

<講 座>

構造用 材料의 破壞의 舉動과 強度 (VI)

(腐蝕疲勞에 대하여)

宋 森 弘*

1. 머 리 말

科學技術의 비약적인 發展에 따라서, 宇宙開發, 海洋開發등을 실현시키는 段階에 이르렀고, 또한 이에 발맞추어 機械 및 構造物에 사용되는 各種部材의 輕量化를 꾀하는 한편 사용장소가 매우 험악해지고 있다. 이와같은 社會的인 추세에 따라 材料가 보다 險惡한 條件下에서 사용된다는 事實은 最近에는 一般常識처럼 되고 있다 따라서 험악한 장소에서 破壞가 發生한다면 最惡의 경우는 人命을 위협하기도 한다. 이와같은 일반사항을 고려하여 本講座 (VI)에서는 특히 腐蝕되기 쉬운 場所에서 部材가 사용되었을 때의 腐蝕疲勞에 대하여, 극히 一般的인 事項을 간추려보기로 하겠다.

2. 腐蝕疲勞의 概要

腐蝕作用과 反復되는 應力을 동시에 받는 環境속에서 金屬材料가 가지는 現象을 腐蝕疲勞라고 말한다. 腐蝕疲勞中에 材料가 받는 損傷은 單純한 條件下에서 받는 材料의 損傷보다는 매우 크다.

예를들면 바다물에 40여일간 담가두었던 듀랄류민의 疲勞強度는 大氣中에서의 그것보다 약 40%정도 低下한다고 한다.¹⁾ 즉 腐蝕疲勞強度는 大氣中에서 얻어진 값보다 1/3~1/4정도이다.

그러나, 腐蝕과 反復되는 應力의 時期를 다소 바꾸었을 경우에도 넓은 意味에서는 腐蝕疲勞라고 말할때도 있다. 또 엄격하게는 大氣中에서 일어나는 腐蝕도 腐蝕環境이지만 여기에서는 大氣中에서 顯著하게 腐蝕을 일으키는 特殊한 材料를 제외하고는 大氣中에서의 그것은 腐蝕環境이라고 하지 않겠다. 특히 腐蝕作用이 강한 경우에는, 疲勞限度는 存在하지 않고 應力反復數가 $N=1 \times 10^6$ 을 넘어서도 S-N曲線에는 水平部가 나타나지 않는다. 따라서 작은 應力에 대하여도 特別한 腐蝕防止法

을 강구하지 않고서는 長期間 壽命을 기대하기는 어렵다.

反復되는 應力을 받기 以前에 腐蝕作用을 받은 材料는, 그후 大氣中에서 어떠한 疲勞強度를 나타낼까 하는 問題도 腐蝕疲勞에 관련되어 취급할 수 있지만, 이 경우 腐蝕때문에 材料의 表面에 發生한 腐蝕孔洞의 노치作用 때문에 疲勞限度가 低下된다는 것은 重要한 일이다. 특히 工學的인 觀點에서는 腐蝕作用下에서의 反復應力을 받는 材料의 強度問題는 매우 중요하다.

腐蝕疲勞에 의한 破壞와 관련되는 部材에는 여러種類가 있다. 즉, 小型船舶의 推進軸 및 푸르펠러, 펌프用品, 폐기가스送風機軸, 케이블등의 被覆鉛, 기타 腐蝕作用을 받는 部分에 사용되는 部材들이 있다. 또한 보일러의 給水加熱機關도 蒸氣의 衝擊에 의한 振動때문에 破損되는 경우가 있고, 化學工業裝置의 配管등에서도 이러한 種類의 破損을 볼 수가 있다. 이러한 化學裝置에 있어서는 그環境의 溫度가 높아진다면, 분위기가 腐蝕하기에 알맞은 경우가 많으므로 주의할 필요가 있다. 이와같은 腐蝕疲勞를 처음 研究한 사람은 英國의 Haigh²⁾로서, 좀더 系統的으로 연구한 사람은 美國의 McAdam이라고 말해지고 있다.³⁾

3. 腐蝕疲勞의 S-N曲線

大氣中에서 얻어지는 S-N曲線은 試驗材料 및 應力의 種類가 一定하다면 거의 一定하다. 예를들면 鐵鋼등에 있어서는 $N=1 \times 10^7$ 부근 혹은 그 이전에 水平部分이 나타나기 시작하기 때문에 疲勞限度가 확실하게 얻어진다 그래서 疲勞限度의 값은 應力反復速度, 反復應力의 中止등의 영향은 거의 받지 않는다.

