◉ 論 文

微小圓孔주위의 疲勞크랙發生傳播 擧動에 관한 硏究+

宋 森 弘*·吳 煥 燮**

Behavior of Initiation and Propagation of Fatigue Cracks around Micro Holes

S. H. Song and H. S. Oh

Key Words : Micro Hole(微小圓孔), Fatigue Crack Initiation(疲勞크랙發生), Micro Crack(微視크랙), Interference Effect(干涉効果), Micro Hole Tip(微小圓孔先端), Fatigue Crack Propagation(疲勞크랙傳播), Stress Field(應力場)

Abstract

This study has been made to investigate into the behavior of fatigue limit, of fatigue crack initiation, and of fatigue crack propagation under the condition of rotating bending stress; specifically on the independency of stress field as well as the crack behavior of surface micro hole defect, which is made artificially through the specimen. The results obtained can be summarized as follows;

1) For the single micro hole defect, initiation of fatigue crack is occurred at both tips of micro hole defect simultaneosly along the slip which are produced in the range of maximum principal stress arround micro hole defect independent of the size of micro hole defect.

2) For the neighbored double micro hole defects with equal size, in the range $\left(\frac{L}{r}\right)$ ratio$\gtrsim 3$ defined as the size of micro hole defect($2r$) to the distance between the centers of micro hole defects ($2L$), the crack behavior of the micro hole defects is same as single one. However, for the range of $\frac{L}{r}<3$, the interference effect becomes significant as the ratio approaches to 1.

1. 緖 論

材料가 갖는 缺陷이나 非金屬介在物이 疲勞擧動에 미치는 影響은 多樣하고, 特히 그것들은 모양, 칫수, 놓여지는 方向, 位置 등에 따라서 疲勞強度, 疲勞크랙發生 및 傳播등의 擧動에 미치는 영향은 多樣하고 複雜하다[1~4]. 特히, 材料가 갖는 基地의 硬度가 높을수록(Hv ≥500) 缺陷이나 非金屬介在物은 疲勞크랙發生起點이 되고[5], 이것을 起點으로 하는 疲勞크랙은 傳播하여 그 材料의 最終破斷을 일으킨다. 따라서 疲勞強度는 그만큼 낮아진다. 또한 疲勞크랙發生源은 缺陷이나 非金屬介在物 그 自體가 되기도 하고[6], 또한 이것을 포함한 그 局部領域은 應力集中源이 되어 疲勞크랙은 應力集中을 일으키는 微小구멍의 선택된 테두리에서 發生傳播한다[7,8]. 혹은 缺陷이나 非金屬介在物은 疲勞크랙發生과 거의 관계가

+ 1987年度 韓國海洋工學會 春季學術大會 發表(1987年 6月)

* 正會員, 高麗大學校 工科大學 機械工學科

** 正會員, 慶熙大學校 工科大學 機械工學科

없다[9]는 등의 硏究報告도 있다. 이와는 반대로 材料가 갖는 基地의 硬度가 낮을수록(Hv≤400), 缺陷이나 非金屬介在物은 疲勞크랙發生源이 되기도하나[10], 그것은 疲勞크랙發生과 거의 관계가 없고 그대신 基地의 軟한 組織自體가 疲勞크랙發生源이 된다[11]. 特히 基地의 硬度가 더욱 낮아지면(Hv≤200) 이러한 缺陷이나 非金屬介在物은 疲勞크랙發生과는 관계가 없고 대부분 基地의 軟한 組織內에서 疲勞크랙은 發生傳播한다[12].

이상과 같은 缺陷이나 非金屬介在物이 疲勞크랙擧動에 미치는 영향은 일정하지 않으나 그것이 疲勞크랙發生源이 되는 경우는 硬度의 大小에 관계없이 그것들을 포함한 局部場所가 應力集中源이 된다는 見解를 얻을 수 있다.

한편 이상과 같이 應力集中源이 될 수 있는 自然缺陷 대신에 人工圓孔을 갖는 材料에 대한 疲勞擧動을 조사한 연구도 다소 찾아 볼 수 있다. 즉, 人工缺陷의 大小가 疲勞強度에 미치는 영향을 조사한것[13], 人工缺陷材의 停留크랙과 破壞를 論한것[14], 그리고 圓孔주위에 發生하는 應力集中擧動에 대한 理論的인 解析[15,16]등을 列擧할 수 있으나 이들을 대략 종합하여 보면, (1) 人工微小缺陷의 存在로 인하여 應力集中이 發生하기 때문에 그곳에서 疲勞크랙은 發生傳播한다. (2) 人工微小缺陷의 大小는 疲勞擧動에 영향을 줄 것이다 등으로 집약된다.

