

<論 文>

페라이트-마르텐사이트 複合組織鋼의 衝擊破壞學動

宋 森 弘*·吳 澤 烈**

(1987年 6月 23日 接受)

Study on the Impact Fracture Behavior with the Ferrite-Martensite Dual Phase Steels

Sam Hong Song and Taek Yul Oh

Key Words: Impact Strength(衝擊強度), Strength Ratio(強度化), Loading Time(荷重作用時間), Absorbed Energy(吸收에너지), Impact Velocity(衝擊速度)

Abstract

The mechanical properties of Ferrite-Martensite dual phase steels are affected by the microstructural factors, such as, martensite volume fractions, grain size of ferrite, hardness ratio of Ferrite-Martensite, connectivity and chemical components etc. Therefore, this study has been made on the influence of Impact fracture behavior which changes the hardness ratio of Ferrite-Martensite by mean of heat treatment of low carbon Mn-Steels. In order to analyze and examine the effect of fracture behavior under impact load, this study investigated the impact strength, the impact loading time, the absorbed energy on the fracture ductility of Ferrite-Martensite dual phase steels, the formation of micro crack and slip, and plastic restraint of martensite on the plastic deformation.

1. 序 論

複合組織鋼의 機械的 性質을 좌우하는 微視組織의 因子로서는 마르텐사이트 體積率, 母相粒徑의 크기, 組織의 形態 및 分布, 連結度, 硬度比, 化學成分 등이 지적되고 있다⁽¹⁾. 특히 第2相 組織의 硬度比를 고려한 研究動向을 살펴보면 다음과 같다. 金등⁽²⁾은 인장 시험에서 變形에 대한 拘束性은 第2相의 形態뿐만 아니라, 硬度比, 體積率, 母相粒徑의 크기에도 현저한

영향을 받는다고 하였고, 田村等⁽³⁾은 引張強度는 硬度比 차이에 의하여 크게 좌우된다고 하였으며, 清水等은⁽⁴⁾ 인장시험에서는 담금질할 때 마르텐사이트 組織만 變態가 일어나기 때문에 페라이트에는 微視的 內部應力이 發生한다고 하였다. 또한 沖등은⁽⁵⁾ 硬質相인 마르텐사이트의 硬度가 작은 범위에 있으면 마르텐사이트 硬度, 體積率에 관계없이 피로시험에서의 파괴 거동은 거의 일정하다고 하였다. 위와같이 第2相의 硬度比가 破壞學動에 미치는 영향에 대한 연구는 주로 引張시험을 통하여 解析하려는 경향이 었보인다.

한편 著者⁽⁶⁾는 複合組織鋼의 衝擊破壞學動에 대한 系統的인 研究를 進行하기 위하여, 우선 衝擊破壞學動

* 正會員, 高麗大學校 工科學 機械工學科

** 正會員, 慶熙大學校 工科學 機械工學科

에 영향을 주는 마르텐사이트 體積率⁽⁷⁾을 4 단계로 변화시킨 4 種類의 시험편을 준비하고 衝擊速度變化에 따른 衝擊強度, 延性 및 吸收에너지 舉動을 관찰한 바 있다. 그 결과 마르텐사이트 體積率의 增加와 더불어 破斷延性は 저하하고 衝擊強度는 增加하였으며 衝擊破斷特性은 延性에서 脆性으로 遷移하였다. 또한 著者⁽⁸⁾는 母相粒徑과 第 2 相 形態가 衝擊破壞舉動에 미치는 영향을 分析, 檢討하기 위하여, 化學成分, 마르텐사이트 體積率, 連結度⁽⁹⁾, 硬度比⁽¹⁰⁾ 등을 일정하게 하고, 母相粒徑⁽¹¹⁾과 第 2 相의 形態만을 변화시켜 가면서 충격 거동을 조사하였다. 그 결과 連結材의 衝擊降伏強度는 비교적 Hall-Petch 式을 만족하지만 孤立材의 그것은 Hall-Petch 式을 잘 만족시키지 못했으며, 또 衝擊強度는 連結材보다 孤立材가 낮고, 衝擊速度가 增加할수록 증가함을 알았다. 위와같은 內容을 참고로 하고, 微視組織의 因子들 중 다른 因子들은 일정하게 하고 硬度比만을 變化시켰을 때의 衝擊破壞舉動에 대해서는 아직도 미흡한 點이 많다고 생각된다.

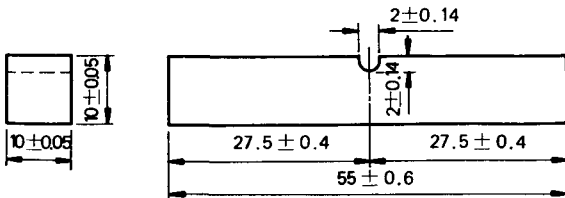
本 研究에서는 化學成分, 마르텐사이트 體積率, 連結度, 母相粒徑 및 第 2 相의 形態를 되도록 일정하게 하고, 第 1 相과 第 2 相의 硬度比만을 變化시켰을 때의 衝擊降伏荷重 및 衝擊最大荷重의 舉動, 衝擊速度가 荷重作用時間에 미치는 영향, 吸收에너지 및 延性-脆性 舉動 등을 考察하였다.

