

## 慣性熔接(Inertia Welding)의 特性과 應用

吳 世 奎\*

### 1. 序 論

慣性熔接法은, 美國에서 Oberle等에 依해 研究開發되어<sup>1),2)</sup> 1966년에 얻은 美 特許<sup>3)</sup>가 Caterpillar Tractor Co.에 양도된 후 美國內 生産 業体에서는 一般 및 特殊材質 또는 異種材質의 棒과 棒, 棒과 板, 棒과 管, 管과 管, 管과 板 等の 接合(butt welding)을 위해 가스熔接이나 抵抗熔接, 또는 flash butt welding이나 friction welding을 대신하여, 이 慣性熔接法이 應用되었고 海外로도 보급되어 왔다. 이는 慣性熔接法이 종래의 非慣性熔接法보다 熔接強度面이나 生産性 및 經濟性에서도 더욱 우수하다는 것이 인정되었기 때문이다. 그러나 우리나라에서는 이 熔接法에 관련된 研究發表가 筆者에 依해 몇 번 試圖되었을 뿐이고<sup>4),5),6),7)</sup> 아직도 生産 業体에는 應用되지 못하고 있는 實情이다.

오늘날 우리나라도 政府의 重工業育成方針에 依해 急速度로 機械工業이 發達됨에 따라 이 慣性熔接法이 各種 陸用·航空用·舶用機械 및 機關의 生産 一線에서 應用될 展望이 밝게 되었으므로 그 特性과 應用에 關하여 簡單히 考察해 보고 져 한다.

### 2. 慣性熔接法의 原理

慣性熔接法의 process는 두 素材(棒)를 接合 하고져 하는 境遇, Fig. 1과 같은 inertia welder (慣性熔接機)의 主軸 chuck에 한쪽 棒을 固定한 flywheel 等の 一体物이 一定 速度(2,500~3,500 rpm)로 急加速 回轉되고 一定 時間(1~2 초)後 電子 clutch에 依해 驅動力이 차단되면

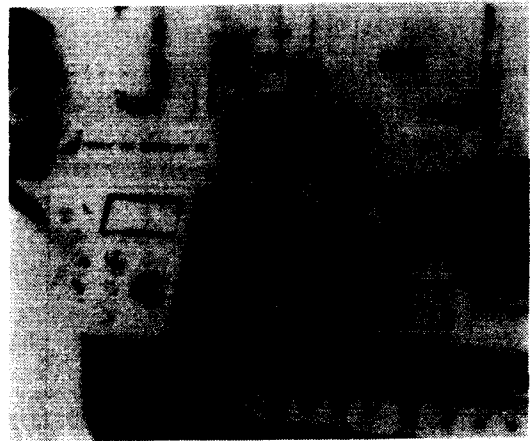


Fig. 1 Inertia welder

tail stock(心押台)에 固定된 다른 棒과 回轉棒의 推力과 回轉에 依하여 回轉加壓摩擦이 生기고 (Fig. 2), 이때 回轉體의 速度가 減速됨에 따라 慣性(inertia)에 依해서만 回轉하던 flywheel에 貯蓄된 運動 energy가 全部 摩擦 熱energy로 轉換되어 두 棒의 熔接面이 plastic 溫度下에서 回轉과 加壓에 依한 forging work를 일으켜 慣性에 依한 回轉이 停止함과 同時에 接合이 끝난다. 이때 加壓에 依해 突起된 ring 모양의 flash는 熔接完了後 冷却前에 flash 除去機에 依해 쉽게 除去될 수 있다.

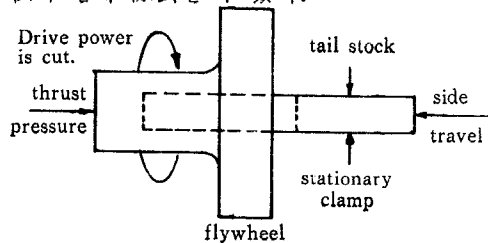


Fig. 2 慣性熔接 process의 機構概略圖

\* 正會員, 釜山水産大學 機關學科

慣性熔接法에 의한 熔接完成時間(1~10초)은 非慣性 摩擦熔接에 의한 것(10~60초)의 1/10 程度이며 熔接部에 미치는 熱浸透 速度도 훨씬 빠르며 非慣性 摩擦熔接에서의 單位 面積當 入力(energy-input rate)이 약 1.6 ps/cm<sup>2</sup> 인데 비해 慣性熔接의 境遇는 3.2~24 ps/cm<sup>2</sup>에 達하여 熔接部에 oxides나 voides가 없는 우수한 熔接이 이루어진다<sup>8), 9)</sup>.