한편, 腐蝕疲勞에 대하여는 여러가지 事情이 다르다. 즉, 腐蝕液의 種類 및 狀態는 물론, 應力反復速度 또는 應力反復율 中止할것인지의 여부는 S-N曲線의 모양을 顯著하게 변화시키며, 따라서 이 경우의 S-N曲線에는 水平部가 나타나지 않으니가 腐蝕疲勞에 대하여는 지정

* 正會員, 慶熙大學校 工科大學 機械工學科

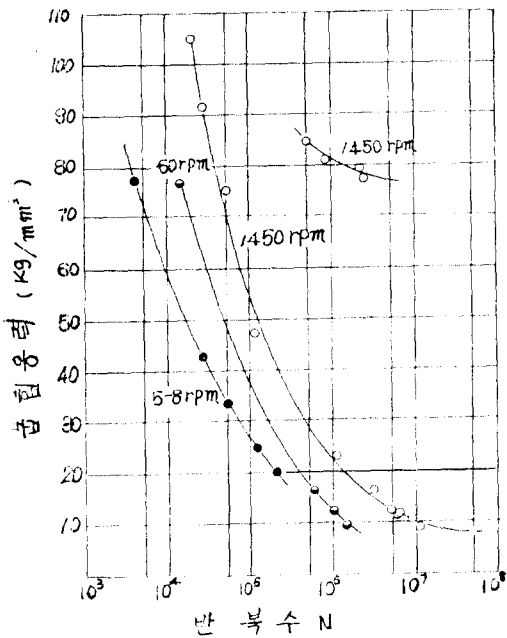


그림 1. 淡水中の S-N 曲線 (NiSi鋼)

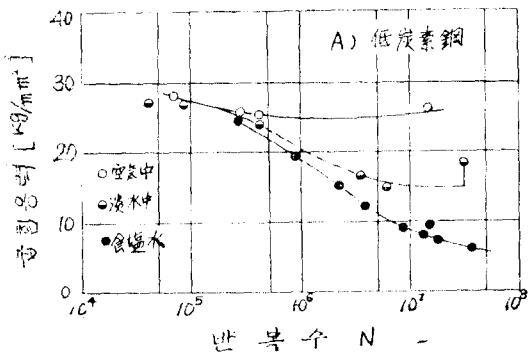


그림 2. a

그림 2. 空氣中·淡水中 및 食鹽水中의 S-N 曲線

된 反復數에 對하는 應力 즉 時間疲勞限度라는 것이 매우 중요한 意味를 갖는다.

그림 1은 應力の 反復速度를 考慮한 S-N 曲線으로서 새로운 淡水中에서 실시한 NiSi강 (C=0.47%, Ni=3.1%, Si=1.58%)의 回轉굽힘疲勞試驗결과와 一例이다.

이 그림에 표시한 腐蝕疲勞에 대하여는 反復速度가 느릴수록 曲線은 내려가기 때문에, 一定한 反復數에 對하는 應力은 反復速度가 빠를수록 크다. 이것은 전체

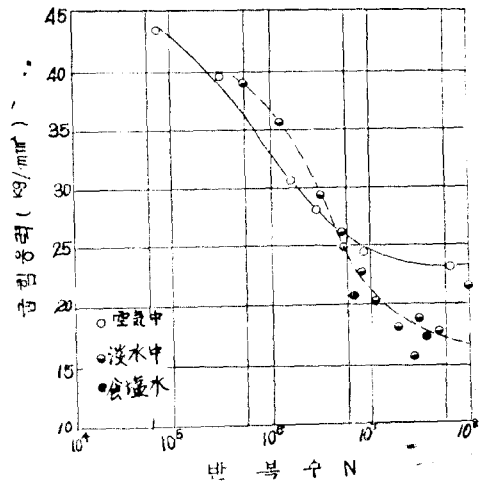


그림 2. b

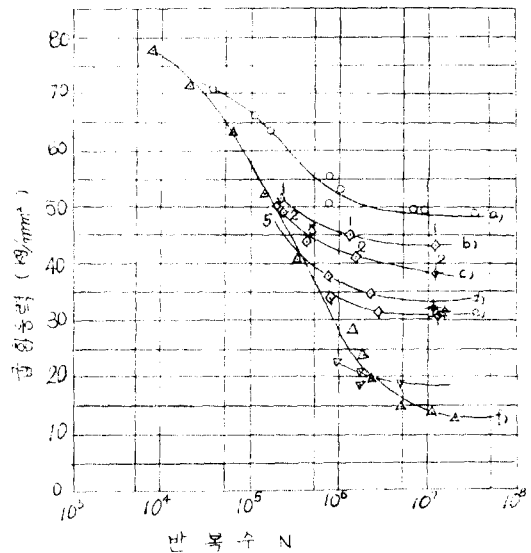


그림 3. 試驗前에 腐蝕液에 담그면 疲勞限度가 變化한다

反復數가 같다면 反復速度가 느릴수록 試料가 腐蝕液에 接觸하는 時間이 길기 때문에 일어나는 現象이다.