그런데 人工微小缺陷의 크기가, 材料가 원래 가지고 있는 自然缺陷의 크기에 가까워지면 질수록 그 주위에 發生하는 疲勞크랙은 어떠한 擧動을 나타내는가. 特히 人工微小圓孔의 大小에 따른 疲勞限度의 擧動, 人工微小圓孔주위에 관찰될 것이 예상되는 슬립 및 微視크랙은 試驗片의 回轉方向을 중심으로 微小圓孔의 前方에서 먼저 發生하는지, 혹은 後方에서 먼저 發生하는지, 또한 그것들은 어떠한 形態의 特性을 가지고 發生하는지, 또는 人工微小圓孔의 大小에 따라서 疲勞크랙傳播特性은 어떤것인지 등 의문점이 많이 남아있다.

本 硏究에서는 自然的인 微小缺陷주위에 發生, 傳播하는 疲勞크랙의 擧動을 檢討하기 위하여 기존材料가 갖고있는 缺陷이나 非金屬介在物을 代身할 수 있다고 생각되는 크기가 다른 非貫通人工微小圓孔을 갖는 여러 種類의 試驗片을 준비하고 이 試驗片들이 갖는 人工微小圓孔주위에 發生傳播하는 疲勞크랙의 擧動을 工學顯微鏡觀察을 토대로 詳細히 考察하였다. 特히 人工微小圓孔이 1개인 경우와 隣接 또는 遠接하는 人工微小圓孔이 2개인 경우의 疲勞크랙擧動은 어떤 것인지를 考察하였다.

2. 試驗片 준비 및 實驗方法

實驗을 위한 材料의 化學成分은 Table 1과 같고, 그 材料의 機械的性質 및 熱處理조건 등은 Table 2와 같다. 또 試驗片의 모양과 치수는 Fig. 1과 같고 非貫通微小 圓孔加工은 材料에 포함되는 缺陷이나 非金屬介在物을 고려하고 인위적으로 加工可能한 $d=$

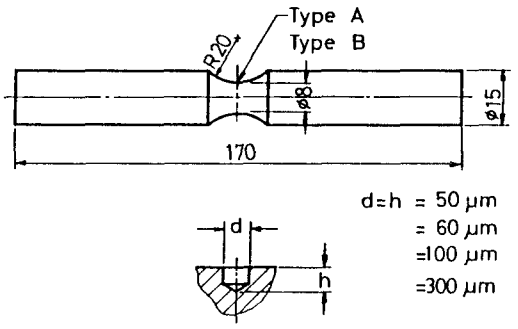
Table 1 Chemical composition of specimen

Test piece	Composition (*wt %*)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
Mild steel	0.17	0.12	0.53	0.01	0.01	0.18	0.23	0.13	0.14

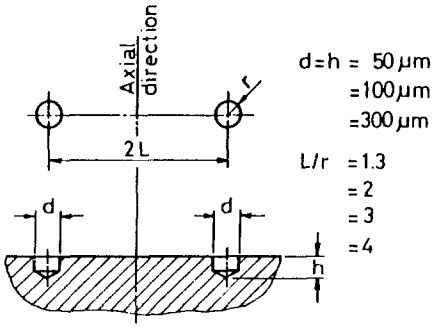
Table 2 Mechanical properties of specimen

Test spec. symbols	Tensile strength[1] (*MPa*)	Elongation(%)	Reduction of area(%)	Hardness of Hv for 100gr	Dia. of average[2] grain size $\delta(mm)$	Heat treatment condition
HS series	676.2	12	46	248	0.014	Cold rolling
HN series	452.8	36.4	11.8	151	0.025	900°C 1h air cooling
HA series	311.6	52.4	19.8	123	0.095	115°C 6h furnace cooling

1) KS B 0801 Test Pieces for Tensile Test for Metallic Materials
2) KS D 0209 Determination of Ferrite Grain Size