Fig.3은 慣性熔接과 非慣性 摩擦熔接 cycle의 熔接變數 性能 比較圖이며 Fig.4는 熔接面 熱入力 分布圖이다<sup>6)</sup>.

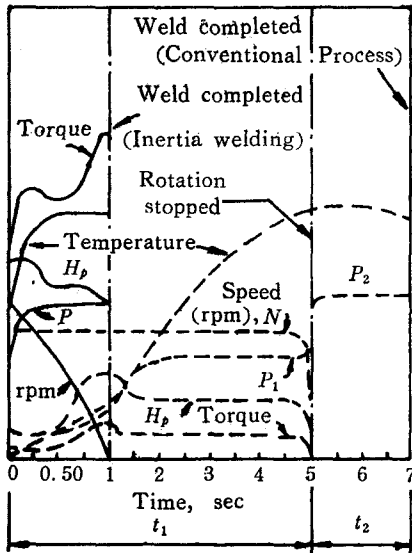


Fig.3 慣性熔接과 非慣性 摩擦熔接 cycle의 熔接變數 性能 比較圖

Welding parameters : Inertia process—1. moment of inertia,  $I$ ; 2. initial speed,  $N$ ; 3. thrust pressure,  $P$ . Conventional process—1. rotating speed,  $N$ ; 2. initial heating pressure,  $P_1$ ; 3. heating time,  $t_1$ ; 4. upsetting(braking) time,  $t_2$ ; upsetting pressure,  $P_2$ .

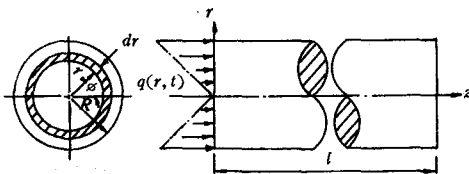


Fig.4 熱入力の 分布

Fig.3에서 慣性熔接의 境遇가 torque 및 溫度 上昇率等이 훨씬 높고 熔接時間은 훨씬 짧은 事實을 알 수 있다.

Fig.4에서 慣性熔接面의 熱入力和 熱傳導에 對해 考察<sup>6)</sup>하면 다음과 같다.

摩擦力에 의해 接觸面에 發生하는 熱量  $q$ 는 中心에서의 半徑方向 距離  $r$ 와 回轉速度  $n(t)$ 의 函數이므로

$$q = \frac{12000\pi}{427} \mu \cdot p \cdot r \cdot n(t) \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \dots (1)$$

및 寬  $dr$  部分에 作用하는 入力에 對한 熱量  $q'$ 는

$$q' = \frac{24\pi^2}{4270} \mu \cdot p \cdot n(t) \cdot r^2 \cdot dr \text{ kcal/hr} \dots (2)$$

여기서  $\mu$  : 摩擦係數

$p$  : 單位面積當 推力(kg/cm<sup>2</sup>)

$n(t)$  : 回轉數(rpm) (時間  $t$ 의 函數)

$r$  : 中心으로 부터의 距離

따라서 1熔接 cycle 中 全接觸面에 發生한 總 熱量  $Q$ 는

$$Q = 1.54 \times 10^{-5} \int_0^T \int_0^R \mu(r, t) \cdot p(r, t) \cdot n(t) \cdot r^2 \cdot dr \cdot dt \dots (3)$$

여기서  $R$  : 熔接素材의 半徑(cm)

$T$  : 總熔接時間(sec)

또, 熔接始作直前의 回轉體의 總運動에 너지  $E$ 는

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{I}{2} \left( \frac{2\pi N}{60} \right)^2 \text{ kg} \cdot \text{m} \dots (4)$$

이것이 모두 摩擦熱로 전환되면

$$Q = \frac{E}{J} \dots (5)$$

여기서  $I$  : 回轉體의 極慣性 moment(kg·cm<sup>2</sup>·sec<sup>2</sup>)

$N$  : 初期回轉數(rpm)

$\omega$  : 角速度(rad/sec)

$J$  : 熱의 일 當量(427kg·m/kcal)