2. 實驗方法

本 實驗에 使用한 재료는 低炭素망간鋼으로서 그 化學成分은 Table 1 에 표시하였다. 衝擊試驗片은 KSB 0809 의 “가”號를 택하였으며 그 形態는 Fig. 1 과 같

Table 1 Chemical composition of specimen(Wt)

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
Composition	0.20	0.24	2.50	0.01	0.017	0.01	0.03	0.01	0.01



Charpy impact test specimen

Fig. 1 Geometries of specimen(mm)

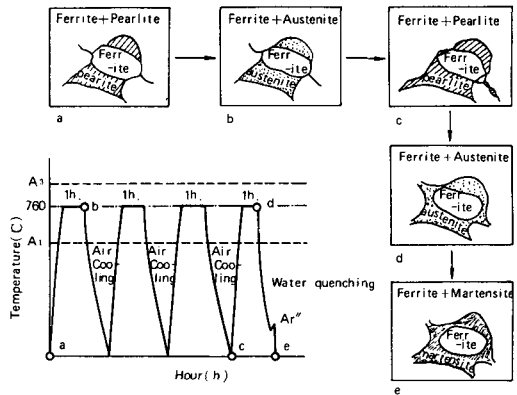
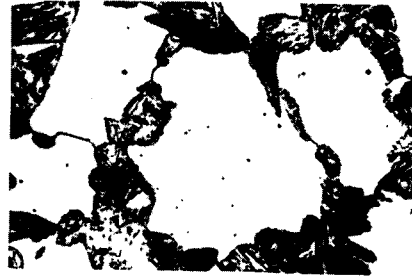


Fig. 2 Curve of heat treatment of M Series



M Series

Fig. 3 Illustration of micro structure obtained by etching

다. 試驗片은 우선 母相粒徑을 되도록 같게 하기 위하여 1000°C에서 4時間동안 유지한 후 상온까지 爐冷을 실시하였다. 그 후 再加熱에 의하여 A₁ 變態點을 통과하면 Fig. 2 에 나타낸 것처럼 처음에는 페르라이트 領域만이 오오스테나이트化하며, 다음에 페라이트 粒界에서 부터 페라이트가 오오스테나이트化하므로 결국, 오오스테나이트가 3次元의으로 페라이트를 둘러쌓게 된다. 이때 마르텐사이트體積率을 일정하게 만들기 위하여 760°C에서 水冷을 실시하여 連結材를 얻었고, 이를 편의상 M 材라 칭하였다(Fig. 3). 이와같이 해서 만든 M 材를 가지고 硬度比만을 變化시킬 目的으로 다시 200°C, 300°C, 400°C 및 500°C에서 각 1時間 템퍼링을 실시하였다. 이렇게 하여 얻은 시험편을 편의상 硬度比가 높은 順序에서부터 S1, S2, S3, S4 로 稱하였다 (Table 2). 그리고 微視組織에 대한 定量的인 資料를 얻기 위하여 測定방법은 線形分析法를 택했다. Table 2 에는 마르텐사이트體積率, 페라이트結晶粒徑, 마르텐

Table 2 Microstructural characteristics

	Volume fraction of martensite (%)	Grain size of ferrite(μm)	Micro-Vickers hardness(Hv)		Connectivity (%)	Hardnessratio ($R = \frac{Hv_m}{Hv_f}$)
			Martensite(Hv _m)	ferrite(Hv _f)		
M	49	29.3	660	200	90	3.33
S1	48	33.4	580	187	89	3.1
S2	50	32	455	206	90	2.2
S3	53	30.2	386	228	91	1.7
S4	49	29	293	209	86	1.4

度比만이 變化를 관찰할 수 있다.

本 實驗에 사용한 충격시험기는 충격이 가해지는 매우 짧은 시간내에 시험편에 發生하는 衝擊舉動을 순간적으로 感知할 수 있는 스트레인게이지가 내장된 로드셀을 부착한 살피衝擊試驗機를 사용하였다.

3. 實驗結果 및 考察

3.1 硬度比 變化에 따른 衝擊荷重-時間曲線

우선 硬度比 變化에 따른 衝擊荷重下에서의 破壞舉動을 考察하기 위하여 衝擊速度 $v=0.94\sim 5.13$ m/s.까지를 여러 단계로 變化시켜 가면서 얻은 衝擊荷重-時間曲線의 일예를 Fig. 4에 나타낸다. Fig. 4에서 곡선의 形態는 시험편의 破斷有無에 따라서 2種類로 나눌 수 있는데 瞬間衝擊速度 약 $v=2.71$ m/s(Fig. 4의 (e) 참조)를 기준으로 그 以前區間과 그 以後區間으로 나눌 수 있다. $v=2.71$ m/s를 기준으로 그 以前區間에서의 衝擊試驗片은 2部分으로 分離破斷되는 巨視的인 破斷이 일어나지 않았고, 그 以後區間에서의 그것은 2部分으로 分離破斷되는 巨視的인 破斷을 일으켰다.