Type A One hole drilled specimen



Type B Two hole drilled specimen

Fig. 1 Geometries of fatigue test specimen

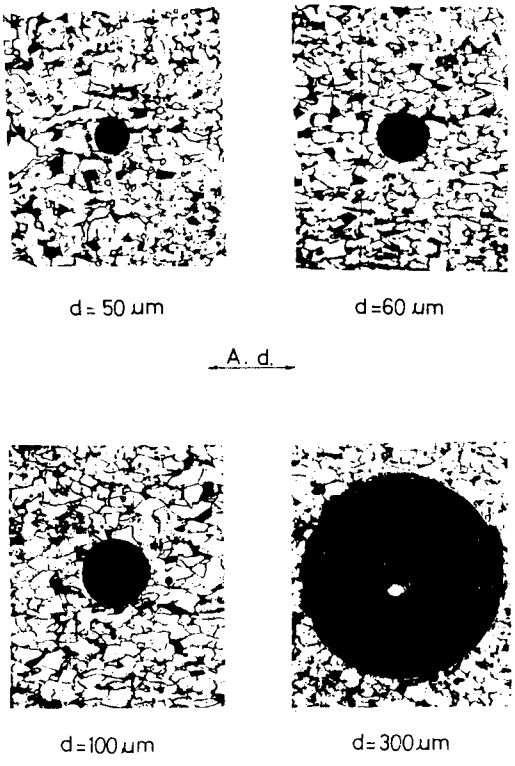


Fig. 2 Illustration of micro hole

50μm, 60μm, 100μm 및 300μm의 미소드릴을 選定하였다(Fig. 2). 이러한 微小圓孔을 加工할 경우 加工할 位置決定은 顯微鏡관찰하에서 하였다. 그리고 微小圓孔 加工時의 加工硬化 및 表面粗度등을 最少로 줄이기 위하여 微小圓孔을 加工한후 일단 電解硏磨에 의하여 表面을 鏡面으로 연마하였다. 實驗의 精度를 높이기 위하여 上記와같이 하여 얻어진 人工微小圓孔의 크기 및 眞圓度를 확인하였다. 즉, 人工微小圓孔의 크기 및 眞圓度가 확실한가를 확대경(×100)에서 調査하고 眞圓度가 타당하다고 認定되는것만을 試驗片으로 선정하였다(Fig. 2 참조). 이렇게하여 선택된 試驗片의 疲勞限度곡선을 토대로 應力레벨 및 應力反復數에 따라서 疲勞크랙의 發生 傳播擧動을 조사하였다. 이때 表面疲勞크랙은 金屬顯微鏡觀察을 기초로 連續的으로 寫眞을 촬영한후 그 寫眞을 擴大分析함으로써 實驗目的에 응했다. 또 試驗片에 負荷되는 應力狀態는 各微小圓孔材의 疲勞限度의 115%의 응력이고 疲勞크랙의 관찰은 疲勞破壞壽命의 0%, 1%, 3%, 5%마다 初期發生過程을 金屬顯微鏡에서 관찰하였다. 使用한 試驗機는 小野型회전굽힘피로시험기(Ono's type rotary bending fatigue testing machine : 10kg-m, 3000 rpm)이다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 微小孔의 크기와 疲勞크랙發生擧動

本節에서는 有限疲勞壽命의 領域에서 同一한 應力레벨에서 微小圓孔의 大小에 따른 疲勞크랙發生擧動에 대하여 記述하기로 한다.

Fig. 3은 HS材의 微小圓孔의 크기가 $d=50\mu m$, 60μm의 순서로 $\frac{N}{N_f}=0$에서부터 $\frac{N}{N_f}=5\%$까지의 범위에서 슬립 및 微視크랙의 發生擧動을 관찰한 일예이고, Fig. 4는 同一한 HS材의 微小圓孔의 크기가 $d=100\mu m$, 300μm의 순서로 $\frac{N}{N_f}=0$에서 부터 $\frac{N}{N_f}=5\%$까지의 범위에서 슬립 및 微視크랙의 發生擧動을 관찰한 一例이다. 여기서 N_f는 破斷壽命이고 N은 任意의 應力反復數이다. 슬립 및 微視크랙은 微小圓孔의 크기에 무관하게 微小圓孔의 주위에 應力集中이 最大인 한 점 線上에서만 發生하지 않고 微小圓孔先端의 主應力이 最大인 點을 포함하는 임의의 微小領域에서 發生하고 그形態는 多樣하다. 이상과 같이