實驗에 依하면 回轉速度  $n(t)$ 와 時間  $t$ 의 關係 曲線이 大略 二次曲線으로 表示되므로

$$n(t) = at^2 + bt + c \quad (a, b, c \text{는 常數}) \dots (6)$$

따라서 (3)式에 (6)式을 代入하여 (3)式을 積分 하면

$$Q = 8.0 \times 10^{-7} \mu \cdot p \cdot R^3 \cdot T (2aT^2 + 3bT + 6c) \dots (7)$$

(7)式과 (4)式을 (5)式에 代入하여  $\mu p$ 에 關係  
 풀면  $\mu p$ 의 값은

$$\mu p = \frac{16.1 IN^2}{R^3 T (2aT^2 + 3bT + 6c)} \dots\dots\dots(8)$$

$\mu p$ 의 값을  $A$ 라하면 (1)式의 熱入力  $q$ 는

$$q(r, t) = 88.3A \cdot r \cdot n(t) \dots\dots\dots(9)$$

이것이 양쪽 棒으로 各各 均一하게 作用한다  
 고 하면

$$q(r, t) = 44.1A \cdot r \cdot n(t) \dots\dots\dots(10)$$

이 式에서 熱入力  $q$ 는 中心에서의 거리  $r$ 에  
 比例함을 알 수 있다.

한편 固体内の 不安定熱傳導에 對한 一般 偏  
 微分方程式을 適用하면

$$\frac{\partial^2 T'}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T'}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T'}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 T'}{\partial z^2} + q'' = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T'}{\partial t} \dots\dots\dots(11)$$

여기서  $T'$ : 溫度

$t$ : 時間

$\alpha$ : 固体의 熱擴散度

$q''$ : 固体内の 單位體積當 熱降下

$z, r, \phi$ : Fig. 4에서의 座標軸 및 回轉角

로 表示되며 Fig. 4에서 回轉對稱體內에서의 熱  
 降下が 적다고 보면 (11)式은

$$\frac{\partial^2 T'}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T'}{\partial r} + \frac{\partial^2 T'}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T'}{\partial t} \dots\dots(12)$$

初期狀態의 固体内の 溫度는 어디나 均一하므로

$$T'(r, z) = T'_{\infty} \dots\dots\dots(13)$$

여기서  $T'_{\infty}$ : 周圍溫度

따라서 境界條件은

$$-\kappa \left[ \frac{\partial T'}{\partial z} \right]_{z=0} = q(r, t) \dots\dots\dots(14)$$

$$\left[ \frac{\partial T'}{\partial r} \right]_{r=0} = 0 \dots\dots\dots(15)$$

$$\left[ \frac{\partial T'}{\partial r} \right]_{r=R} = h(T'_s - T'_{\infty}) \dots\dots\dots(16)$$

$$\left[ \frac{\partial T'}{\partial z} \right]_{z=l} = 0 \dots\dots\dots(17)$$

여기서  $\kappa$ : 材料의 熱傳導度

$q(r, t)$ : (10)式에서 表示되는 熔接境  
 界面에서의 熱入力函數

$h$ : 熱傳導의 平均係數

$T'_s$ : 圓周面에서의 溫度

$l$ : 棒의 길이

위의 여러 式들을 뒷받침하는 軟鋼棒(SAE  
 1020)에 對한 慣性摩擦熔接部의 溫度分布에 關  
 해 筆者에 依해 試圖된 바 있는 實驗結果<sup>6)</sup>는  
 紙面上 省略하고 다음에 慣性熔接의 特性에 關  
 해 說明한다.

### 3. 慣性熔接法의 接合特性

慣性熔接法에 依해 壓接된 境遇의 接合特性은  
 다음과 같다.

1) 非慣性 摩擦熔接의 熔接條件(變數)<sup>10)</sup>이 回  
 轉速度, 加熱時間, 加熱壓力, 加壓時間, 加壓壓  
 力 등 5個인데 비해, 慣性熔接의 境遇는 fly-  
 wheel 質量, 回轉速度 및 推力의 3個 條件이 熔  
 接性能을 調節하며 이 세 變數에 依해 超一慣  
 性의 熔接을 얻기 爲한 調整이 쉽다<sup>4), 5), 7)</sup>.

2) 두 熔接素材는 軸方向으로 加壓되어 맞대  
 기 이음(butt joint)을 形成한다<sup>5), 7)</sup>. 그러나 圓  
 錐形 butt welding이 可能하다.

3) 두 熔接素材中 하나는 熔接面이 圓形이거  
 나 圓形에 가까운 것이라야 하며 이것이 棒이  
 든 管子든 相關없다<sup>5), 7)</sup>.

