑는 鋼材의 가공에 불가결한 것으로 표 1에 보이는 것과 같이 각종 潤滑油를 각기 그 목적에 맞추어 쓰게 된다.

熱間壓延에서는 알루미늄과 알루미늄합금을 제외하고는 從來에 오직 물만이 冷却兼 潤滑劑로 사용되어 왔다. 그러나 近年에 와서 熱間壓延에서도 潤滑油를 사용하게 됨으로서 롤(roll)의 壽命延長, 電力消費量의 低減 및 仕上(finishing)鋼板의 表面品質向上에 極히 有效하다는 것을 認識하게 되었다.

한편 冷却壓延에서는 壓延油를 사용해 온 것이 100년 가까이 되는 역사가 있고, 특히 과거 십 수년간에는 상당히 광범위하게 연구가 이루어져서, 많은 實績을 갖게 되었다. 예컨대, 錫鍍原板으로 代表되는 薄板壓延에 있어서는 高速高壓下에서 板의 形狀 및 表面清淨性 向上은 물론이고 低溫(에너지 節減, 作業性 改善) 低濃度使用(原單位減少)이 이루어지고, 나아가 長壽命(液의 汚染이 적은 것)의 壓延油가 開發되었다.

또한 磨帶鋼 壓延에 있어서는 高潤滑이면서도 ECL(electric cleaning line)의 省略도 可能

한 壓延油 卽 밀크린시트(mill clean sheet) 壓延油의 研究도 活潑히 進行되고 있다.

壓延油의 役割을 살펴보면 熱間 또는 冷間을 不問하고, 롤과 材料間의 減磨作用이 主가 되지만 기타 實用的으로는 (1)冷却性 (2)板의 끝맺음(finishing)性 (3)洗淨性 (4)防鏽性, 非腐蝕性 (5)耐老化性 (6)오일·스테인(oil stain)性 (7)給油性 (8)液管理性 (9)非水處理性 (10)安全衛生 (11)經濟性等을 列舉할 수 있다.

## 2. 鋼의 熱間壓延油

1250~1350℃로 가열된 슬러브(slub)는 粗壓延에 의해 30mm前後의 두께로 壓延되어 다시 仕上壓延機로 1.8~5.0mm두께의 鋼板으로 壓延된다. 冷却과 潤滑의 目的으로 多量의 물이 사용되고 있으나 그래도 롤 表面溫度는 물려들어갈 때의 80℃ 前後에서 接觸部에서 最高 450℃까지 到達한다고 한다.

最近까지만 해도 壓延油는 使用되지 않았고 도리어 롤에 물림이 不良에 의한 壓延不良방지 目的으로 極力油脂類의 附着을 防止하도록 努力해 왔다. 卽 從來에는 磨減防止對策으로는 롤의 材質 또는 冷却法의 研究에 指向되었던 것이나 近年에는 積極적으로 롤 수명의 延長과 板表面의 品質向上의 目的으로 各種 熱間壓延油의 研究가 活潑해졌고 實用化되어 가고 있다.

표 1 鋼板用 壓延油 適用表

壓 延 材	熱間壓延	冷間壓延	型式(冷間)
普 通 鋼	1. 물 2. 脂肪系 ST, EM 3. 合成系 ST, EM	1. 鑛油系 EM 2. 混成系 EM 3. 脂肪系 EM 4. 合成系 EM 5. 脂肪系 DT 6. 鑛油系 ST	ZM, RM, TM RM, TM RM, TM RM, TM TM ZM, RM(小型)
스테인리스鋼	1. 물 2. 脂肪系 ST, EM 3. 合成系 ST, EM	1. 鑛油系 ST 2. 鑛油系 EM	ZM, RM ZM, ZTM
珪 素 鋼	1. 물 2. 脂肪系 ST, EM 3. 合成系 ST, EM	1. 鑛油系 EM 2. 混成系 EM 3. 脂肪系 EM	ZM TM TM, RM
高炭素鋼	1. 물 2. 脂肪系 ST, EM 3. 合成系 ST, EM	1. 鑛油系 EM 2. 混成系 EM	ZM, PM RM

(注) ST : Straight. EM : Emulsion, ZM : Sendgimir Mill, ZTM : Sendgimir-Tandem Mill, RM : Reversing Mill, TM : Tandem Mill.

壓延油의 具備條件으로는 위에 言及한 바 있으며 특히 鋼의 熱間壓延油에 있어서는 다음의 點들이 重要視된다.

- ① 롤에 대한 均一附着性和 冷却水에 의해 씻기지 않을 것.
- ② 優秀한 耐熱性を 가질 것
- ③ 壓延後 冷却水와의 分離가 容易할 것
- ④ 優秀한 給油性을 가질 것
- ⑤ 燃燒해도 無臭, 無害할 것

鋼材의 熱間壓延에 오랫동안 油劑를 使用하지 않았던 이유는 위에 말한 바와 같으며 摩擦係數의 低下에 의한 롤에 물러들어 갈때의 미끄럼과 壓延不良에 對한 念慮때문이었고 이 問題를 克服한 것은 給油方法의 開發에 의한 것이라 말할 수 있다. 卽 給油法이 油壓延의 成敗를 左右하는 重要한 因子라고 말할 수 있다.

그동안 試圖된 給油들은 각기 그 特徵을 가지며 여기에는 用水注入式(그림 1참조)과 蒸氣噴霧式이 널리 適用되고 있다.

이 方式은 펌프에 의해 보내지는 물은 오리

피스部에서 流量이 急하게 減少됨으로서 背面部에 亂流가 생긴다. 이 部分에 펌프에서 보내진 오일이 油滴으로 되어 水流中에서 세세히 分散되어 混合液이 된다. 이 混合液은 노즐을 통해 와이퍼로 水切作業이된 補助롤에 吹付되고 潤滑作用을 하게 되는 것이다. 이때에 油劑의 亂化性은 必要치 않고 오리피스 部位에서 均一分散이 잘 이루어지는 性質을 가지고 轉着된 油劑는 冷却水에 의해 간단히 씻기지 않는 性質을 가지게 하는 것이 重要하다. 또한 給油를 容易하게 하여 均一分散시키기 위해서는 粘度和 融點이 지나치게 높지 않은 油劑를 選擇해야 한다.