그림 2에는 여러가지 材料중에서, 例를 들면 低炭素鋼 (C=0.16%, Mn=0.45%, Si=0.02%, Ni=0.03%, Cu=0.09%, 인장강도 $\sigma=46.2\text{kg/mm}^2$, 熱處理는 담금질, 템퍼링) 및 Al青銅 (Mn=0.14%, Ni=0.81%, Cu=88.7%, Al=7.5%, Fe=2.89%, 인장강도 $\sigma=63.3$

kg/mm², 素材) 材料에 맑은 물 또는 鹽水(食鹽함유량 약 海水의 약 1/3인 河川水)를 계속 부어주면서 回轉굽힘試驗을 한 結果를 표시한다. 다만, 應力反復數의 速度는 每分 1450회이다. 一定한 時間 腐蝕液에 浸어넣은 후 腐蝕液을 除去하고, 大氣中에서 實驗하면 疲勞限度는 低下한다.

그림 3은 이와같은 事實을 표시하는것으로서 材料는 CrV鋼 (C=0.46%, Mn=0.69%, Si=0.24%, P=0.007%, S=0.010%, Cr=0.88%, V=0.14%)이다. 이 實驗에서 回轉굽힘速度는 每分 1450회임으로, 하루 중일 약 N=2.1×10⁶회를 반복한다. 그림중의 曲線 a는 大氣中에서의 실험결과이며, (b)는 疲勞試驗前에 하루 동안을, (c)는 2일간, (d)는 6~7일간 각각 물속에 넣었다가 꺼내서 大氣中에서 實驗한 結果이다. 또 (f)는 水蒸기중에서 應力을 반복시킨 結果이다. 그림에서 (f)를 제외한 曲線은 N=1×10⁷회를 넘으면 이미 水蒸기部分이 나타나서 疲勞限度가 存在한다는 것을 알 수 있다. 또, 腐蝕液속에 넣어두는 시간이 길수록 疲勞限度의 低下도 크다. 이 現象을 이용하여 腐蝕의 程度를 測定할 수가 있다.

표 1. 수증기 기타에 의한 부식피로한도(회전굽힘)
(σ_w=kg/mm²)

부식액	탄 소 강	3% Ni 강
공 기	20	32
수 증 기(100°C)	—	30
수 증 기	15	19
물 이 흐 름	13	14

4. 腐蝕液의 影響

(a) 空氣의 영향

一般으로 공기중에서 疲勞試驗이 실시되고 있으나, 空氣가 腐蝕作用을 일으킨다는것은 Gough, Sopwith⁴⁾에 의하여 처음으로 밝혀졌다. 즉, 공기중에서 얻은 疲勞限度는 공기가 접촉되지 않는 狀態에서 얻은 疲勞限度와 比較하여 보면 다소 낮다. 그때의 實驗方法으로서 는 試驗片에 직접 공기가 접촉하지 못하도록 그 表面에 특수한 구리스를 도포하던지 혹은 진공속에서 실험을 한다. 그러나 이러한 공기의 腐蝕作用은 극히 미소한 정도의 값이기 때문에 特別한 目的의외에 대기중에서의

實驗을 腐蝕疲勞現象이라고는 생각하지 않는다.

空氣中の 腐蝕作用의 原因은 空氣中の 水分이 매우 중요한 역할을 한다고 한다. 즉, 水分을 포함하지 않는 공기중에서는 腐蝕疲勞는 거의 일어나지 않는다는 사실로부터 예측할 수가 있다.

空氣中에 水分量을 增加시킬수 있는 물을 試驗片表面에 凝縮시킬 경우에는 疲勞限度의 低下는 顯著하다. 어떤 경우는 공기중의 수증기가 직접 疲勞限度를 低下시킨다고도 생각되나 수증기는 일종의 촉매작용을 한다고 생각하는 사람도 있다.

(b) 수증기

고온의 수증기는 疲勞限度를 低下시키지 않는다.