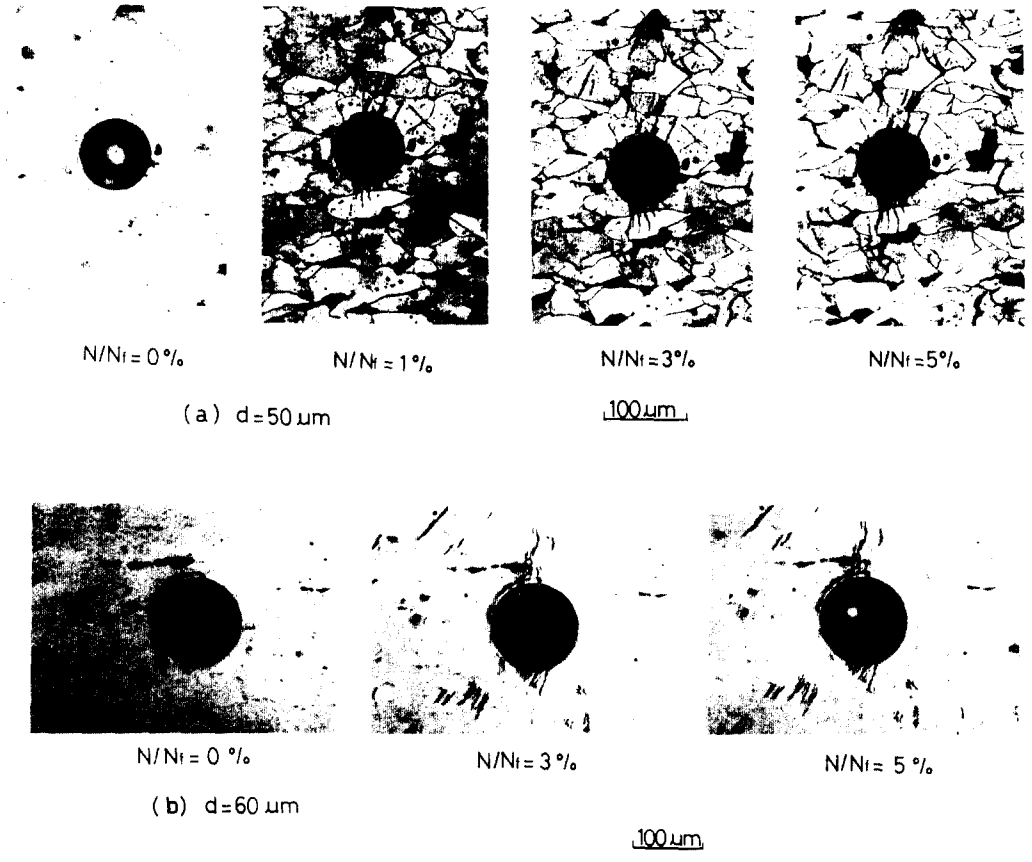
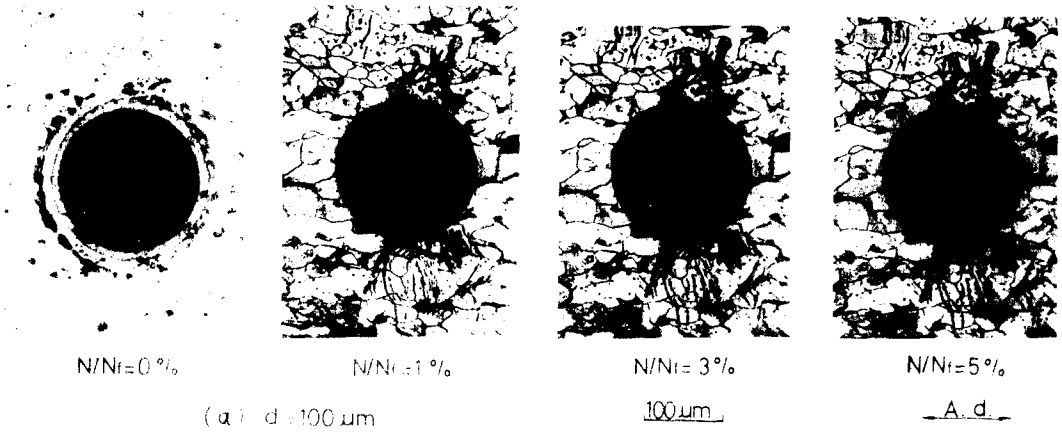


Fig. 3 Behavior of slip and micro crack around micro holes
(a) $\sigma = 335.2\ MPa$, $N_f = 6 \times 10^5$
(b) $\sigma = 335.2\ MPa$, $N_f = 6 \times 10^5$

反復應力과 더불어 初期에 發生하는 슬립들은 그후 應力反復數의 增加와 더불어 점차적으로 密度를 增加해가며 슬립밴드가 形成되고 또한 이중에서 微視크랙이 發生한다. 이와같이 發生된 微視크랙들은 그들의 先端方向에 發生되어 있는 것과 合體되어 傳播한다. 특히 Fig. 3의 (a)와 Fig. 4의 (a)는 슬립 및 微視크랙의 發生過程을 金屬組織을 檢出한 狀態에서 考察한 一例이다. $\frac{N}{N_f}$의 比率이 0%에서 5%까지의 구간에서 관찰된 슬립 및 微視크랙은 微小圓孔크기의 大小에 관계없이 應力反復數가 增加함에 따라서 그數를 增加하며, 그중 選擇된것에서 微視크랙은 傳播하기 시작한다. 이경우 이것들의 發生은 $\frac{N}{N_f}$의 比率이 5%以內에서 끝나고 그 比率이 5%를 넘어서면서 부터 크랙傳播는 활발해지는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 슬립 및 微視크랙의 擧動은 試驗片의 回轉方向을 중심으로 (1) 微小圓孔의 前方先端에서 우선 發生하고, 그 後에 後方先端에서 發生하는 경우, (2) 微小圓孔의 後方先端에서 우선 發生하고 그後에 前方先端에서 發生하는 경우, (3) 微小圓孔의 前後方先端에서 同時에 發生하는 경우 등으로 分類할 수 있으나 本實驗의 경우, (3)의 경우가 大部分을 차지하고 있음을 관찰할 수 있었다. 또 微小圓孔의 가장자리에 發生한 슬립 및 微視크랙의 發生領域은 微小缺陷의 크기에 比例하고, 또 Fig. 3 (a)와 Fig. 4 (a)에서 알 수 있듯이 그 發生位置는 最大應力이 作用하는 點을 포함하는 制限된 領域에서 硬度가 比較的 낮은 페라이트 結晶粒內에서 發生한다. 즉, 이들의 發生범위는 最大應力이 作用하는 點을 포함하는 微小領域이라 생각되며 또 發生된 微視크랙의 크기는 微小領域에 發生하는 應力勾配에도 依存한다고 생각된다.