Fig. 5(a)型은 試驗片이 2部分으로 分離破斷되지 않는 경우의 시험편이 갖는 特徵으로서 試驗片은 衝擊荷重에 의하여 순간적으로 彈性限界를 지나서 슬립과

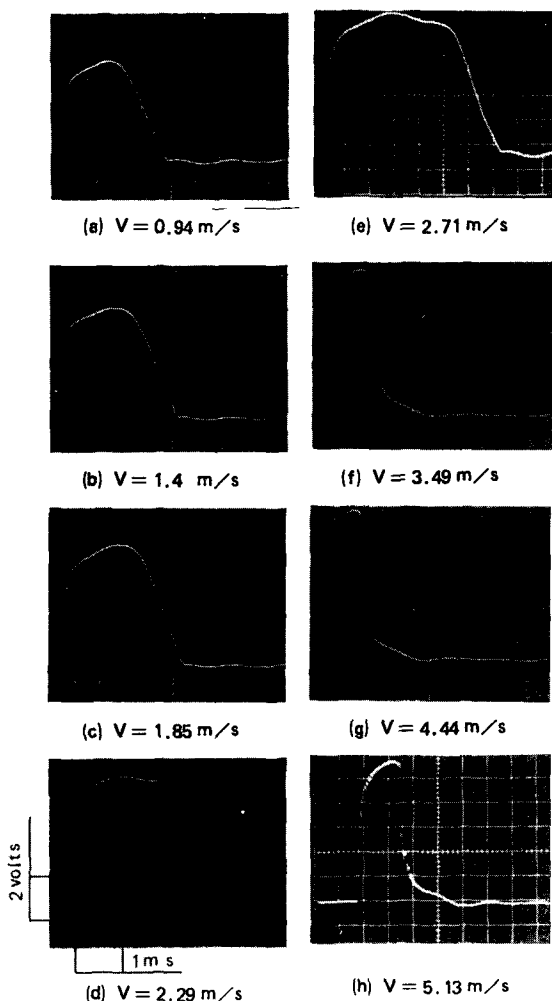
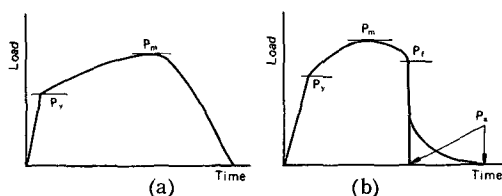


Fig. 4 Impact load-time curve of S1 series

사이트 組織 및 페라이트組織의 微小硬度, 連結度 및 마르텐사이트組織 및 페라이트組織의 硬度比를 나타내었다. 여기에서 대체적으로 다른 因子는 一定하고 硬



p_y : Yield load, p_m : Maximum load,
 p_f : Brittle fracture load,
 p_a : Brittle fracture stop load

Fig. 5 Characteristics of impact load-time curve at dual phase steel

동시에 塑性變形을 同伴하여 變形하기 시작하고 그것은 荷重이 增加함에 따라서 最大衝擊荷重(P_m)에 도달한다. 이 경우, 시험편이 2개로 分離破斷되는 경우 [Fig. 5(b)型인 경우]와 比較하면 衝擊速度가 비교적 작으므로 시험편에는 塑性變形과 微視크랙들은 發生되어 있으나 시험편은 2部分으로 分離破斷되지 않았고, 結局 시험편은 그 材料가 가지는 固有의 最大衝擊荷重에 도달하지 못한 채 서서히 荷重이 減少한다고 생각된다.

한편, 시험편이 완전히 分離破斷되는 Fig. 5(b)型인 경우는 시험편은 衝擊荷重에 의하여 降伏 및 巨視的인 塑性變形이 생기며 그 材料가 가지는 固有의 最大衝擊荷重(P_m)에 도달한다. 그후 試驗片은 脆性破壞荷重(P_f)에서 瞬間적으로 巨視的인 分離破斷이 시작되고 荷重도 급격히 저하하며 脆性破壞靜止荷重(P_s)에 도달한다. 이러한 과정중에 試驗片은 瞬間적으로 2部分으로 分離破斷된다.