蒸氣噴霧方式은 그림 2와 같이 에멀존(emulsion)狀態로 使用되며 蒸氣에 의해 노즐의 先端部에서 이를 破壞(轉相)하여 롤에 油膜을 形成시키는 方法으로서 大端히 興味있는 給油法이라 하겠다.

이 方式의 特徵은 에멀존을 供給하기 위하여 比較的 高融點, 高粘度의 油劑로 廣範圍하게

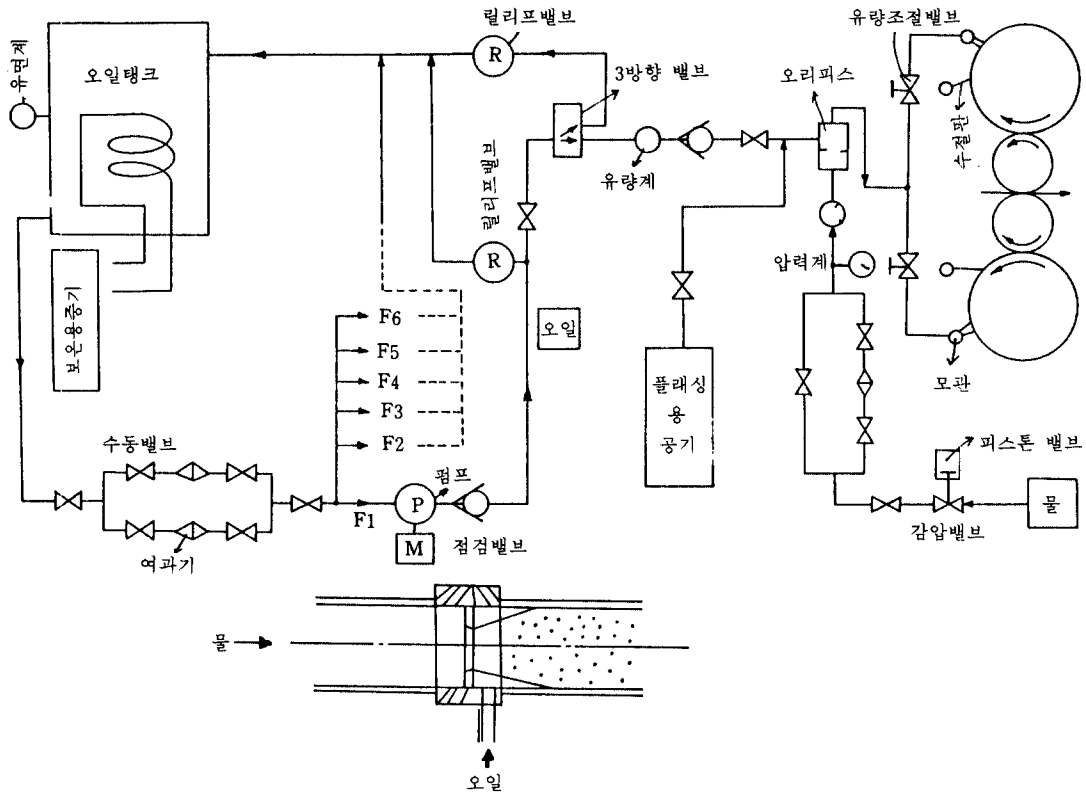


그림 1 用水注入法の 原理와 裝置概略圖

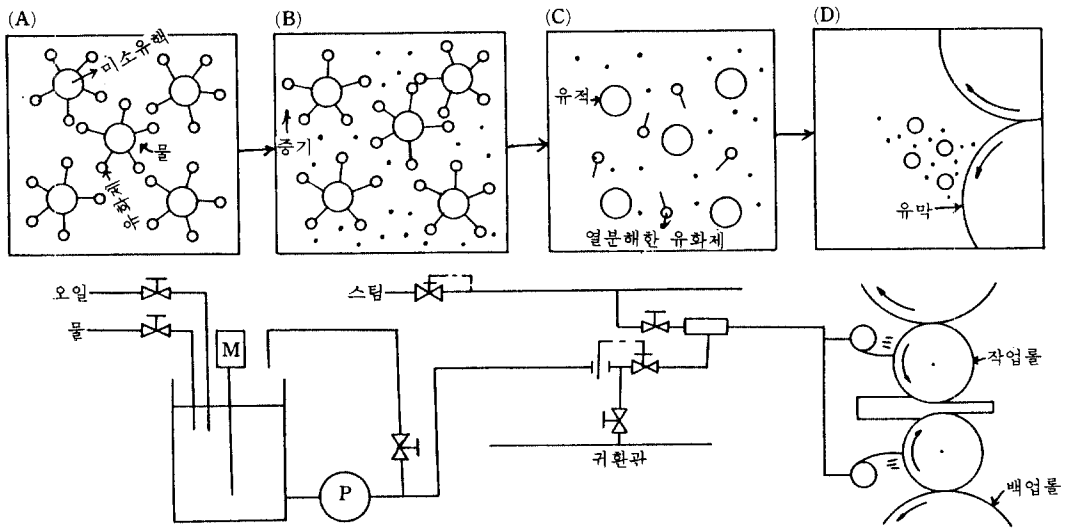


그림 2 蒸氣噴霧法の 原理와 裝置의 概略圖

표 2 潤滑劑의 性質과 熱間潤滑特性

	牛脂	採種油	大豆油	실린더오일	組合油
粘度 50°C cSt	31.8	26.7	25.6	312.	67.0
鹼化價mgKOH/g	196.	187.	191	—	76.
附着量 mg/100m <sup>2</sup>	22.6	20.8	20.3	45.6	21.7
殘量(水洗後)100m <sup>2</sup>	2.0	3.6	12.8	6.4	2.3
減量開始溫度°C	300	300	315	—	—
消失溫度°C	700	515	470	—	—
摩擦係數*	0.16	0.12	0.25	0.28	0.25

(\*給油停止 10秒後의 摩擦係數)

使用할 수가 있다. 단 에밀존으로 使用되기 때문에 使用後 冷却水로 다시 乳化될 염려가 있으니 油劑의 組成을 設計함에 있어서는 이 點을 注意해야 할 것이다.