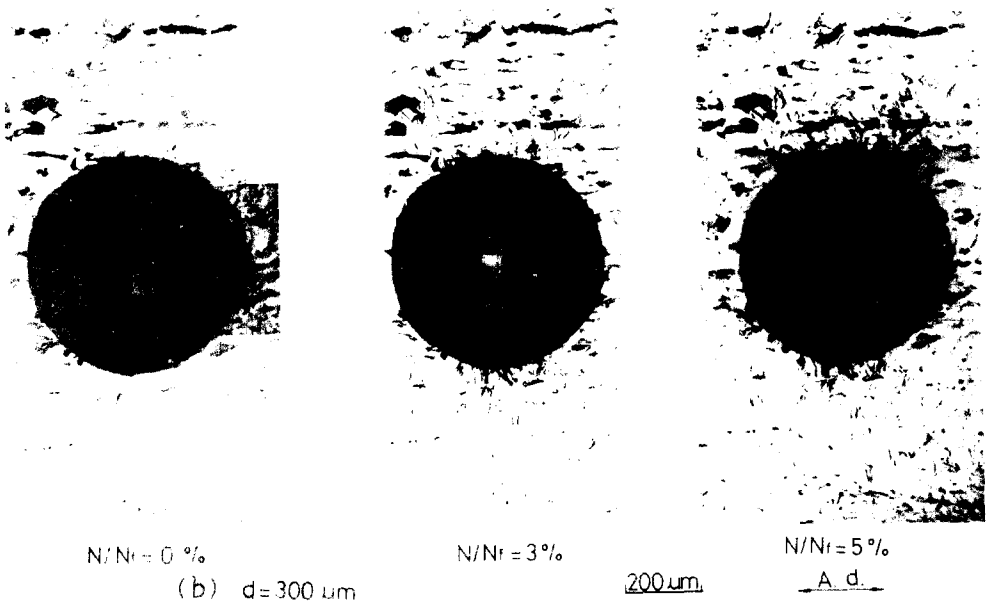


Fig. 4 Behavior of slip and micro crack around micro holes
(c) $\sigma=335.2\ MPa$, $N_f=2.3\times10^5$
(d) $\sigma=328.3\ MPa$, $N_f=2\times10^5$

3.2 隣接 및 遠接된 微小圓孔주위의 疲勞크랙擧動과 干涉効果

微小圓孔의 크기가 同一하고 分布狀態가 다를때, 즉 2개의 微小圓孔이 隣接되어 있을때 그 微小圓孔이 크기에 대한 中心間의 距離의 比에 따라서 각각의 微小圓孔의 應力場의 獨立性을 유지하기도 하고 또는 그 應力場의 중첩으로 인하여 特異한 應力場을 形成하는 경우가 있다. 이와같이 微小圓孔의 應力場의 獨立性과 非獨立性이 疲勞擧動에 미치는 영향을 本節에서는 단순히 干涉効果라고 정의하였다. 여기에서는 이와 같은 干涉効果와 微小圓孔에서 發生하는 疲勞크랙과는 어떠한 관계를 갖는가에 대하여 조사하였다.