4) 推力과 torque가 一般 機械加工力보다 커  
 야하므로 慣性熔接機의 工具나 附屬品 設計時에  
 고려되어야 한다.

5) 形成된 熔接部는 強力한 固相結合을 나타  
 내며 溶融이 일어나기 直前에 塑性金屬(plastic  
 metal)이 밀려나온다.

6) 이 塑性金屬의 代替가 本來의 熔接面의 粗  
 雜性을 一掃하고 不純物을 熔接部에서 追放해  
 준다<sup>4), 10)</sup>.

7) 熔接 結合部에서의 flash(링모양의 突起部)  
 는 境遇에 따라 除去될 必要가 있다.

8) 熔接週期中에는 단지 熔接面에서 극히 좁  
 은 部分만이 加熱된다. 따라서 熔接部는 熱降下  
 役割을 하는 隣接 冷金屬母材에 依하여 담금질  
 (quenching)이 된다. 이때 熔接部의 硬度나  
 強度가 增加되나 硬度의 差나 殘溜應力을 없애  
 고 多少의 靱性을 주기 爲해 境遇에 따라서는

適切한 熱處理가 必要하다<sup>10), 11)</sup>.

9) 慣性熔接의 非溶融溫度(plastic temperature)와 急速한 熔接 cycle 時間(數秒)과 回轉鍛接 등이 여러 種類의 金屬接合에 理想的 條件을 提供한다.

10) 異種材質의 優秀한 熔接이 經濟的으로 그리고 連續的으로 成就될 수 있다.

11) 操作法이 매우 簡單하고 쉬우며 熔接面의 清潔이나 熔接棒 및 添加劑가 必要없으며 多量生産이 可能하다.

12) 熔接部의 熱影響部는 매우 좁으며 溶融生成物이나 粒子成長이 없고 두 異種材質이 보다 強力하게 混合되어 緻密한 微細組織을 갖는다 (Fig.5)<sup>4)</sup>.

13) 最適 慣性熔接條件<sup>5), 7)</sup>下에서 熔接된 試片의 引張強度는 熔接部가 母材보다 더욱 높고 破斷은 熔接面이 아닌 母材에서 일어나며 비틀림 疲勞破斷 역시 熔接部 아닌 母材에서 일어나므로 慣性熔接에 依한 熔接強度가 優秀함을 알 수 있다<sup>3), 4), 8), 10)</sup>.

以上の 諸特性中 어떤 것은 生産性에 有益한 長點이 되나, 어떤 것은 應用面에 制限을 示唆하고 있다.



Fig.5 慣性熔接된 SAE8630-IN713C의 壓接部組織 (100x)

#### 4. 慣性熔接素材의 接合形狀과 크기 限度

慣性熔接에 適應되는 두 熔接素材의 代表的 接合形狀은 管과 管, 管과 平板, 管과 棒, 管과 圓筒, 棒과 棒, 棒과 平板 等이다.

慣性熔接 素材의 크기는 各種 慣性熔接機에 따라 다르나 主軸 chuck에 몰릴 最大直徑 限界가 15.2mm, 22.9mm, 25.4mm, 30.5mm, 45.7mm, 63.5mm, 101.6mm로 되어 있다. 그러나 오늘날은 直徑이 2.54mm 보다 작은 drill로부터 直徑 610mm의 wheel에 이르기까지 慣性熔接이 可能하며 길이로는 25.4mm 以下の 것부터 5.5 m 以上에 이르기까지 接合可能하다. 生産型 慣性熔接機에 依하면 6mm~102mm 直徑의 鋼棒 또는 外徑 760mm가 넘는 얇은 두께의 管을 接合할 수 있다. 經濟的 妥當性만 있다면 보다 크거나 작은 크기의 接合도 可能한 것이다.

#### 5. 慣性熔接의 材質限度

慣性熔接의 重要한 特性中의 하나는 廣範圍한 金屬을 接合할 수 있다는 點이다. 鍛接이 可能

Table 1. 慣性熔接이 可能的한 金屬材料

同種材質	異種材質
炭素鋼	高速度鋼과 諸種의 鋼
stainless鋼	燒結鋼과 軟鋼
工具鋼	316 stainless鋼과 Inconel
燒結鋼	stainless鋼과 中·低炭素鋼
合金鋼	1100 및 6061 aluminum과 中炭素鋼
aluminum合金	cobalt系 合金과 鋼
銅	347 stainless鋼과 17-PH
黃銅, 青銅	純粹 titanium과 302 stainless 鋼
molybdenum	鋼과 1100 및 6061 aluminum
waspalloy	銅과 中炭素鋼
cobalt 合金	銅과 諸種의 合金
titanium	銅合金과 銀 tungsten
zircalloy	aluminum 青銅과 中炭素鋼
Inconel	nickel系 合金과 鋼
nickel 合金	valve 材料和 合金鋼 및 炭素鋼