熱間壓延油를 使用함으로써 얻어지는 效果는 첫째, 約 7~8%의 電力消費量의 節減과 둘째, 約 25~30%의 水 磨滅의 減少를 特記할 수 있다.

표 2에 潤滑劑의 性質과 熱間潤滑特性을 考察하였다.

그림 3에서 보듯이 脂肪油가 가장 優秀하고 礦物油는 거의 無潤滑과 同等하여 別다른 效果가 認定되지 않는다.

脂肪油에 脂肪酸, 磷, 硫黃系 添加劑로 各各 添加할 때 脂肪酸은 하나의 例外를 빼면 影響

을 주지 않으며 磷 硫黃系添加劑는 逆으로 磨滅을 促進함을 認定할 수 있었다.

但 冷間壓延의 경우와 조금 相異한 點으로서 鋼의 熱間壓延에서는 摩擦係數의 低減보다는 水 磨滅의 低減이 主目的인 것을 생각한다면 活性도가 높은 磷酸에스터(ester)나 硫黃系 添加劑等은 摩擦係數는 낮으나, 도리어 水의 磨滅을 促進시키고 있음에 특별한 주의를 해야 한다.

표 3에는 現在實用되고 있는 熱間壓延油의 性狀을 나타낸 것이다.

A-1, A-2는 用水注入方式에 使用되고 있으나, 油脂 및 合成에스터가 基本이 되고 있고 여기에 油性向上劑(脂肪酸), 極壓制 및 粘度指數向上劑 등이 添加된다.

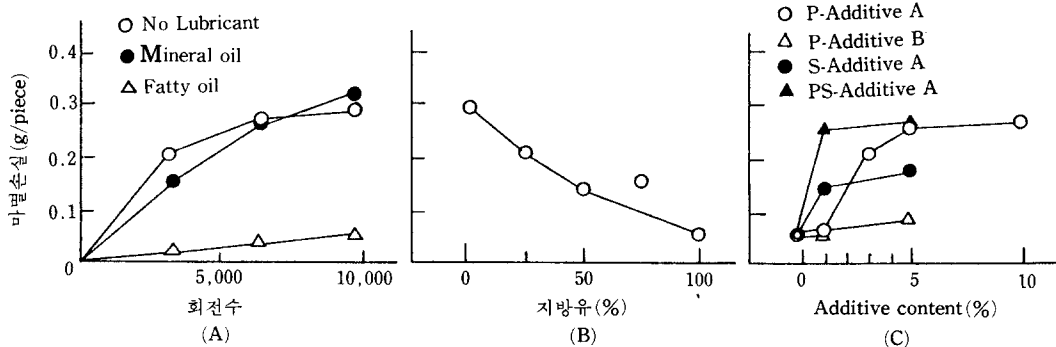


그림 3 熱間磨滅試驗機에 의한 實驗結果

표 3 鋼板用 熱間壓延油 性狀表

項目	油名	A-1	A-2	A-3	A-4
比重 15/4℃		0.916	0.910	0.919	0.938
色相(union)		8以上	8以上	8以上	8以上
引火點 ℃		272	238	268	250
點及 100F cST		50.0	68.0	390	35.3
210F cST		8.8	9.7	35.0	27.7
流動點 ℃		19	0	20.0	-15
酸價 KOH mg/g		6.7	10.2	52.0	12.2
鹼化價 KOH mg/g		207	182	177	76
給油方式		用水注入		蒸氣噴霧	

이 用水注入方式을 쓸 때 노즐部分에서 均一分散하면 效果의이고 따라서 特別한 乳化劑는 使用되지 않고 있다. 오히려 물에 대한 附着性을 좋게하고 冷却水에 잘 씻기지 않아야 되고 그래서 親水性 添加劑는 制限하는 것이 좋다.

앞에서 말한대로 粘度和 融點이 높은 쪽이 附着性和 潤滑性에 效果가 있으나 誘導者로서 물을 使用할때 油劑水가 凝固하거나 따라서 노즐을 막히게 하여 不均一分散等의 問題가 많아 實際作業時에는 約 10cST (210F) 程度의 粘度의 기름을 採擇하게 된다. A-3, A-4는 蒸氣噴霧式에 쓰이고 에멀존으로 給油되기 때문에 原液의 粘度는 前者에 비해 높은편이고 30cST (210F) 内外의 것이 使用된다. 이 방식에 따르면 潤滑性 보다는 油脂, 에스터等 高齡化의 것이 所望스럽다. 그러나 經濟性을 고려하여 A-4와 같은 高粘度 鑛油를 基油로 하는 脂肪酸, 油脂 및 合成에스터를 添加한 것도 使用되고 있다.

### 3. 鋼의 冷間壓延油

표 4에서 例示한 바와같이 分類할 수 있고 各己 그 目的에 맞추어서 使用되고 있다. 卽, 壓延機 自體와 素材의 種類, 패스 스케줄(pass schedule)後 工程의 處理法等에 따라 相異한

壓延油가 使用된다. 一般的으로 壓延油는 潤滑性이 우수한 卽 摩擦係數가 낮을수록 좋은것으로 알고 있다. Stone의 式에서 알 수 있듯이 摩擦係數가 낮을수록 壓延可能限界의 板두께는 얇아질 수 있기 때문이다.

$$H_{min} = \frac{\mu D (S_0 - S_1)}{E}$$

但,  $H_{min}$  = 壓延可能最小板厚(mm)

$\mu$  = 摩擦係數

$D$  = 물의 직경

$E$  = 영 계수

$S_0$  = 材料의 變形抵抗(kg/mm<sup>2</sup>)