以上과 같은 Fig. 5의 (a)型和 (b)型의 特徵은 어느 쪽도 瞬間的인 衝擊을 받는 짧은 瞬間時間內에 感知된 曲線을 충분히 확대시켜 分析함으로써만이 얻을 수 있다. 따라서 衝擊荷重-時間曲線의 形態는 R.F. Bunshah⁽¹²⁾가 주장하는 單一曲線形態가 아니고 衝擊速度 $v = 2.71 \text{ m/s}$ 를 中心으로 시험편이 破斷되지 않는 區間에서의 形態[Fig. 5의 (a)型]와 그것이 破斷된 후의 形態[Fig. 5의 (b)型]로 나눌 수 있다. 이와같은 충격하중-시간곡선의 形態는 硬度比를 變化시킨 다른 種類의 시험편에서도 유사하게 관찰할 수 있다.

3.2 硬度比 變化에 따른 衝擊降伏荷重

Fig. 6은 硬度比 變化에 따른 衝擊降伏荷重을 나타낸 것으로서 硬度比가 增加할수록 衝擊降伏荷重은 增加하는 경향을 나타내는데, 硬度比가 一定한 경우에도 衝擊速度가 增加할수록 충격하중하중은 增加하는 경향을 나타낸다. 그 이유는 시험편의 組織은 軟한 페라이트組織과 단단한 마르텐사이트組織의 混合組織으로 되어 있기 때문에, 시험편이 衝擊力을 받게 되면 우선 軟한 페라이트組織이 그 衝擊力을 흡수함과 동시에 塑性變形을 일으키게 되고 이 塑性變形이 주위의 마르텐사이트組織에 의하여 強하게 拘束을 받는다고 생각된다. 이러한 마르텐사이트組織의 塑性拘束能力⁽¹³⁾은 硬度比가 높은 材料일수록 크고 硬度比가 낮은 材料일수록 작다고 생각되는데 이 拘束能力은 熱處理溫度 및 維持時間 등과 마르텐사이트組織이 生成時에 發生하는 壓縮殘留應力의 大小의 程度에 따라서도 다를 것이豫

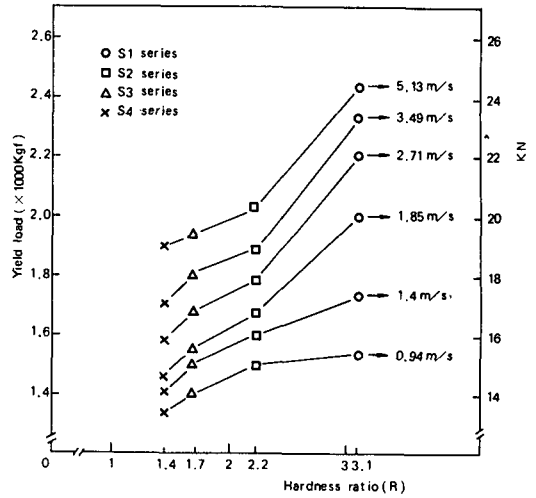


Fig. 6 Relation between hardness ratio and yield load

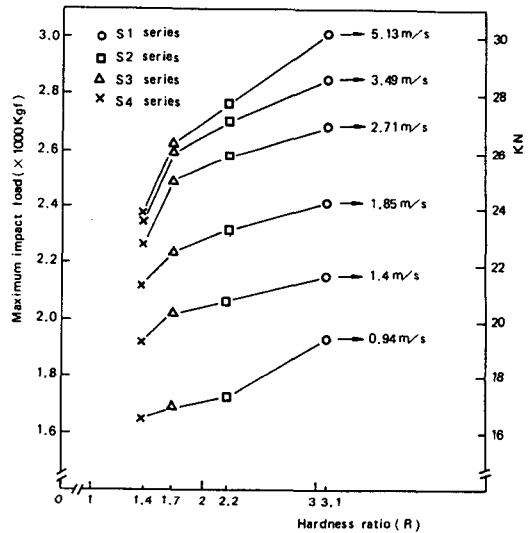


Fig. 7 Relation between hardness ratio and maximum impact load

想된다. 이 點에 대해서는 금후 具體的인 檢討가 要求된다.

3.3 衝擊最大荷重에 영향을 미치는 硬度比와 衝擊速度

硬度比와 最大衝擊荷重과의 關係의 一例를 Fig. 7에 나타내고 이것을 다시 衝擊速度와 最大衝擊荷重과의 關係로서 나타낸 一例를 Fig. 8에 나타낸다.