표 1은 수증기 및 물에 접촉하는 試驗片의 腐蝕疲勞限度를 나타내는 實驗結果의 一例이다.

수증기중에서 얻어진 疲勞限度가 空氣中에서 얻어진 그것보다 낮다. 따라서 이결과를 蒸氣原動機等과 關聯시켜 생각하여본다면, 이문제는 주의해야할 事項이다.

(c) 물, 海水, 기타

淡水, 혹은 鹽水中의 疲勞強度는 空氣中の 값에 비하여 낮고, 바다물에서의 疲勞強度는 매우 낮다. 大部分의 鋼은 化學成分 또는 熱處理의 程度에 關係없이 N=5×10⁷에 대한 疲勞限度는 數 kg/mm² 低下하고 不銹鋼에서는 약 10kg/mm²程度 低下한다. 또한 매우 강한 腐蝕作用을 일으키는 酸等에 依한 腐蝕疲勞研究는 實驗機 自體가 腐蝕되어 破壞할 염려가 있기 때문에 거의 實施되고 있지 않는 실정이다.

5. 表面狀態 및 노치의 영향

空氣中에서의 疲勞限度가 材料의 表面狀態에 따라서 크게 變化하는데 비하여 腐蝕疲勞의 경우의 表面狀態는 그렇게 큰 影響을 미치지 않는다. 이 硬化層의 두께 및 硬化의 程度는 切削條件 기타에 따라서 다르다.

加工된 鋼은 腐蝕하기 쉬우나, 腐蝕疲勞에 있어서는 腐蝕液에 接하기 이전에 받은 加工은 별로 影響을 주지 않는다.

한편 노치는 腐蝕疲勞에 어떠한 影響을 미치고 있는가를 살펴보자.

우선 低炭素鋼(0.06%C)에 대하여 노치 및 試驗片軸에 직각으로 작은 구멍을 가진 試驗片을 사용하여 처음으로 空氣中에서 또는 수도물중에서 피로시험을 실시했다.⁵⁾ 이 實驗結果에 따르면 反復數가 작은 區間에서는

노치材料 및 有孔材의 S-N曲線은 다같이 平滑材의 S-N曲線보다 밑에 그려지지만 $N=5 \times 10^6 \sim 10^7$ 에 있어서의 兩者는 交叉하고 $N=5 \times 10^7$ 정도부터 노치의 S-N曲線은 橫軸에 거의 平行部分을 나타낸다. 平滑材에서는 平行部分이 나타나지 않는다. 이러한 結果 다른 材料를 使用하여 實驗하였을때도 같은 結果를 가져온다고 한다.

6. 非鐵金屬의 腐蝕疲勞

티탄을 除外한 非鐵金屬에서는 大氣中에서의 疲勞強度는 매우 낮으나, S-N曲線의 傾斜는 應力反復數 $N=1 \times 10^7$ 회를 넘으면 自然히 水平에 가까워 진다.

그러나, 腐蝕疲勞에서는 그러한 傾向은 볼수없다.

一般으로 銅合金은 反復數 $N=1 \times 10^6$ 회 이후, 알루미늄合金은 $N=1 \times 10^7$ 회程度에서 부터 應力反復數의 增加와 더불어 疲勞強度의 低下가 나타난다.

티탄 및 그 合金은 수도물, 蒸溜水, 및 食鹽水中에서는 腐蝕疲勞에 依한 피해는 없다고 한다.

a. 腐蝕液의 영향

腐蝕疲勞強度는 一般으로 수도물 또는 3%의 食鹽水中에서 實驗하고 있는 實情이며, 海水, 汚穢海水, 河川水등에 의한 實驗도 있다.

알루미늄合金은 硬水와 軟水로 나누어서 實驗을 하여도 疲勞強度에는 差가 거의 없다.

H10 合金의 疲勞強度 ($N=1 \times 10^6$ 회)는 軟水 硬水 差까지로 6.3 kg/mm^2 이고, 蒸溜水에서는 9.4 kg/mm^2 이다.⁷⁾

腐蝕液溫度가 높아지면 腐蝕作用은 活發하고, 腐蝕疲勞強度는 低下한다고 생각되나, 非鐵金屬에 對한 實驗이 적으므로 앞으로 이문제는 고려되어야 할것이다.

한편, 모넬合金에 대하여는 물온도가 1.1°C , 18.3°C , 및 66.7°C 의 3조건에서 實驗을 한 結果, 應力反復數 $N=1 \times 10^6$ 회까지의 實驗結果로는 腐蝕의 影響은 나타나지 않는다.