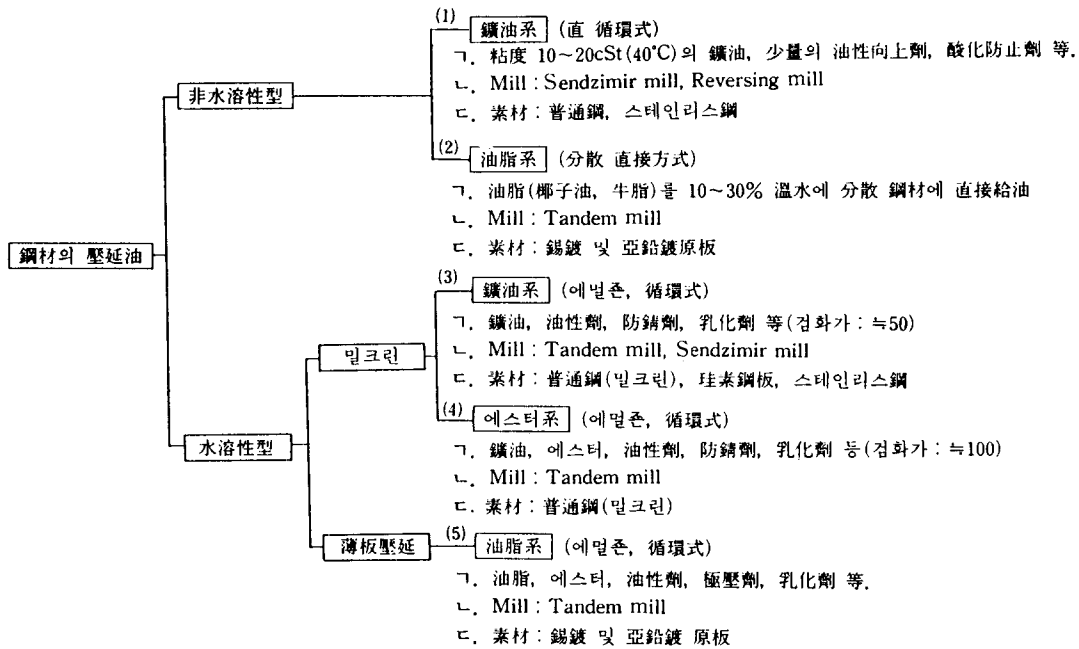
$S_1$  = 前·後張力의 平均値

壓延作業에서 作業물에 板이 물러 들어가지 되기 위하여는 摩擦係數  $\mu$ 는  $\mu \geq \tan \alpha$  ( $\alpha$ : 물에 물러들어가는 물림각도)를 滿足하는 것이어야 한다. 결국 물의 直徑에 比較해 壓下量 ( $\Delta H$ )이 클때, 例컨대 센지미어 밀(Sendzimir mill)로 壓延할때는 물의 물림각도가 크게 되기 때문에 摩擦係數가 比較的 큰것이 바람직하게 되는 것이다.

最近에 와서 탄뎀 밀(Tandem mill)에서도 작업물이 小徑化(例컨대 6段壓延機와 같이)되어짐에 따라 이에 適正한 摩擦係數를 가지는 壓延油를 求할수 밖에 없게 되었다.

壓延油의 組成으로 보아 潤滑性이 뛰어난 油

表 4. 鋼材의 冷間壓延油 分類



脂 또는 脂肪酸은 밀크린(mill clean)性を 阻害하기 때문에 이들의 添加를 制限하고 경우에 따라 潤滑性を 犠牲시키는 수도 있다.

3.1 薄板 高速壓延油

錫鍍·亞鉛鍍用 原板과 같은 薄鋼板은 高速壓延하기 때문에 摩擦係數가 낮고 油膜强度가 높은 油劑(椰子油, 牛脂等) 또는 에스터系的 기름을 壓延油로 쓰고 있다. 薄板壓延油로서 椰子油, 牛脂等이 잘 쓰이는 理由는 兩者 共히 適當한 粘度와 높은 粘度指數(150以上)를 가지기 때문이다. 그림 4와 표 5에서 알 수 있듯이

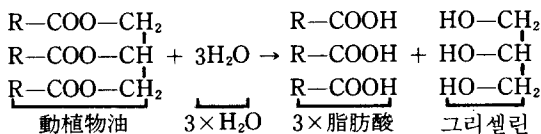


그림 4 油脂의 加水分解에 依한 脂肪酸의 生成

化學構造의으로도 潤滑性에 대하여 優秀한 特性을 所有하고 있기 때문이다.

椰子油나 牛脂는 冷延時 그의 一部가 加水分解하여 脂肪酸이 生成된다. 이것은 金屬表面에 吸着하고, 또 一部는 金屬비누가 되어 潤滑性 向上의 役割을 한다.

표 5 油脂의 構成脂肪酸

脂 肪 酸	椰子油	牛脂	豚脂	綿實油
C <sub>14</sub> (미리스틴酸)	1	3	2	1
C <sub>14</sub> F <sub>1</sub>	—	1	—	—
C <sub>16</sub> (팔미틴酸)	48	26	26	29
C <sub>16</sub> F <sub>1</sub>	—	6	4	2
C <sub>18</sub> (스테아린酸)	4	17	10	4
C <sub>18</sub> F <sub>1</sub> (오레인酸)	38	43	49	24
C <sub>18</sub> F <sub>2</sub> (리노르酸)	9	4	3	40
C <sub>20</sub> F <sub>1</sub>	—	—	6	—

(註) F : 不飽知를, 數字는 그 數를 나타냄

표 6 鋼板用 冷間壓延油 性狀·性能表

項目	油名	薄板用(循環法)		薄板用(直接法)		밀 크린용	
		B-1	B-2	椰子油	椰子油+油性劑	B-3	B-4
比重	15/4°C	0.915	0.918	0.920	0.911	0.922	0.892
色相	union	2 1/2	2 1/2	5	5	3 1/2	2
粘度	RW50°C	129	126	123	125	176	52
酸價	KOHmg/g	18.2	9.7	8.0	9.2	10.8	7.2
鹼化價	KOHmg/g	188	198	196	195	116	50
融點	°C	42	34	35	34	20	0
pH	5%	5.5	5.0	6.4	4.2	6.4	5.0
油膜強度	kg/cm <sup>2</sup>	15.0	15.0	8.0	12.0	7.5	4.5
摩擦係數		0.084	0.086	0.090	0.087	0.113	0.118
壓延相對比		0.88	0.90	1.00	0.90	1.12	1.20
밀 크린性		5	4	5	5	2	1

(注) (1) 油膜強度(4球式), 摩擦係數(披子式Ⅱ型), 5%, 50°C에서 測定

(2) 壓延相對比, 壓下率 80%(5 pass)에 있어서의 壓延荷重相對比 5% 50°C.