(bearing type은 除外)

한 金屬은 거의 어느 것이나, 그리고 베어링 材質이 아닌 金屬은 거의 모든것이 慣性熔接되며 심지어 他熔接法으로는 困難하거나, 不可能한 異種材質의 接合도 慣性熔接法으로는 可能하다. 그러나 鑄鐵에서는 그대라이트(graphite)가 摩擦性能을 低下시키므로 慣性熔接이 不可能하며 熔融성이 낮은 朱錫이나 납 등의 含量이 큰 靑銅合金을 慣性熔接하기에는 多小 困難한 점이 있다<sup>8,9)</sup>.

Table 1에 慣性熔接이 可能的한 金屬材料表를 部分的으로 表示하였다.

### 6. 慣性熔接法の 應用 및 經濟性

慣性熔接法을 金屬材料의 接合에 應用하므로써 生産工程의 簡素化, 時間과 勞動力의 節約, 材料의 節約 등으로 生産原價를 節減할 수 있는 것은 事實이다. 美國內 生産工場에서의 그 實例로서 國産化 展望이 큰 것을 調査하여 다음과 같이 紹介하고자 한다.

1) pump shaft : stainless鋼만으로 機械加工하여 만드는 대신  $\phi 31.75 \times 152.4$ mm의 stainless鋼과 값싼  $\phi 31.75 \times 213$ mm의 SAE 1018軟鋼을 慣性熔接한 것(最小全長 357mm가 됨)을 機械加工(大部分 軟鋼쪽에서 시도)하여 製造하였을 때 45%의 材料費 減少와 10%의 機械加工費 節約을 얻었고 熔接部에 對한 金屬顯微鏡 組織檢査 結果 優秀한 熔接임이 判明되었으며 이 慣性熔接된 펌프軸이 3500rpm에서 시운전되었을 때 아무런 異常이 없었다. 慣性熔接時間은 2~4초에 不過하였고 材料損失은 단지 8mm以內였으며 生産率은 手動일 때 時間當 120個, 自動일 때 時間當 260個를 生産할 수 있었다.

2) 排氣밸브(自動車 Diesel engine用 및 gasoline engine用, 船用 Diesel engine用) : 直徑 9.14mm의 排氣밸브를 生産할 때, 高價의

耐熱合金인 head部와 多少 값싼 耐摩減性 低合金鋼 stem部와의 慣性熔接이 flash butt welding을 代身하였을 때, 每時間當 600個의 生産이 可能하였다. valve 生産에 慣性熔接이 應用되는 主利點은 flash의 容易한 除去와 밸브의 異種材質의 成功的 接合과 多量生産성의 可能性에 있는 것이다. 實驗結果 慣性熔接에 依한 valve가 flash butt welding에 依한 것보다 熔接性能이 優秀하여 더욱 強靱하다는 것이 判明되었다.

3) power control drive shaft : SAE 1045 鋼材로서  $\phi 49.23 \times 30.2$ mm 棒과  $\phi 25.30 \times 1004.1$ mm 軸과의 慣性熔接이 upset 鍛造工程과 5個 矯正 工程等を 代替함으로써 個當 \$12.17의 費用을 節減시켰고(1972年度基準), 疲勞試驗 結果 破斷이 熔接部에서는 일어나지 않아 優秀한 接合結果였음을 알 수 있다.

4) trunnion과 空·油壓 cylinder와의 接合 : gas metal arc welding 代身에 慣性熔接을 應用함으로써 個當費用이 71% 節減된다.

5) 軸과 pinion의 熔接 : 鍛造된 8630鋼材 pinion과 SAE 1035 鋼材 管軸과의 慣性熔接은 upset 鍛造에 依한 것에 比해 約 50%의 生産原價節減을 얻었다.

6) gear blank( $\phi 190.5$ mm)와 軸( $\phi 35$ mm)과의 慣性熔接 : 加壓 gas 熔接에 比해 90%의 生産時間 節約을 얻을 수 있다.