또한 Al-Mg 및 Al-Mg-Zn 合金은 $90 \sim 95^\circ\text{C}$ 의 蒸溜水中에서 양호한 값을 나타낸다고 하는 實驗도 있다.⁸⁾

b. 反復應力, 反復速度, 反復時間의 영향

어떤 反復數에서의 腐蝕疲勞強度는 反復速度에 正比例한다.

또, 反復時間이 같은 경우는 反復速度가 빠를수록, 큰 피해를 받는다.

反復應力, 反復速度, 反復數 및 反復時間의 關係는 많은 연구자들이 여러종류의 材料를 가지고 특히 2段階法에 檢討하고 있음을 볼수 있다.^{10), 11)}

즉, 제 1단계는 淡水, 또는 汚穢한 海水중에서 應力, 反復速度, 時間을 變化시켜 腐蝕疲勞試驗을 實施하고, 제 2단계에서는 그것을 大氣中에서 反復速度를 一定하게 하여 疲勞強度를 실험하고 있다.

實驗은 應力을 주지 않은채 同一時間內에 腐蝕시킨후 大氣中の 疲勞強度와 比較하여 제 2단계에서의 疲勞強度가 그것보다 15%低下하는 경우를 주로 檢討하였으며 그 一例를 그림 4에 表示한다.

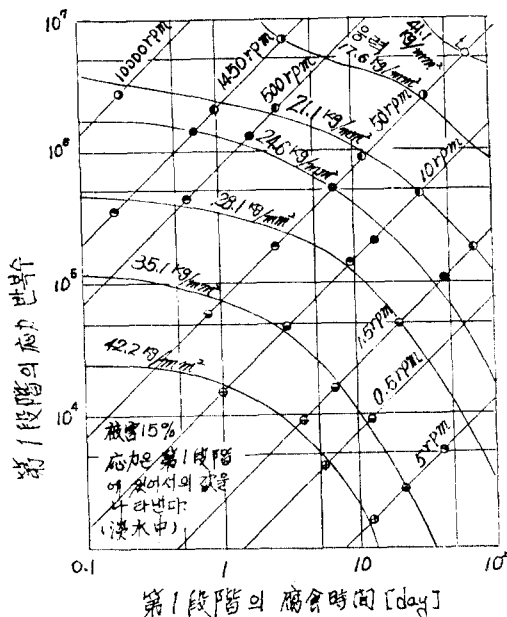


그림 4. 알루미늄, 靑鋼의 被害 15%가 생기는 부식피로 (제 1단계)의 應力, 반복속도, 반복수 및 시간의 관계)

제 1단계의 應力 S와 피해의 比率 R과의 關係를 求하면 그림 5와 같이되고 다음과 같은 식을 얻는다.

$$R = CS^n$$

여기서, C와 n는 材料의 腐蝕液에 대한 耐蝕性 및 反復速度에 따르는 常數이다.

15%의 피해를 발생시키는 n의 대략값은 니켈이 5.7, 모넬合金이 2.6, 알루미늄청동이 4.5, 알루미늄合金이 3.0

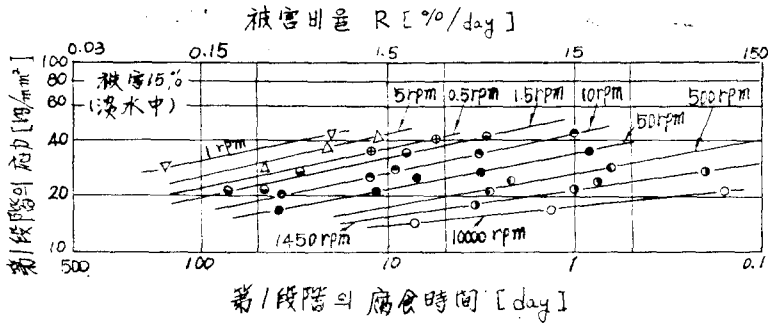


그림 5. 알루미늄青銅의 被害 15%가 생기는 腐蝕疲勞(第1段階)의 應力과 時間

전)은

c. 負荷條件의 영향

腐蝕疲勞強度는 負荷條件에 따라서도 영향을 받는다. 예를들면, 두랄류민의 大氣中에서의 回轉급함과 軸方向 兩振疲勞強度의 比는 1 : 0.85程度이나, 3% 食鹽水中에서 그 차이가 크다.