(3) 밀크린 性 壓延 燒鈍後 板表面세로판테이프 剝離 目視測定5段階評價 1良好→5不良

薄板의 高速壓延은 주로 탄뎀 밀에서 이루어 지는데 壓延方式으로는 給油法에 의한 直接方式과 循環方式으로 區分된다. 前者에는 椰子油 後者에는 牛脂를 쓰게 된다. 표 6은 椰子油와 市販되고 있는 壓延油(에멀존 型)에 대하여 性狀 및 性能을 比較한 것이다.

壓延潤滑性에 대하여는 油性向上劑, 極壓劑를 含有하는 循環方式의 牛脂系壓延油가 直接方式의 椰子油에 비해 보다 優秀하다 할 수 있다. 兩者中에서 어느것을 澤하느냐하는 問題는 탱크配管等의 設備面과 作業性, 油劑의 原單位等을 充分히 檢討하여 決定해야 할 것이다.

直接方式에는 椰子油가 주로 使用된다. 卽 80°C前後의 高溫水에 椰子油를 15~30%로 稀釋, 強制分散시켜, 스트립(strip)表面에 노즐을 통해 吹付하면서 壓延하는 것이다. 물의 冷却은 別個系統의 配管에 의한 물로 實施한다. 이 方式은 循環方式에 比較하여 油劑를 써 버리는 方式이므로 油劑의 原單位가 높아지는 缺點도 있다. 그러나 新油이므로 使用中 劣化에 의한 性能의 變化가 적고 使用管理面에서도 有利하다.

最近에는 原單位低減, 性能向上을 目的으로 하는 많은 研究가 進行되어 相當한 成果를 올리고 있는 것으로 알고 있다.

例컨데, 直接方式에서 표 6에 보임과 같이 椰子油에 合成油劑를 添加함으로써 壓延比重이 약 7%나 減少하고 油劑의 原單位도 大幅 減少시킬 수 있으며, 最後 仕上壓延된 鋼板의 形狀과 板의 表面品質이 相當히 改善된 例가 있다고 한다.

循環方式에 있어서는 표 6에 나타냄과 같이 B-1, B-2와 같은 型의 油劑가 使用된다. 牛脂를 基油로 使用하고 여기에 油性劑, 極壓劑, 乳化劑, 防鏽劑, 酸化防止劑等을 添加한다.

最近에는 潤滑性 向上, 原單位低減, 低溫使用(過去에는 60~70°C에서 使用하는 것을 40~50°C로 낮추어서 使用)等의 目的으로 低融點油脂, 合成에스터, 高分子化合物, 極壓劑등이 廣範圍하게 研究되어, 薄板의 高速壓延에도 低溫使用이 可能한 新種壓延油가 開發되고 있는 實情이다(표 6의 B-2).

循環方式에서는 에멀존으로 使用되기 때문에 當然한 일이지만 均一한 乳化分散性이 特히 重

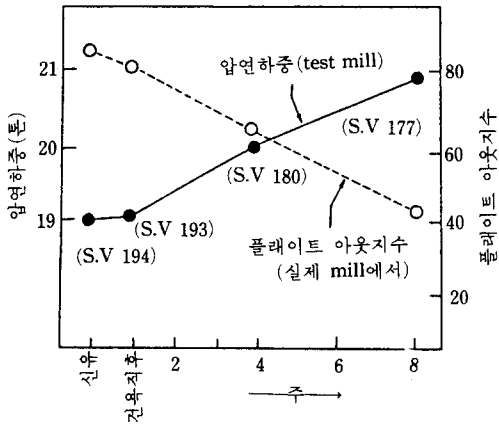


그림 5 압연性能和 플레이트아웃

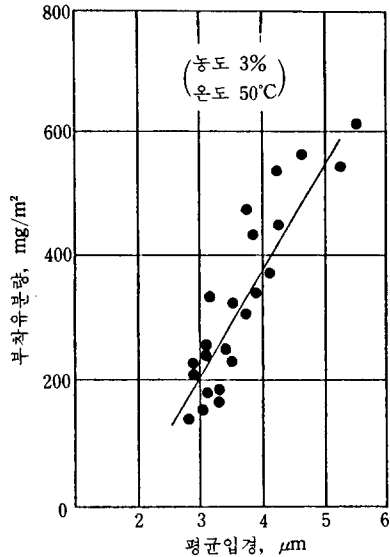


그림 6 냉延後의 板表面 附着油分量과 에멀존 粒徑의 關係

要하다고 할 수 있다.

그림 5에 보임과 같이 압연성은 플레이트아웃(plate out)성에 영향을 받는다. 즉 플레이트아웃성이 큰 油劑는 압연潤滑성에 有利하다. 한편 플레이트아웃성은 乳化安定性과도 密接한 關係가 있다. 一般의으로 그림 6에 나타난대로 乳化가 安定하여, 즉 에멀존의 粒子가

표 7 쿨란트使用液의 管理例

油名	項目	薄板用	밀크린시트用
濃度 %		4.0±1	3.0±0.5
溫度 °C		55±5	55±5
pH		6±0.5	6±0.5
ESI 8分, %		70~80	80~90
鐵分 ppm		2000以下	300以下
에멀존粒徑 μ		5~6	4~5
酸價 KOHmg/g		15±3	8±2
鹼化價 KOHmg/g		150以上	50±5

(注) (1) ESI(乳化安定度), ESI=15分後의 下層 濃度/全濃度×100

(2) 에멀존粒徑(μ), 콜터카운터로 測定

\* 샘플링은 壓延中 펌프出側에서 取함.