7) bolt : SAE 4140 鋼材 16.13cm<sup>2</sup> 正四角 head와  $\phi 28.52$ mm의 shank를 慣性熔接하여 bolt를 만들면 機械加工에 比해 55%의 生産原價節減이 있다.

8) drill과 shank 熔接 : flash butt 熔接代身 慣性熔接에 依하면 約 10%의 生産原價 節減을 얻을 수 있다.

9) 그의 代表的인 慣性熔接의 應用과 그 經濟性을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. 慣性熔接法の 應用 實例와 經濟性

(1972年 美國內 調査)

品 名	제 길, 규 격	용 전 가 공 법	경 제 성
트랙 롤러 어셈블리 (Track roller assembly)	5.188" $\phi$ $\times$ 0.500 두께	서브머지드 아아크 (Submerged arc)용접	17% 생산원가 절감

불릿 피니언카스터 기어 (Bull & pinioncuster gear)	SAE 862 관과 관 4.06"의경 2.62"내경	일체(一體)단조	시간과 생산원가 절감
드라이브샤프트 요우크 (Drive shaft yoke)	SAE 1038 1.125"φ봉과 단조물	일체 단조	"
드릴 (Drill)	M10 고속도강과 SAE 4140생크, 0.750"φ	flash butt welding	개당 0.30\$ 절약 시간당 160개 생산
자동차 액슬 (Axle)	disc SAE 1045, 축 SAE 1020, 1.82"φ	일체 단조	시간과 생산원가 절감 성능우수
트레일러 브레이크 캠 (Trailer brake cam)	SAE 1049 1.814"φ	일체 단조	시간당 60개, 개당 24% 생산원가 절감
자동차 트랜스미션 출력축 (Automotive transmisson output shaft)	관 SAE 1020 축 SAE 1141 축 직경 1.417"φ	단조 및 기계가공	용접부가 1,500 ft·lbs에 견딤
프린트 프레스 로울러 (Printing press roller)	SAE 1020	기계가공(press fit)과 용 접조립	journal end에서 70%의 재료절약
프로펠러 축 (Propeller shaft)	SAE 8620 304 스테인 리스강, 1.187"φ	일체 스테인리스 단조	55%의 생산 원가 절약
리프트 링크볼 소켓 (Lift link-ball socket)	SAE 1045 연강관과 축 1.47"φ	단조링크(forged link)와 아아크(arc)용접 슬리브 (sleeve)	35%의 재료절약, 32%의 노동력 절약, 1개당 7.48\$ 절약
자동차 후부 액슬 축 (Automotive rear axle shaft)	관 SAE 1010, 포오크 (fork) 0.34~0.40" spline 0.42~0.50"φ봉	아아크 용접	우수한 용접 강도 노동력 절약 시간절약, 비용절약
팬 샤프트 (Fan shaft)	SAE 1018 플랜지 2.00"φ 축	슈링크 핏트 아크용접 (shrink fit arc Weld.)	생산 원가 절약
브레이크 레버 축 (Brake lever shaft)	탄화, 경화축과 연강관 1.25"φ	아아크 용접	질의 향상과 개당 0.16\$ 절약
스피드 선택터 축 (Speed selector shaft)	연강 요오크 (yoke) SAE 1045 축 3/4"φ	핀 결합 (pinned assembly)	개당 2.61\$ 절약
트랙 캐리어 로울러브라켓 (Track carrier-roller bracket)	강관과 0.375"두께의 구 조 강관 블록	SAE 1024의 캐스팅 (casting)	개당 4.71\$ 절약
유압 피스톤로드 어셈블리 (Hydraulic piston rod assembly)	크롬메기된 인발 강봉과 관에서 절단한 아이 (eye)	일체 단조	50% 생산원가 절약이 예 상됨
자동차 트랜스미션 입력축 (Automotive transmissi- on input shaft)	SAE 1141 축 SAE 1010컵 (cup) 축경 1.417"φ	단조 및 기계 가공	용접 성능 우수 용접 부가 1500 ft·lbs에 견딤
오일 펌프 기어 (Oil pump gears)	SAE 1018 톱 절단 (saw cut), 냉간 인발 봉	일체 단조	개당 15~30%의 원가절감
디스크 브레이크 캘리퍼 (Disc brake caliper)	SAE 1020 0.187"두께 X 2.275"φ 컵 (cup)과 관 (plate)	malleable iron castings	기계가공의 난점을 일소 시켜줌
트랙 로울러 부상 (Track roller bushing)	SAE 1010과 1010	아아크	개당 0.5\$ 절약
전직기 로울러 (Textile rollers)	SAE 1020 외관 33/16~7/16"두께 내관 1 1/2~7/16"두께	아아크	원가 절감
자동차 조정 로드 (Steering rod)	관 1020 과 육각봉 1045 관 0.75"φ와 관	일체 단조	원가 절감 성능 우수
자전거 디스크 브레이크 결합물(Disc brake as- sembly)	SAE 1020 관과 1010관 2"φ, 1/8"두께 관과 강관	아아크 또는 가단 주철	원가 절감 용접 성능 우수
자전거 포오크(Fork)	SAE 1020상온 압연관과 fork 단조물	아아크 용접 플래쉬 버트 용접	용접성능 매우 우수, 다량 생산, 생산원가 절감, 작업 간단
키웨이 커터 (Key way cutter)	SAE 6145 생크와 M-4 공구강 커터헤드	기계 가공	재료, 기계가공, 시간절약, 25% 생산원가 절감, 시간 당 100개 생산능력
고압 호우스 카플링 (High-pressure hose coupling)	SAE 1141 스퍼드 (spud)와 스템(stem), SAE 9630의 관을 소정 크기와 형상으로 굴곡	노내 브레이징(furnace brazing) 정밀기계가공, 특수 표면처 리, 열처리 브레이징(br- azing)에 의한 프레스핏트 조인트(press fit joint)	생산 기간이 40%로 단축 스크랩(scrap)비가 25~30 %로 부터 1%로 감소