硬度比가 增加할수록 또한 衝擊速度가 增加할수록

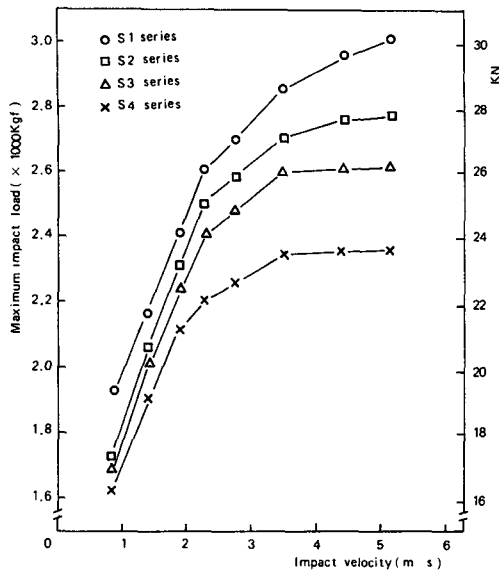


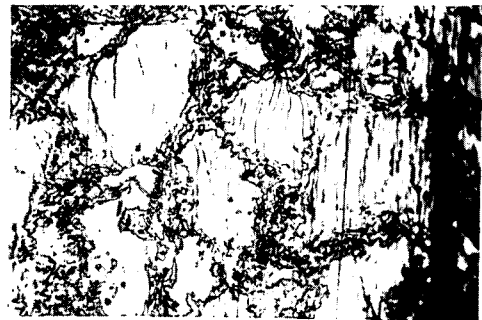
Fig. 8 Relation between impact velocity and maximum impact load

最大衝擊荷重은 大體적으로 增加함을 알 수 있다. 특히 Fig. 8에서 충격최대하중은 破斷이 일어나지 않는 區間(S1 試驗片의 경우 $v=2.71$ m/s 이전 구간)에서는 비교적 큰 勾配를 가지고 增加하다가 破斷이 되는 衝擊速度 以後 區間에서는 그 勾配가 완만하다.

우선 충격속도 $v=2.71$ m/s 以前區間的의 결과를 고찰하여 보면 다음과 같다. 즉, 이 경우, 試驗片에 加해지는 衝擊力은 작고 또 충격속도도 작으므로, 硬度比가 높은 試驗片(Fig. 8 중의 S1 시험편)인 경우에는 주로 軟性이 豊富한 페라이트에서만 그 衝擊力은 初期에 吸收됨과 동시에 거기에는 주로 벽개형 크랙 生成率이 낮은 벽개형 微視크랙이 발생하고 [Fig. 9의 (a) 사진], 이것들은 페라이트組織을 지나서 강한 塑性拘束能力을 가지는 마르텐사이트組織으로 傳播할 수 없기 때문에 그만큼 曲線의 勾配가(Fig. 8의 S1 試驗片) 增加한다고 생각된다. 그리고 硬度比가 낮은 試驗片(Fig. 8의 S4 試驗片)인 경우에는 동일 충격속도에서 衝擊力은 페라이트組織에서 우선 吸收되는데 거기에는 슬립을 동반한 미시크랙들이 많이 發生함과 동시에 텀퍼링 처리에 의하여 塑性拘束能力이 낮아진 마르텐사이트組織에서도 衝擊力은 一部 吸收된다고 생각된다 [Fig. 9(b)]. 그렇기 때문에 硬度比가 높은 試驗片에 比하여 硬度比가 낮은 試驗片의 衝擊荷重값은 同一衝擊速度에서 그만큼 낮아진다고 생각된다. 즉, 第2相인 마르텐사이트組織이 갖는 塑性拘束能力의 大小에



(a) S1 series
($v=0.94$ m/s)



(b) S4 series (500 °C Tempering)
($v=1.4$ m/s)

Fig. 9 Example of micro-slip and crack

따라서 Fig. 8에서 관찰할 수 있는 曲線들이 特徵지워진다고 생각된다. 이와같은 마르텐사이트組織이 塑性拘束能力의 大小는 마르텐사이트組織을 결정지을 수 있다고 생각되는 마르텐사이트組織의 強도와 密接한 關係를 갖고 이것은 곧 마르텐사이트組織의 硬도와도 밀접한 關係를 갖는다고 생각된다.

따라서 軟한 페라이트組織과 단단한 마르텐사이트組織을 갖는 試驗片이 순간적으로 衝擊荷重을 받으면 軟한 페라이트組織이 塑性變形을 일으키고 이때 페라이트를 둘러싼 마르텐사이트組織에 의하여 塑性變形은 저지되는데 마르텐사이트組織의 強도는 다른 組織의 그것에 比하여 훨씬 높기 때문에 硬度比가 높은 경우는 (S1 試驗片) 강한 塑性拘束能力을 갖게 되고 또 硬度比가 낮은 경우는 (S4 試驗片) 마르텐사이트組織의 強도가 그만큼 낮기 때문에 塑性拘束能力의 程度도 약해

진다고 생각된다. 그 결과, 충격最大荷重도 달라진다고 생각된다.

한편, 충격速度 $v=2.71$ m/s 以後區區間에서는 試驗片에 加해지는 衝擊力은 크고, 충격速度도 크므로 硬度比의 大小에 관계없이 페라이트組織과 마르텐사이트組織은 거의 동시에 衝擊力을 흡수하며 특히 마르텐사이트組織이 갖는 塑性拘束能力도 크랙이 傳播과 더불어 그만큼 消失되기 때문에 衝擊最大荷重曲線은 완만하게 된다고 생각된다. 물론, 마르텐사이트組織의 強度를 論하는 경우, 마르텐사이트組織이 生成할 때 發生한 壓縮殘留應力 등을 除外하고 論할 수는 없으므로 이러한 殘留應力과 塑性拘束能力과의 關係에 대한 考察은 금후의 과제로 남는다.