Fig. 5는 지름이 $d=50\mu m$인 2개의 微小圓孔이 存在하는 경우, 그 주위에 發生하는 疲勞크랙形態의

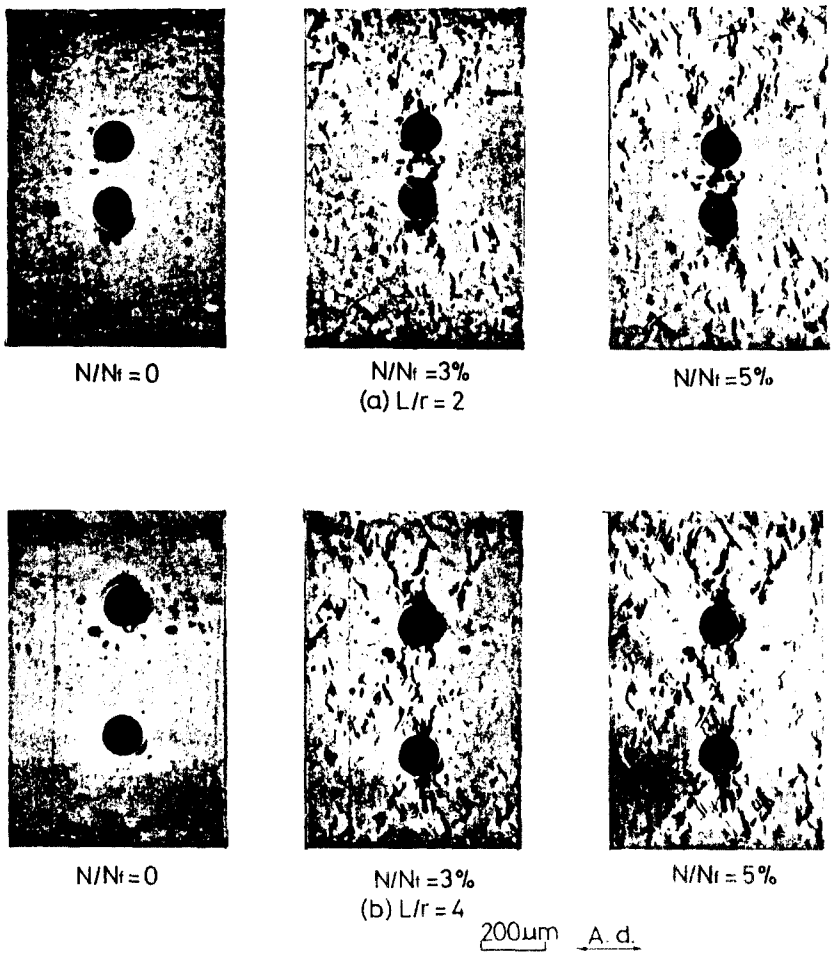


Fig. 5 Behavior of crack initiation around the two equal holes
(d = 50μm, σ = 288.1 MPa, $N_f = 5.5 \times 10^5$) HN series

일예이고, Fig. 6은 지름이 $d = 100\mu m$의 경우의 疲勞크랙形態의 일예이다. Fig. 5(a)는 微小圓孔이 隣接한 경우이고 Fig. 5(b)는 微小圓孔이 遠接한 경우이다. Fig. 5(a)에서, $\frac{N}{N_f}=0$과 $\frac{N}{N_f}=5\%$인 것과를 비교하여 보면 슬립 및 微視크랙은 壽命比가 높을수록 그數가 많아지고 점점 서로의 干涉効果를 갖는 것을 관찰할 수 있다. 이와같은 結果는 Fig. 6에서도 同一하게 관찰할 수 있으나 다만, Fig. 5에 비하여 그 頻度가 낮다. 따라서 微視크랙의 發生擧動에 대한 2개의 微小圓孔의 干涉効果는 微小圓孔의 先端에 發生하는 슬립과 微視크랙의 發生頻度 및 發生領域으로 볼때 다음과 같이 정리할 수 있다. (1) 微小圓孔의 中心間거리 및 그 크기의 관점에서 보면, 微小圓孔의 크기에 관계없이 $\frac{L}{r}<3$인 범위하서는 슬립 및 微視크랙發生은 顯著하고, 또 그 傳播時期가 빠르다. 그러나 $\frac{L}{r}\geq 3$인 범위에서의 슬립 및 微視크랙의 發生은 微小圓孔이 1개인 경우와 그 양상이 同一하다. 따라서 隣接하는 2개의 微小圓孔의 干涉効果는 $\frac{L}{r}<3$인 범위에서만 관찰할 수 있다. (2) 微小圓孔의 크기의 관점에서 보면, $\frac{L}{r}$이 一定할 때 微小圓孔이 클수록 干涉効果는 크고 따라서 슬립 및 微視크랙의 發生領域은 넓어지고 있다. (3) 疲勞壽命의 관점에서 보면, 微小圓孔의 중심간 거리가 가까워질수록 干涉効果는 疲勞크랙發生의 初期段階인 $\frac{N}{N_f}=3$% 이하에서는 거의 영향이 없고, 3%以上에서는 干

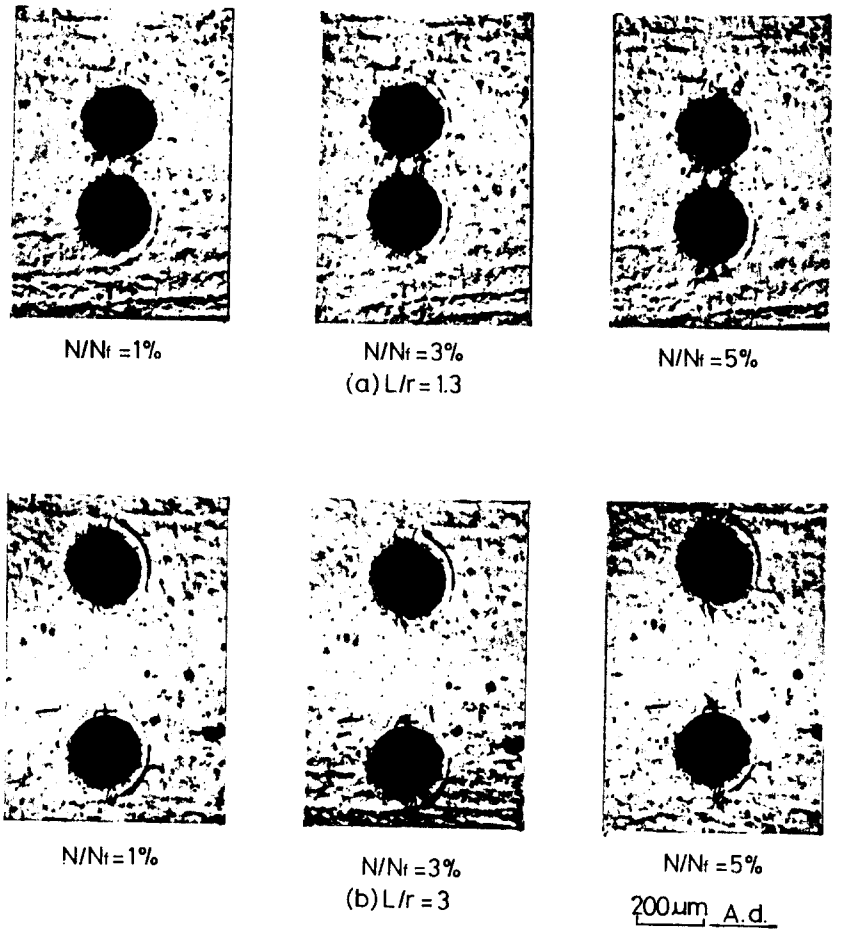


Fig. 6 Behavior of crack initiation around the two equal holes ($d=100\mu m$, $\sigma=254.8\ MPa$, $N_f=8\times10^5$) HN series