작으면 플레이트아웃量(鋼板附着油量)은 적고 反對이면 그 量이 많아진다. 薄板의 高速壓延에 있어서는 均一하고도 相當히 많은 量의 플레이트아웃성이 要求된다.

따라서 乳化는 多少 不安定하게 設計하고 攪拌機에 依해서 均一分산케 하는 것이다. 그러나 實用面에서 에멀존은 高溫 高壓下에서 循環되어 더욱이 新生鐵分의 影響을 받아 變質하고 스컴(scum)이 生成되며 또한 異種油의 混入등에 依해 항상 變化할 수 있다.

이 때문에 使用液의 管理가 대단히 重要하고 實用時는 표 7과 같은 여러가지 項目을 徹底히 管理하도록 하고 新油補充水의 供給, 스키밍(skimming)과 쿨란트(coolant)의 交替를 一定時期에 하도록 定해 놓는 것이 合理的이라 할 수 있다.

### 3.2 밀 크린 시트(Mill Clean Sheet)壓延油

냉延後의 淸淨工程을 省略하고 그대로 燒鈍하여 깨끗한 板을 얻을 수 있는 壓延油를 밀크린시트用 壓延油라고 한다. 仕上壓延게이지에 따라 比較的 두꺼운 게이지用(0.8mm以上)과 中間게이지(0.4~0.8mm)의 둘로 나눌 수 있다. 표 6에서는 一般市販되는 밀 크린 시트用



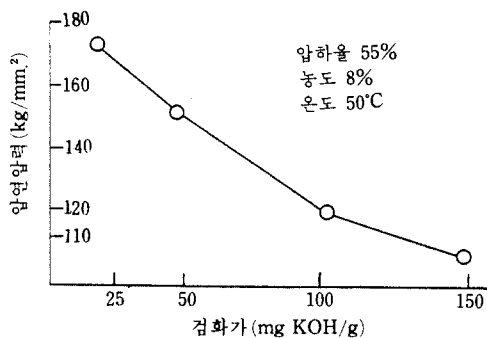


그림 7 延壓力과 鹼化價의 關係

壓延油를 紹介했는데 別로 潤滑性を 重視하지 않는 두꺼운 게이지用 壓延에는 低鹼化價 (SV=30~50) 卽 油脂, 에스터 등이 적게 든 壓延油를 또 潤滑성을 必要로 하는 中間게이지의 壓延에는 中間值的 鹼化價 (SV=80~120) 卽 油脂와 에스터가 多量들어 있는 壓延油를 使用한다. 그림 7은 壓延潤滑性能은 壓延油의 鹼化價와 相對關係에 있어 鹼化價가 높을수록 潤滑性도 優秀함을 알 수 있으며, 그러나 밀크린성은 뒤지는 傾向이 있다.

(1) 板 表面의 스머지(smudgy)

磨鋼板의 冷間壓延時 最終스탠드(stand)는 無光擇 물을 써서 壓延하는 것이 一般通例이다. 따라서 冷延後 板表面에 덜 파우더(dull powder)가 發生하고 이것이 燒鈍時에 觸媒와

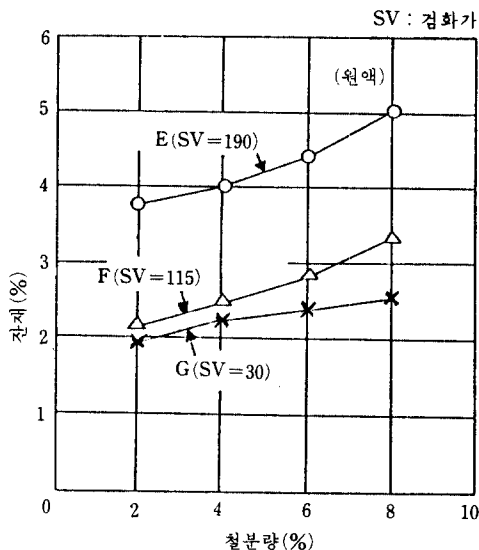
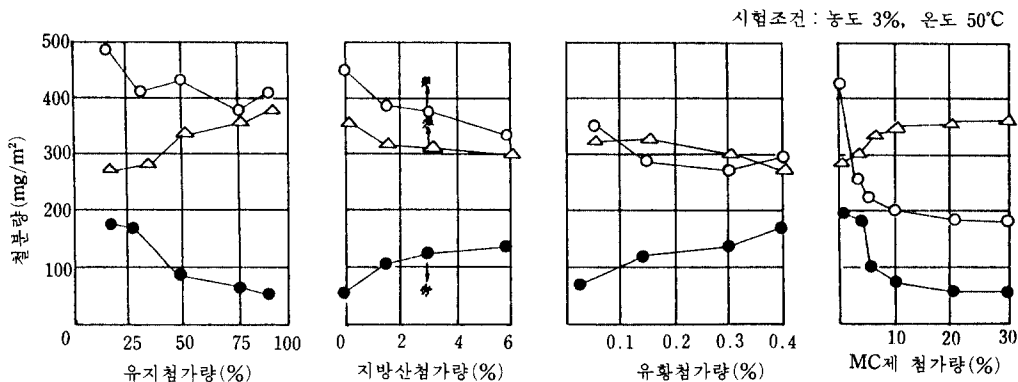


그림 8 燒鈍殘渣에 미치는 鐵粉量의 影響, SV; 鹼化價

같이 作用하여 附着油分을 炭化시켜 이것이 곳 더러움으로 남게 되어 밀크린성을 低下시킨다.

그림 8은 에스터의 含量이 서로 다른 市中の 壓延油에 對하여 燒鈍殘渣를 調査한 것이다. 여기에서 보듯이 鐵粉量이 많을수록 燒鈍殘渣가 많고, SV(鹼化成分)이 높을수록 鐵粉의 影響을 받기 쉽고 燒鈍殘渣도 많다.