3.4 硬度比 變化에 따른 荷重作用時間과 延脆性舉動

우선 衝擊速度와 荷重作用時間과의 關係를 정리한 것이 Fig. 10 이다. Fig. 10에서 硬度比가 높은 S1 試驗片인 경우, 衝擊速度 $v=2.71$ m/s 이전구간(S2 시험편은 $v=3.11$ m/s, S3 시험편은 $v=3.51$ m/s, S4 시험편은 $v=4.21$ m/s)에서는 衝擊速度가 增加함에 따라서 荷重作用時間도 增加한다. 이와같은 경향은 다른 試驗片의 경우도 유사하게 나타난다. 따라서 衝擊速度가 一定한 경우, 荷重作用時間은 硬度比가 낮은 시험편일 수록 길어지고 있음을 알 수 있다. 이는 硬度比를 조

절하기 위하여 각 시험편에 각각 다른 템퍼링溫度를 선택했기 때문에 이로 인하여 마르텐사이트組織의 軟化程度가 다르고 그 결과 마르텐사이트組織의 塑性拘束能力의 大小의 정도가 달라졌기 때문이라고 생각된다. 또한 템퍼링溫度가 다르기 때문에 마르텐사이트組織의 生成時 發生한 壓縮殘留應力의 解消程度도 점차 달라지고 微視組織도 약간씩 달라지기 때문에 그만큼 試驗片에 加해지는 荷重作用時間이 달라진다고 생각된다. 그러나 구체적으로 硬度比 低下와 더불어 그 塑性拘束能力이 어느 정도 달라지는가에 대한 검토는 金후의 과제로 남는다. 따라서 硬度比의 차이는 荷重作用時間을 支配하고 荷重作用時間은 破斷延性を 支配할 수 있는 因子라고 생각된다. 이러한 문제와 관련하여 다음과 같은 실험을 하였다. 즉, 試驗片에 일정한 微小衝擊을 加하고, 크랙을 發生시킨 初期狀態에서 시험편 노치底表面 中央部 근방의 標準面積($3.6 \times 10^{-6} \text{m}^2$)을 工學顯微鏡寫眞촬영을 통해서 관찰하였다. Fig. 11에는 그 結果를 정리하였다. 즉 충격속도의 변화에 따른 벽개크랙수의 舉動을 알 수 있다. 同一衝擊速度에서 벽개크랙수는 硬度比가 增加할수록 그 數는 增加하고 있음을 볼 수 있다. 이와같은 結果는 열처리 조건에 따라서 마르텐사이트組織의 軟化程度가 조절되고 硬度比가 減少할수록 破斷形態는 脆性破斷에서 延性破斷로 遷移함을 예시하는 結果라고 생각된다.

Fig. 12와 Fig. 13은 試驗片의 延脆性 遷移舉動을 조사한 一例이다. 이것들은 시험편이 2개로 分離破斷된 경우의 일례로서 Fig. 12는 S1 시험편(硬度比는 S4 시험편에 比하여 높다)의 一例이고, Fig. 13은 S4 시