平均應力은 大氣中에서의 경우와 마찬가지로 영향을 준다고 보아도 좋겠다.

d. 冷間加工, 熱處理, 組織 등의 영향

大氣中에 있어서의 疲勞強度는 冷間加工, 熱處理, 금속 組織 등의 영향을 받으나, 腐蝕疲勞의 경우는 反復數가 많아지면 그 영향은 거의 나타나지 않는다.

즉, 銅合金은 冷間加工과 어니일링의 組合에 따라서, 또는 結晶粒度의 相違 및 α+β相의 分布 등에 따라서 大氣中의 疲勞強度가 變한다.¹²⁾

또, 黃銅은 冷間加工 후 應力을 除去한 것과, 어니일링한 材料와의 사이에 腐蝕疲勞強度(淡水中 또는 희박海水中)의 차이가 거의 없다.

또는 冷間加工, 熱處理 條件의 차이는 腐蝕疲勞強度(보통 3%의 食鹽水中에서)에 거의 영향을 미치지 않는다.

7. 腐蝕疲勞의 過程

腐蝕疲勞破壞를 일으킨 金屬의 表面은 應力의 作用을 받지 않는 단순한 腐蝕의 경우와 같이 복잡해서 腐蝕구멍이 많이 存在한다.

同一한 크기의 靜荷重 및 動荷重下에서 腐蝕液에 接하는 時間은 같아도 反復應力을 받는 경우의 부식구멍

은 靜的인 應力의 경우에 비해서 깊고 예리하다.

부식구멍이 생기는 段階를 腐蝕疲勞의 第一段階(이것을 소위 corrosion stage라 부른다)로 하면, 부식구멍이 다음으로 깊게되는 결과 구멍밀의 應力이 크게되고, 다음에 균열이 發生하게 되면 1단계는 끝나고, 腐蝕疲勞의 第二段階(이것을 소위 fatigue stage라 부른다)로 변한다. 제 2 단계에 있어서 부식구멍의 進展速度는 第一段階에서의 速度보다 빠르다. 또 第二段階에 있어서는 反復應力에 의한 피해가 나타난다.

McAdam은 부식공의 발생은 腐蝕疲勞의 特徵이라고는 말하기 곤란하지만, 第一段階야말로 腐蝕疲勞의 基本的인 現象을 包含하는 것이라고 했다.

그는 第一段階의 解明이 腐蝕疲勞의 解明에 도움이 된다고 생각하고 第一段階에서의 應力反復速度 및 時間 등을 여러가지로 變化한 試驗片을 만들고, 그 疲勞限度를 測定해서 第一段階의 特殊한 性質, 다시말하면 腐蝕疲勞의 特殊한 性質을 알아내는 것을 試驗하고 있다.

이하 腐蝕疲勞機構를 생각할 경우에 참고될 事項을 고려하여 본다.

金屬이 腐蝕液에 접촉하면 그 表面에 얇은 피막이 생기고 이것이 腐蝕을 防止하는 作用을 한다.

腐蝕을 防止하는 膜의 종류에 따라서 防蝕效果는 물론 다르지만, 발생한 피막과 材料表面과의 密着力이 강할수록 防蝕效果는 클것이다.

試驗材料에 反復應力이 加해지고, 試驗材料表面의 變形이 時間적으로 變化하는 경우는 一定크기의 變形이 변하지 않는 경우 보다 膜이 破壞할 위험은 크다.

이것은 단순히 機械的인 作用만이 아니고 電氣, 化學的인 原因에도 기인하기 때문이다.

보호막의 일부만이 破壞하면 그 부분은 腐蝕作用을 일으킨다.

그렇다면 腐蝕疲勞에 있어서는 균열은 어떠한 過程을 거쳐서 발생하는가, 이것에 대해서 Gough 및 Sopwith의 實驗結果¹³⁾는 대단히 흥미가 있다.

그들의 研究에 의하면 Al 單結晶棒을 묶은 鹽水中에서 兩振비틀림應力 ($\tau_r=1.02 \text{ kg/mm}^2$, $\tau_m=0$)을 가하고, 그 도중에서 反復應力을 中止해서 試驗材料의 表面을 현미경으로 檢査하면 反復初期에 있어서는 試驗材料의 表面에는 腐蝕孔이 나타난다.

그 후 反復數가 進行함에 따라 腐蝕孔은 커진다.

이러한 종류의 腐蝕孔은 물론 노치로서 작용하고, 다른 원인이 없으면 균열을 유발하는 原因이 될 수 있지만, 腐蝕疲勞에 있어서는 이렇게 分布되는 腐蝕孔에서는 균열은 發生하지 않는다.