에어 콘디셔너 샤프트 (Air conditioner fan shaft)	SAE 1016축, 2 $\frac{3}{8}$ " $\phi$ SAE 1010판, 37" 두께 $\times$ 5 $\frac{5}{32}$ " $\phi$ SAE 1010봉, 2 $\frac{3}{8}$ " $\phi$	아아크 또는 플래쉬 버트 용접 (flash butt welding)	용접 성능 우수 평한 원가 절감
--	---	---	----------------------

### 7. 結 論

以上과 같이 慣性熔接法의 特性과 應用 및 그 經濟性의 優秀함을 論하였고 應用 實例를 列舉함으로써 慣性熔接의 迅速한 國産化에 조금이라도 寄與하고자 하였다. 先進國에서는 高壓容器나 宇宙産業用材料의 熔接에도 慣性熔接을 應用할 만큼 그 應用範圍가 넓으며 오늘날 우리나라의 機械工業도 크게 發達되어 機械生産品의 質的 向上과 生産原價節減을 通한 國産機械類의 海外市場 開拓 및 競争勝利를 爲해 우리나라에도 慣性熔接이 應用되어야 할 때가 왔다고 確信한다.

#### 〈參考 文獻〉

- 1) T. L. Oberle, C. D. Loyd and M. R. Calton, "Inertia Welding...An Efficient Joining Technique," Metal Progress, Vol. 87, No. 6, p. 104, June, 1965.
- 2) T. L. Oberle, C. D. Loyd and M. R. Calton, "Caterpillar's Inertia Weld Process," SAE Trans. Section 3, Vol. 75, pp. 28-35, 1967, SAE paper 660470(Ariz. Sec. Meeting), Oct. 7, 1965.
- 3) T. L. Oberle, M. R. Calton, C. D. Loyd and C. F. White, "Method of Bonding Metal Workpieces," US Patent No. 3, 273, 233, Sep. 20, 1966.

- 4) 吳世奎, "慣性熔接된 異種材質 IN 713C-SAE 8630의 熔接性能에 回轉速度가 미치는 影響," 大韓造船學會誌, 9卷2號, p. 43~48, 1972.
- 5) 吳世奎, "The Proper Welding Parameters Determination in Inertia Friction Welding of Steel Tube and Bars," 釜山工專研究論文集, 13卷, p. 147~159, 1973.
- 6) 吳世奎, "A Study on Temperature Distribution in Inertia Welded Joints of SAE 1020 Steel Bars," 釜山工專研究論文集, 17卷 p. 223~235, 1976.
- 7) 吳世奎, "A Study on the Optimum Inertia-Welding Parameters Determination for Tubular Transition Joints of Steel Shaft to Nickel-Base Superalloy," Journal of P. T. C., Vol. 18, p. 203~214, 1977.
- 8) AWS, "Welding Handbook," Chap. 50, Friction Welding, 50.3-50.37, 1970.
- 9) ASM, "Metals Handbook," Vol. 6, Friction Welding, pp. 507~518, 1971.
- 10) 吳世奎, "넬브材料의 摩擦熔接에 關한 研究—排氣넬브材料 SUH3-SUH31의 壓接을 爲한 熔接性能 改善을 中心하여—" 大韓機械學會誌 第14卷, 第3號, p. 221~232, 1974.
- 11) 吳世奎, "機關排氣넬브用鋼(SCr4-21-4N, SUH3-21-4N)의 摩擦壓接과 熱處理에 關한 實驗的 研究," 韓國漁業技術學會誌, 14卷 2號, p. 79~87, 1978.