그림 9는 에멀존系 壓延油에 대하여 冷延後



—○—냉연후 판표면의 철분 —●—스둔후 판표면의 철분 —△—청정성(명도) —\*—유지지방산

그림 9 스머지에 미치는 添加劑의 영향

와 燒鈍後의 板表面清淨性を 調査해 본 것이다. 興味있는 일은 冷延後 板表面附着鐵粉이 燒鈍後 數分之一로 減少하는 現象으로 그 減少의 程度가 壓延油 組成에 따라 크게 差異난다는 事實이다. 冷延後 板表面附着鐵粉은 燒鈍時, 母材에 再熔着하는 것으로 推定되나, 이때에 鐵粉을 둘러싸는 油分이 複雜한 反應을 이 르켜 鐵粉이 母材에 再熔着 되는 일에 적지 않는 影響을 주는 것으로 생각하게 한다. 또한 그림 9의 (A)는 鑛油系壓延油는 精製牛脂 (AV=1)를 添加해서 그의 影響을 살펴본 것으로 牛脂分添加量이 많을수록 表面清淨는 向上된다. 이것은 實用壓延機에서의 試驗結果와 大體로 一致하고 있다. 卽 牛脂系 壓延油로 씻을 때 板의 中央部는 電氣清淨한 것과 같은 가까운 清淨性を 나타낸다. 단, 이때에 에지카본 (edge carbon)이 發生할 수 있다.

그림 9의 (B)는 合成脂肪酸의 影響을 조사한 것으로 合成脂肪酸을 添加하면 板表面清淨성이 顯著하게 低下됨을 알 수 있다. 이것은 철비누(iron soap)의 生成에 基因하는 것으로 推測된다. 그림 9의 (C)에서 硫黃含有量을 增加시키면 燒鈍時의 板表面清淨성이 低下된다. 이것은 燒鈍時 硫黃分이 鐵粉 또는 母材表面과 反應하여 鐵粉이 母材에 再熔着하는 것을 阻害하기 때문이라고 생각할 수 있다(그림 9의 (C)).

그림 9의 (D)는 알콜系 밀 크린性 向上劑의 影響을 알아본 것으로 이것이 壓延後와 燒鈍後의 板表面附着鐵粉을 顯著하게 減少시켜 밀 크린性を 改善할 수 있었다.

밀 크린性에 對한 알콜의 效果에 對해서는 燒鈍昇溫時 油脂의 分解에 依해 發生한 脂肪酸이 알콜과 에스터를 生成케하고 蒸散되기 쉬운 性質을 가지고 있기 때문으로 생각된다.

(2) 에지카본(edge carbon)

밀 크린性を 阻害하는 問題點으로 에지카본에 의한 板材의 不潔함을 들 수 있다.

앞에서 말한 스머지는 板 全面이 얇게 검은 색으로 鐵粉과 炭素에 依해서 더러워지는 現象

이나 에지카본은 燒鈍後 코일의 兩端에 壓延方向에 따라가며 생기는 黑線의 띠 모양(對狀)의 炭化物을 總稱하는 것이다.

그 特徵은 그림 10과 같은 코일의 兩端은 반짝이는 光澤이 보이는데, 兩端에서 10mm前後 들어간곳에 壓延方向으로 數mm 또는 10數mm 幅의 띠모양으로 생기는 것을 말한다.

에지카본의 發生機構는 코일兩端에서 內部를 향해 約 1/2인치의 範圍는 CO/CO가 一定한 狀態로서 炭素의 析出이 일어나지 않으나 그 內部에서는 霧田氣 가스 外에 板 表面附着油分의 分解에 의해, 생기는 低分子의 炭化水素나 CO/CO가 多量 存在하고 있어 그 影響으로 CO/CO의 變化가 생겨 炭素가 析出하게 된다. 한편 油脂 에스터 등이 燒鈍昇溫時 코일兩端의 毛細管現象에 의해 一種의 풀(pool)이 생겨 蒸



그림 10 鋼板表面의 에지카본

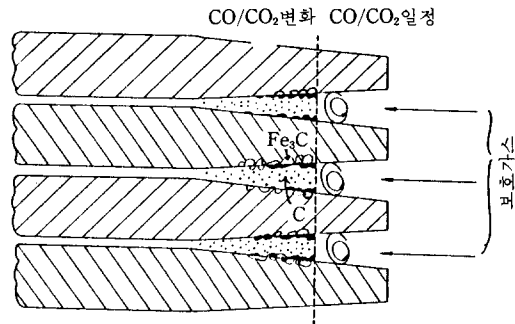


그림 11 에지카본發生機構

散하기 힘든 철비누를 生成케 되고 또 分解 및 重合하여 熱安定性이 높은 環狀化合物을 生成하면서 炭화된다고 생각할 수 있다. (그림 11 참조) 에지카본의 發生을 防止하려면 그 主要原因으로 생각되는 油脂에스터 및 脂肪酸의 添加量を 制限할 必要가 있다. 그러나 실제 壓延作業에서는 潤滑性を 고려하여 어느 程度까지의 添加가 부득이하다. 그래서 가장 有效한 抑制劑의 開發이 時急한 問題로 부상하게 되었다. 아마도 모종의 硫黃化合物이 有效할 것으로 豫想할 수 있을 것 같다. 硫黃化合物은 燒鈍昇溫時 鐵비누와 環狀化合物生成을 抑制할 것으로 推測하기 때문이다.

3.3 스테인리스鋼의 壓延油

스테인리스(stainless)鋼은 材料의 變形抵抗이 높고 또한 加工硬化를 받기 쉬워 加工이 쉽지 않다. 그래서 從來 젠지미어 밀(Sendzimir mill)에서 壓延하는 것이 常識化되었다. 이 壓延機의 特徵은 多段롤로서 作業롤은 小徑이고 作業롤 自體는 補助롤에 의한 摩擦驅動力으로 摩擦係數가 높은 壓延油를 使用하는 것이 普通이다.