單結晶에 있어서는 試驗材料의 表面에 同一하게 分布되는 腐蝕孔의에 이들 보다도 큰 腐蝕孔이 나타난다.

이 發生場所는 應力狀態에도 無關係하기가 이 腐蝕孔도 또 前述한 것과 같이 分散된 腐蝕孔과 같은 종류로서 다만 그 크기가 다른 것으로 생각된다.

대체적으로 材料중의 不純物이 그 發生原因과 關係가 깊다고 생각된다. 이러한 腐蝕孔과는 달리 試驗片의 表面에는 計算에서 예측되는 方向에 슬립선이 나타나는 것은 疲勞試驗의 경우와 같다.

腐蝕疲勞에서의 크랙은 이 슬립선에 따라서 발생한다.

따라서 應力이 크고, 슬립선의 密度가 큰 곳에서 균열이 밀집해서 발생한다.

이와같은 腐蝕疲勞에서 균열의 發生場所는 試驗材料의 結晶構造 및 應力狀態와 깊은 關係가 있다고 생각된다.

腐蝕疲勞에 있어서 破壞의 原因이 되는 균열이, 腐蝕液中에 생긴 슬립선 부근에만 발생하고 부식액에 접하기 이전에 생긴 슬립선의 부근에는 발생하지 않은 것은 腐蝕疲勞의 機構 또는 金屬의 塑性變形機構에도 깊은 關係가 있음을 말해주는 것으로서 注目할만 하다.

腐蝕 때문에 腐蝕孔이 에리하고, 그 부근에 심한 應力集中이 일어나는 곳에는 당연히 슬립선이 나타날테니까 이러한 경우에는 그 腐蝕孔을 기점으로해서 균열이 발생한다. 多結晶金屬의 腐蝕疲勞에 있어서는 腐蝕孔을 出發點으로 하는 크랙이 발생하는 것은 이러한 이유 때문이다.

그런데 前述한 Al單結晶의 경우 試驗片은 $N=23.7 \times 10^7$ 회의 反復應力을 받은 후 破壞하고 破壞後의 試驗片에 腐蝕은 孔으로부터 발생한 균열은 관찰되지 않았다.

이것은 腐蝕孔部近의 應力이 그렇게 크지 않았기 때문이다라고 생각된다.

多結晶金屬에 대하여 腐蝕疲勞에 의한 크랙의 발생과정은 다결정금속에 대한 지식으로부터 이것을 예측할 수가 있다. 즉, 크랙은 부식액이 작용하는 밀바탕의 試料表面에 나타나는 슬립선에 따라서 발생하고, 그것이 발달하여 試料에 最終破壞를 일으킨다. 한번 발생한 크랙이 확대되어 감에 따라 부식액의 촉진작용이 커질 것이다. 따라서 예를 들면 작은 腐蝕孔이 발생하여도, 거기에 슬립선이 발생하지 않는 한 부식공에는 크랙은 발생하지 않고, 疲勞破壞의 直接的인 원인은 되지 않는다.

부식피로에 대하여 재료의 表面에 발생하는 크랙의 方向은 結晶의 슬립면에 따른다. 표면부근에 발생한 破面이 재료내부로 傳播할 때는 結晶粒界를 따라서 進行하는 경우도 있지만 역시 結晶粒界를 관통하는 경우가 많다. 다시말하면 대기중에서 일어나는 피로크랙의 거의가 粒內型크랙임에 비하여 腐蝕疲勞에서 발생하는 크랙은 주로 粒內型크랙이기는 하지만, 粒界型크랙이 혼합되어 있는 것은 腐蝕疲勞의 하나의 特徵이라고 하겠다.

8. 腐蝕疲勞의 防止

腐蝕疲勞가 一般的으로 말하는 피로와 다른점은, 應力の 反復에 의하여 크랙이 발생할 때 腐蝕液이 關係하고 있다는 점이다.

그것도 應力이 作用함에 따라서 腐蝕이 加速되는 까닭에 應力 또는 腐蝕에 대한 防止策이 반드시 腐蝕疲勞 防止法이라고는 말하지 않는다.

아래에 腐蝕疲勞防止法으로서 研究된 事項들의 一例을 소개한다.

a. 耐蝕合金使用

經濟事情이 허락하는 範圍內에서 耐蝕金屬을 使用하는 것이 바람직하다.