### 船舶用 엔진 및 同部分品 性能評價 委員會 設置

商工部는 지난 2月 12日字 商工部 公告 第79-17號로 船舶用 디젤엔진 및 同部分品에 대한 輸入要領을 公告하고 出力이 260BHP超過, 또는 1,800rpm以上の 船舶用 디젤엔진의 輸入에 있어서는 韓國造船工業協會의 輸入推薦을 받도록 하였으며 同公告 第3條 第4項에 船舶用 디젤엔진 및 同部分品 性能評價委員會를 構成 運營要領에 따라 今般 다음과 같이 同委員會의 設置運營要領에 관한 公告가 發表되었다.

한편 上記 委員會內에 設置하도록 되어 있는 專門分科 委員會 委員으로서는 金在道氏(韓國船級協會 技師長, 本學會 正會員), 金重燁氏(嶺南大學校 教授), 朴泰仁氏(韓國船舶研究所 機械機關研究室長, 本學會 正會員), 全孝重氏(韓國海洋大學 教授, 本學會 正會員) 등이 內定된 것으로 알려져 있다.

商工部 公告 第 79-103號

#### 船舶用 엔진 및 同部分品 性能評價委員會 構成 및 運營要領

商工部 公告 第 79-17號(79.2.12) “船舶類와 船舶用 디젤엔진 및 同部分品 輸入要領” 第3條 第4項에 依한 船舶用 디젤엔진 및 同部分品 性能評價委員會의 構成 및 運營要領을 다음과 같이 公告한다.

1979. 7. 11

商工部長官

附 則

1. 이 公告는 1979年 7月 18日부터 施行한다.

第 1 條 (目的) 船舶用엔진의 國産化 促進과 性能保障 및 安定供給을 위하여 船舶用 디젤엔진 및 同部分品 性能評價委員會 (이하 “委員會”라 한다)를 構成하여 國産化 엔진의 性能, 價格, 納期 등을 評價·分析토록 한다.

第 2 條 (委員會 構成) ① 委員會는 아래와 같이 構成한다.

委員長: 韓國船舶研究所長

委員: 船舶用엔진工業協會 幹事

韓國船級協會 技術常務

韓國船主協會 常務理事 또는

韓國漁船協會 擔當常務

關聯學界 教授

幹事: 韓國船舶研究所

② 委員長은 專門인 評價 分析을 위하여 4人以內의 專門家로 構成된 專門分科委員會를 두어야 한다.

第 3 條 (評價方法) ① 委員會는 다음 基準에 따라 엔진의 性能, 價格 및 納期등을 評價한다.

1. 엔진의 性能에 對하여는 國産化 比率에 따라 差 등을 두어 評價하며 同一 시리즈의 엔진은 1機種의 엔진 評價로 全機種이 評價받은 것으로 看做한다.

2. 엔진의 販賣價格은 國際去來價格과 比較하여 評價한다.

3. 엔진의 納期는 完製品을 輸入할 경우와 比較 評價한다.

② 第1項의 評價方法과 關聯된 調査方法 및 具體的 基準과 其他 必要한 事項은 委員長에게 委任한다.

第 4 條 (評價申請) 엔진의 評價를 받고자 하는 엔진 製造業者는 委員會가 規定한 所定の 申請書를 具備하여 委員長에게 提出한다.

第 5 條 (評價書提出등) ① 委員長은 評價申請書를 接受하면 5日以內에 評價計劃書를 作成하여 商工部長官에게 提出하여야 한다.

② 委員長은 評價申請書를 專門分科委員會에 회부하고 專門分科委員會는 이의 檢討意見을 委員會에 報告한다.

③ 委員長은 第2項의 專門分科委員會의 報告에 근거하여 國內 製作供給可能 與否를 決定한 評價書를 商工部長官에게 지체없이 提出하여야 한다.