涉効果는 크고, 따라서 슬립 및 微視크랙發生이 顯著하다(Fig. 5 참조).

이상과 같은 관찰결과를 종합하여 보면 有限疲勞壽命의 領域에서의 微小圓孔은 疲勞크랙發生起點이 되고 더욱이 隣接한 微小圓孔들의 干涉効果에 의하여 發生된 크랙은 最終破斷을 가져오는 起點이 되기도 함을 알 수 있다. 이와같은 結果는 本 實驗材인 HS材의 平均硬度가 Hv≈150 정도이므로 Hv≤200以下인 點을 고려하면 平[17]가 發表한 內容 즉, 缺陷보다 軟한 組織이 크랙發生의 起點이 된다는 結果와는 약간 다르고 疲勞破壞에 기여하는 干涉効果와 밀접한 관계가 있음을 豫測할 수 있다. 따라서 이와같은 干涉効果에 의하여 매우 작은 缺陷이라 하더라도 應力場의 獨立性은 維持할 수 없게 되고, 微小圓孔은 破壞의 起點이 됨을 알 수 있다.

3.3 干涉効果와 微小缺陷의 意味

微小圓孔은 그 크기가, 疲勞擧動에 영향을 주는 어떤 限界缺陷의 크기보다 작더라도, 또 基地의 硬度가 낮더라도 그것은 應力集中源이 되나 微視크랙發生은 반드시 主應力이 最大인 點에서만 發生하지 않음을 관찰할 수 있었다. 이와같은 結果는 缺陷先端에 존재하는 應力集中源 (缺陷, 非金屬介在物, 金屬組織學的因子, 硬度値의 不均一 등)의 性質과 그것의 크기에 依存한다고 생각되고 또한 이것은 이러한 因子를 포함하는 微小缺陷의 干涉効果라는 點에

서 理解될 수 있다고 생각된다. 따라서 疲勞크랙發生擧動에 대한 缺陷의 干涉効果는, 缺陷先端에 隣接하여 存在하는 다른 缺陷(應力集中源)의 應力場과의 干涉에 의하여 特異한 應力場을 形成하는 것을 意味하고, 이때 缺陷주위에 形成되는 應力勾配는 슬립이나 微視크랙이 發生할 수 있는 領域을 制限하는 意味와 이 領域內에서 硬度의 大小는 軟한 組織의 選擇된 場所에서 發生할 수 있도록 한다는 點에서 크랙發生의 促進의 意味를 갖는다.

또 干涉効果는 疲勞크랙의 發生領域, 發生密度, 傳播時期에 대하여 영향을 미치고, 그 영향은 1개의 微小圓孔을 갖는 缺陷材와 應力場의 獨立性을 갖는 $\frac{L}{r}\geq 3$인 2개의 크기가 같은 微小圓孔材에 대해서는 작고, 또한 그 영향은 應力場의 獨立性을 유지할 수 없는 $\frac{L}{r}<3$인 2개의 크기가 같은 微小圓孔을 갖는 缺陷材에 대해서는 $\frac{L}{r}$이 1에 가까워질수록 크다고 생각된다.

4. 結 論

微小圓孔을 갖는 缺陷材의 疲勞크랙發生擧動을 微小圓孔의 大小와, 微小圓孔의 隣接 및 遠接을 考慮하고 有限疲勞壽命區間에서 連續的인 관찰을 기준으로, 考察한 결과를 要約하면 다음과 같다.

1) 疲勞微視크랙은 微小圓孔이 1개 또는 2개가 存在하더라도 微小圓孔의 大小에 관계없이 疲勞壽命의 5%以內에서 發生한다.

2) 微小圓孔이 2개가 隣接하여 存在하는 경우 그 것의 大小에 관계없이 微小圓孔의 先端에 發生하는 各 應力場의 干涉에 의하여 特異한 應力場을 形成하고, 그 결과 疲勞微視크랙은 서로 빠른 速度로 合體한다.

3) 微小圓孔이 2개가 隣接하여 存在하는 경우, 그 크기의 大小에 관계없이 各應力場이 干涉할 수 있는 微小圓孔의 中心間거리는 $\frac{L}{r}<3$이다.

4) 微小圓孔이 2개가 遠接하여 存在하는 경우, 그 크기의 大小에 관계없이 各 應力場은 獨立性을 가지고, 이때 微小圓孔의 中心間거리는 $\frac{L}{r}\geq 3$이며 疲勞크랙의 發生形態는 微小圓孔이 1개인 경우의 그 것과 同一하다.