壓延油로서는 鑛油系의 非水溶性油劑 (표 8의 D-3)과 鑛油系 에멀존(표 8의 D-1)이 使用되고 있으며 前者는 低-中粘度鑛油가 기초가 되고 여기에 少量의 油性劑 粘度指數 向上劑와

表 8 스테인리스鋼 珪素鋼板用 冷間壓延油 性狀表

項目	油名	D-1 에멀존	D-2 에멀존	D-3 에멀존
比重	15/4℃	0.910	0.912	0.885
色相	union	2	21/2	1
粘度	RW 50℃秒	86	140	68
酸價	KOHmg/g	7.2	7.7	2.8
☆化價	KOHmg/g	27	24	3.0
pH	10%	8.5	8.4	—
油膜強度	Kg/cm <sup>2</sup>	5.5	6.0	4.5
摩擦係數		0.152	0.140	0.158
適用		스테인리스鋼	珪素鋼	스테인리스鋼

(注) 油膜強度(四球式), 摩擦係數(振子式Ⅱ型), 5%, 50℃에서 測定

표 9 非水溶性油와 에멀존의 耐磨減性 比較

項目	油名	C-1 10%sol	C-2 非水溶性	C-3 非水溶性
OK load (LBS)		6	6	6
磨減痕幅 (mm)		1.05	0.45	0.75

試驗法: Timken wear 시험기로 測定  
荷重 5LBS, 時間 6分, 冷却材溫度 30℃

표 10 물과 기름의 冷却效果

項目	試料名	水	油
比熱	cal/g	1.00	0.50
熱傳導率	kal/mhc	0.48	0.12
蒸發潛熱	cal/g	539	50

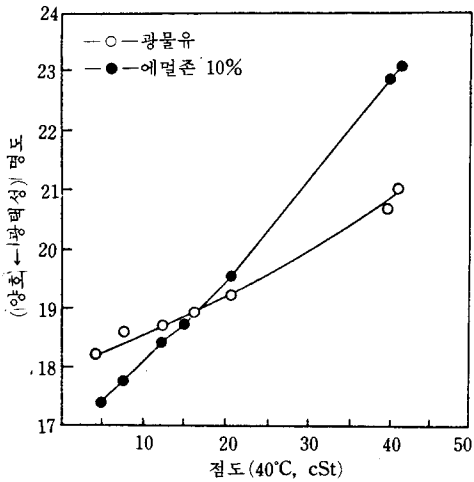


그림 12 冷延後의 表面光澤과 粘度의 관계

酸化防止劑를 添加한다. 非水溶性形은 표 9에 나타낸 바와 같이 베어링의 耐磨減性이 優秀하고 最終製品의 表面光澤이 밝고 均一해야 한다. 또한 油劑의 使用 및 管理가 容易 해야 한다는 등의 理由로 非水溶性油劑가 使用되고 있다. 그러나 冷却性이 떨어지기 때문에 壓延速度가 떨어진다(표 10 참조). 水溶性油는 冷却性이 優秀하기 때문에 高速壓延이 可能하다. 단, 板의 表面光澤과 補助를 베어링에 對한 耐磨減性이 약간 떨어지는 것이 缺點이라 하겠다. 그러나 最近에는 表面光澤에 對해서는 基油와 添加劑의 開發과 에멀존의 調整으로 베어링에 對해서는 미스트(mist)潤滑方式의 採用으로 이들 缺點이 相當히 補完되어 가고 있다.

이런 일들로 해서 스테인리스鋼의 壓延에서도 非水溶性 타입에서 水溶性 타입으로 交替되어 가는 傾向이고 직렬배열압연기에서도 壓延이 實用化되어 가고 있다.

그림 12는 스테인리스鋼 冷延後의 板表面光澤性과 粘度와의 相關關係를 나타내고 있다. 板表面光澤性은 油劑의 粘度가 낮을수록 優秀함을 알 수 있다. 한편 板의 表面을 顯微鏡으

로 觀察하면 表面에 凹凸이 많은 面은 光澤性이 떨어지고 光澤性이 좋은 面은 凹凸이 적어 磨面이 認知된다. 그래서 表面光澤性을 重視할 때에는 壓延時의 摩擦面으로서의 流體潤滑領域을 極力 좁게하고 境界潤滑領域은 넓게 할 必要가 있음을 알 수 있다.

### 3.4 珪素鋼板의 壓延油

珪素鋼은 硬度가 높고 脆性이 있어 變形 저항이 높아 通商 젠지미어 롤로 壓延하여 왔고 油劑로서는 非水溶性이나 水溶性 共に 使用되어 왔다. 日本에서는 水溶性이 더 많이 쓰이고 있다. 그러나 우리나라에서 唯一한 製造社인 P社는 最新型 Schloemann-MKW式 壓延機를 導入하여 冷間壓延油와 類似한 水溶性油劑를 써서 壓延하고 있다. 젠지미어 롤로 스테인리스강을 壓延할 때와 같이 中程度의 摩擦係數를 가지고 있는 油劑가 使用되는 것이 바람직하다.

珪素鋼板은 材料 그 自體가 發錆하기 쉽고 또한 冷延捲取時에 油分燃燒가 發生하기 쉽기 때문에 油劑의 組成面에서는 이점에 特히 주의 해야 한다.

### 3.5 高炭素鋼의 壓延油

高炭素鋼은 可逆式壓延機나 젠지미어 압연기로 壓延하는 것이 一般의이다. 이때에도 材料의 變形 저항이 높기 때문에 可逆式壓延機로 壓延하려면 潤滑性이 뛰어난 油脂 或은 에스테르베이스의 壓延油가 使用된다. 젠지미어압연기에서는 壓延機自體의 機構上의 理由도 있어 摩擦係數가 比較的 높은 鑛油기초의 壓延油가 쓰여진다. (표 8의 D-2, D-3을 參照)

珪素鋼板의 경우와 같이 水溶性壓延油를 쓸 때에는 冷延後 油分燃燒 또는 發錆이 되지 않도록 注意해야 한다. 油劑의 組成上 防錆 및 油分燃燒抑制劑를 添加할 必要가 있으며 또한 冷延後 捲取時에는 철저한 水切作業이 이루어져야 함을 強調코져 한다.