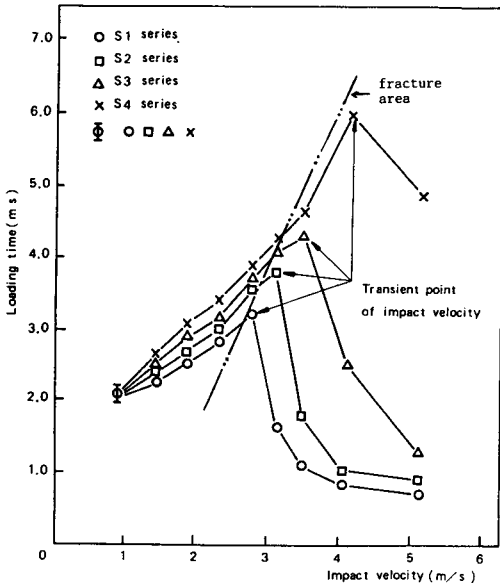


Fig. 10 Relation between impact velocity and loading time

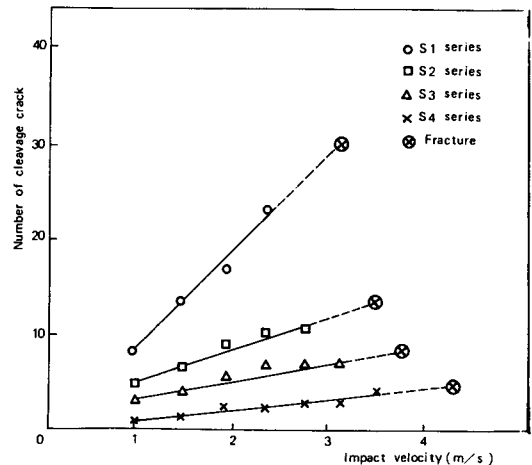
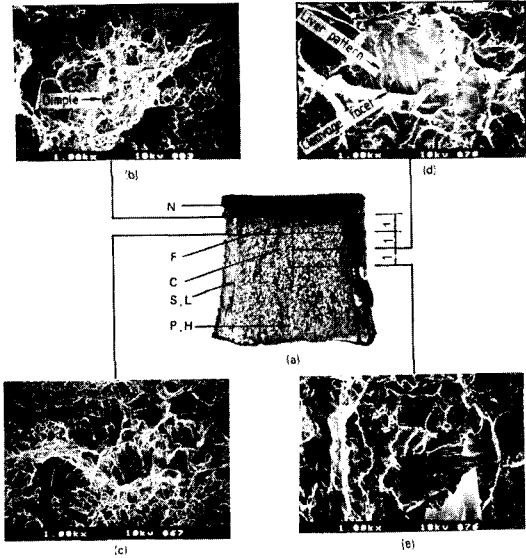
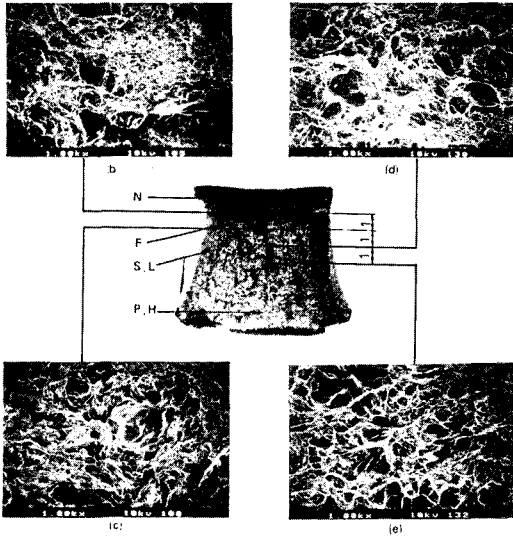


Fig. 11 Relation between impact velocity and number of cleavage crack (Reference area : $3.6 \times 10^{-6} \text{m}^2$)



(a) Optical photograph
(b)~(e) Scanning electron micrograph

Fig. 12 Example of fracture surface of S1 series (Impact velocity=5.13 m/s)



(a) Optical photograph
(b)~(e) Scanning electron micrograph

Fig. 13 Example of fracture surface of S4 series (Impact velocity=5.13 m/s)

시험편(硬度比는 S1 시험편에 비하여 낮다)의 一例이다. 破斷面의 電子顯微鏡寫眞은 破斷된 시험편의 노치底部 中央表面에서 부터 노치 길이 方向으로 中央線을 따라서 1mm씩 移動하면서 촬영한 것이다. Fig. 12와 Fig. 13의 同一位置의 各寫眞을 比較觀察하여 보면(일

예로서 Fig. 12의 d와 Fig. 13의 d를 比較), 硬度比가 높은 S1 시험편의 경우(Fig. 12)에서 부터 硬度比가 낮은 S4 시험편의 경우(Fig. 13)에로, 脆性破壞의 特徵인 破斷形態에서 부터 延性破壞의 特徵인 破斷形態로 점차적으로 遷移하고 있음을 알 수 있다. 따라서 硬度比가 增加할수록 材料는 延性에서 脆性으로 遷移한다는 것을 알 수 있다.

한편, 충격속도 $v=2.71$ m/s 이후구간(시험편이 2개로 分離破斷되는 경우)에서는, 각 시험편 共히 하중작용시간은 시험편이 破斷되는 衝擊速度를 기준으로 갑자기 減少함을 알 수 있다(Fig. 10). 이것은 破斷이 되는 衝擊速度를 넘어서면 일단 시험편에는 塑性變形과 더불어 발생된 크랙들이 순간적으로 合體하면서 急速速度로 傳播되어 에너지가 解放되기 때문에, 荷重作用時間은 破斷과 더불어 갑자기 짧아진다고 생각된다. 이와같은 荷重作用時間이 갑자기 짧아지는 點을 遷移點이라 할 수 있다. 이러한 遷移點의 位置는 硬度比의 大小에 따라서 약간씩 다르고 硬度比가 낮은 시험편일수록 遷移點의 位置까지의 荷重作用時間은 길다는 것을 알 수 있다. 그 理由는 試驗片이 갖는 延性이 그만큼 豊富해졌기 때문이라고 생각된다.