後 記

本論文은 1986年度 文敎部 自由課題 學術硏究助成費에 의하여 硏究되었으므로 이에 感謝드립니다.

參 考 文 献

1) 川田, 中澤, "軸受鋼の回轉曲げ疲勞強度におよぼす介在物 の形狀, 分布の影響", 日本機械學會論文集, Vol. 29, No. 206, pp. 1674-1681, 1963

2) Brook, Shank D., K.W. Andrews, "Stress Field around Inclusion and their Relation to Mechanical Properties", Journal Iron & Steel Inst., 210-4 Series, pp. 246-254, 1972

3) 宋森弘, 國尾, "高硬度鋼の疲勞破壞における介在物の役割", 日本材料科學會誌, Vol. 8, No. 3, pp. 152-162, 1970

4) 宋森弘, "熱處理鋼材의 疲勞擧動에 관한 硏究", 大韓機械學會誌, Vol. 15, No. 3, pp. 275-283, 1975

5) 宋森弘, 國尾, "高硬度鋼のミクロ領域における疲勞き裂生成過程", 日本機械學會論文集, Vol. 40, No. 334, pp. 1503-1510, 1974

6) Kunio, T., M. Shimizu, K. Yamada and K. Sakura, "The Early Stage of Fatigue Crack Growth in Martensitic Steel", International Journal of Fracture, Vol. 17, No. 2, pp. 111-119, 1981

7) 宋森弘, "高強度鋼의 疲勞擧動과 機構", 大韓機械學會論文集, Vol. 3, No. 3, pp. 116-123, 1979, Vol. 4-1, pp. 10-15, 1980

8) 高尾, 西谷, "疲勞き裂發生機構の表面連續觀察による檢討," 日本機械學會論文集, Vol. 46, No. 402. pp. 123-131, 1980

9) 今井, "中炭素マルテンサイト鋼における低サイクル疲勞クラックの發生と傳播," 日本材料學會誌, Vol. 20, pp. 1114-1120, 1971

10) Song, S.H. and T. Kunio, "Fatigue Crack Formation at High Hardened Steels" Proc. 1st. Int. Conf. Mech. Behavior of Materials, Kyoto, Vol, Ⅱ, pp. 143-152, 1972

11) 國尾武, 宋森弘, "低炭素マルテンサイト組織の疲勞擧動におよぼす舊オステナイト結晶粒度の影響", 日本機械學會論文集, Vol. 39, No. 324, pp. 2291-2298, 1973

12) 宋森弘, 吳煥燮, "表面缺陷에서 發生하는 疲勞크랙擧動", 大韓機械學會論文集, Vol. 9-2. pp. 150-157, 1985

13) 村上, 遠藤, "疲勞強度に およぼす微小缺陷の影響", 日本機械學會論文集, Vol. 49, No. 438, pp.

127-136, 1983

14) 山田, 國尾, "低溫燒入材の微小疲勞き裂進展停留擧動におよぼす室溫時効の影響", 日本機械學會論文集, Vol. 51, No. 471, pp. 2564-2570, 1985

15) 齊藤, 中原, "半球ピットを有する半無限板の一軸引張り", 日本機械學會論文集, Vol. 33, No. 247, pp. 343-350, 1967

16) 村上, 谷石, 西谷, "軸對稱表面ピットを有する半無限體の 2軸引張りにおける應力集中", 日本機械學會論文集, Vol. 48-426, pp. 150, No. 159, 1982

17) 平修二, "燒入燒もどし炭素鋼の疲勞破壞に關する研究", 日本機械學會論文集, Vol. 38, pp. 3059~3066, 1972

☆뉴 스☆

한국해양공학회지 제2권 제1호 원고모집

원고마감 : 1988년 3월 20일 (발행예정일 : 1988년 6월 15일)

원고내용 : 논문, 논설, 전망, 해설, 강좌, 자료, 기술보고, 심포지움 및 좌담회 기록, 기행문 견학 및 참관기, 뉴스, 위원회보고, 회원의 소리, 기타

원고작성요령 : 본 회의 회지원고 집필요강에 의거하여 200자 또는 400자 원고지를 사용할 것. 타이핑(워드 프로세스포함)도 가능함.

원고제출처 : 우편번호 600-02 부산직할시 사하구 하단동 840 동아대학교 공과대학 내 사단법인 한국해양공학회 전화 (051) 205-2325

1988년도 추계 학술대회 강연논문 원고모집

논문원고마감 : 1988년 5월 20일

논문작성요령 : 본 회의 강연논문집 원고집필요령에 의거하여 본회 강연초록원고지(마스터지 30×40)를 반드시 사용할 것. 강연초록 원고지는 요청하시면 즉시 보내 드립니다.

원고제출처 : 우편번호 600-02 부산직할시 사하구 하단동 840 동아대학교 공과대학 내 사단법인 한국해양공학회 전화 (051) 205-2325