그러나, 이 때 주의할 것은 耐蝕金屬은 腐蝕때문에 疲勞限度가 매우 低下함에도 불구하고, 外觀上으로 보면 腐蝕의 상처가 거의 없다.

따라서 特別히 重要な 部分은, 예를 들면 耐蝕金屬을 使用한다고 하더라도 어떤 기간동안 사용된 후에는 충분히 檢査를 하던지, 또는 可能하다면 이것을 바꾸어 주는 것이 바람직하다.

淡水에 대하여는 不銹鋼이 가장 우수하고, 海水에 접

하는 強度部材로서는 非鐵金屬이 좋다.

b. 非金屬 被覆

腐蝕疲勞防止의 目的으로서 사용되고 있는 非金屬被覆膜은 試料表面의 引張, 壓縮에 따라서 떨어져서는 안 될 뿐만 아니라, 金屬에 강하게 密着시킬 필요가 있다.

따라서, 단순하게 기름 또는 그리스를 도포하는 것 만으로는, 어떤 기간이 지나면 離脫하기 때문에 효과가 없다.

輕金屬에 대한 腐蝕方法으로서 널리 사용되는 것은 적당한 溶液中에서 試料를 陽極으로 하여 電解處理를 實施하여, 試料의 表面에 酸化被膜을 만드는 方法이다.

공기중에서는 이와 같은 陽極處理를 實施하면 약간 疲勞限度가 올라가지만 腐蝕疲勞의 경우에는 陽極處理를 하는 것 만으로는 충분하지 않다.

c. 金屬被覆

金屬被覆은 非金屬被覆과 달라서 熱傳達이 용이함으로, 열을 放散하는 部分의 耐蝕性を 增加하기 위하여 實施된다.

腐蝕疲勞防止의 目的으로서 金屬被覆處理를 實施할 경우, 가령 水素가 발생하여 母材에 침투한다면, 母材의 疲勞限度는 많이 低下함으로 주의가 필요하다.

金屬被覆을 實施할 경우 水素가 發生하지 않은 경우라 하더라도 피복막에는 引張 또는 壓縮의 잔류응력이 발생하고 그것이 疲勞限度에 영향을 미친다고 생각되고 있다.

또 피복막중에 微細한 크랙등이 존재한다면, 역시 疲勞限度는 低下한다고 한다.

특히 아연은 鐵에 대하여 電氣, 化學적으로 陽性인 金屬임으로 아연을 電氣化學적으로 鋼에 접근시켜 놓으면 腐蝕防止의 효과가 있다는 것은 널리 알려져 있다.

d. 腐蝕液의 處理

機械部分의 冷却에 사용되는 液體는 腐蝕疲勞를 일으킬 위험이 많다.

이 경우 腐蝕疲勞防止의 效果를 얻을려는 노력은 옛날부터 실시되어 왔다.

혼합해야 할 약품은 試料의 表面에 일어나는 反復스트레인에 대하여 안전한 腐蝕防止膜을 만드는 것이어야 한다.

冷却液의 處理에 의하여 腐蝕防止法을 腐蝕疲勞에 應用하는 例도 있다.

참 고 문 헌

1. 河本實外, 金屬의 疲小と 設計, コロナ社, (1970).
2. 石橋正, 金屬의 疲小と 破壞の防止, 養賢堂, (1967).
3. 五十嵐勇, 鐵と鋼, 24, 5(1938-5), 451
4. B. P. Haigh, J. Inst. Metals, 18(1917), No. 2.
5. D. J. McAdam, Congres Int. l'essai Mat., Amsterdam, (1928) I, 305.
6. H. J. Gough, D. G. Sopwith, J. Inst. Metals, 49(1932), No. 2, 93.
7. A. Thum, H. Ochs, Material-Prüf-Anst, Tech. Hoch Darmstadt, Heft, 9(1937).
8. D. J. McAdam, Proc. ASTM, 28, II (1928), 117.
9. N. P. Inglis, E. C Larke, J. Inst. Metal, 83 (1954), 117.
10. D. S. Dugdale, Metallurgia, 65(1962-1), 27.
11. 川田雄一外, 材料強度工學 (1968), 朝倉書店.
12. D. J. McAdam, Proc. ASTM, 29, II (1929), 250.
13. D. J. McAdam, Proc. ASTM, 30, II (1930), 411.
14. 예를 들면
竹内勝治, 日本金屬學會誌, 21, 6(1957-6), 375 및 396.
15. H. J. Gough, D. G. Sopwith, Proc. Roy. Soc., 135(1932), 392.