3.5 吸收에너지와 衝擊速度 및 硬度比와의 관계

Fig. 14는 충격속도 변화에 따른 吸收에너지를 나타낸 것이고 Fig. 15는 Fig. 14를 참고로 硬度比 變化에 따른 吸收에너지를 나타낸 것이다. 衝擊速度에 따라서

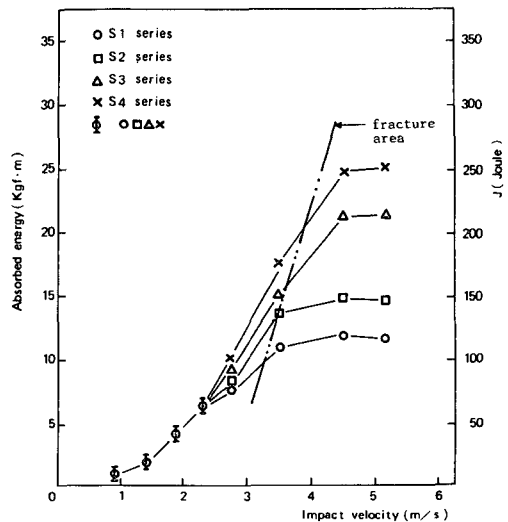


Fig. 14 Relation between impact velocity and absorbed energy

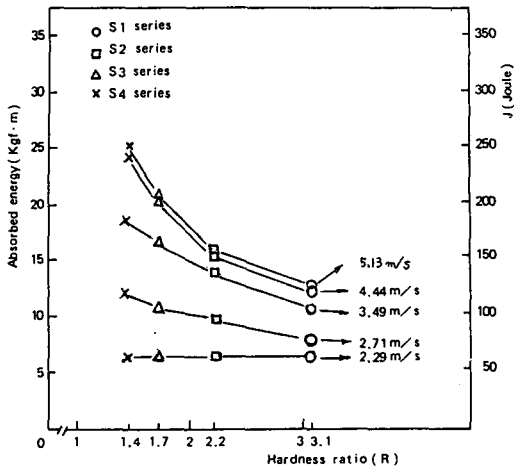


Fig. 15 Relation between hardness ratio and absorbed energy

시험편이 2개로 분리파괴되지 않는 구간에서의 흡수 에너지는 충격속도에 따라서 증가하는 경향을 보이다가 시험편이 2개로 분리파괴되는 구간에서는 그것은 충격속도가 변하여도 에너지는 거의 변화가 없는 완만한 경향을 보이고 있다. 그 이유는 다음과 같이 생각된다. 즉, S1 시험편인 경우, 충격속도 $v=2.71$ m/s 이전 구간에서는 우선 충격속도가 작고 또 충격력도 작으므로 페라이트조직과 마르텐사이트조직이 동시에 충격을 받으면 페라이트조직이 먼저 에너지를 흡수하면서 소성변형 및 미세크랙이 발생하는데 그것들은 마르텐사이트조직의 강도의 크기에 따라서 강한 소성拘束을 받기도 하고 약한 소성拘束을 받기도 한다고 생각된다. 그후 소성변형 및 미세크랙들은 충격속도의 증가와 더불어 마르텐사이트조직으로 전파하던가 또는 서로 연결되면서 순간적으로 하나의 큰 크랙으로 전파하여 결국 최종파괴에 이른다고 생각된다. 특히硬度비가 높은 시험편인 경우는(S1 시험편), 벽개크랙數는硬度비가 낮은 시험편의 경우에 비하여 약간 많게 되지만(Fig. 11 참조), 負荷變形에 대한 벽개크랙形成率은 낮게 되고, 또한 延性이 없다고 생각되는 마르텐사이트조직에서의 크랙 전파는 매우 빠르게 된다. 따라서 흡수에너지는 그만큼 낮아진다고 생각된다. 또硬度비가 낮은 시험편인 경우는(S4 시험편), 延性이 풍부한 페라이트조직과 熱處理에 의하여 소성拘束力이 작아진 마르텐사이트조직이 소성변형 및 미세크랙의 전파를 점차적으로 阻止하게 되므로 크랙의 전파는 느리고 따라서 흡수에너지값은 증가한다고 생각된다.

한편, 충격속도 $v=2.17$ m/s 이후 구간에서의 흡수

에너지 변화가 없는 것은 충격속도가 크고($v=2.71$ m/s 이전 구간에 비하여), 충격력도 크므로, 페라이트조직과 마르텐사이트조직은 硬度比의 크기에 관계없이 거의 동시에 충격荷重을 흡수하고 특히, 마르텐사이트조직에서의 크랙 전파는 빠르게 그만큼 에너지가 解放되기 때문이라고 생각된다.

4. 結 論

複合組織鋼의 충격破壞舉動에 미치는 微視組織의 영향을 檢討하기 위하여, 페라이트조직과 마르텐사이트조직의 硬度比만을 변화시킨 시험편을 準備하고 충격속도를 0.94 m/s에서 5.13 m/s까지 변화시켜 가면서 충격시험을 하였다. 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 硬度比가 증가함에 따라서 충격降伏荷重은 충격속도가 일정한 경우에 증가한다. 그 이유는 硬度비가 높은 시험편은 페라이트조직을 둘러싼 마르텐사이트에 의하여 강한 소성拘束을 받으므로 충격降伏荷重은 그만큼 증가한다.

(2) 충격最大荷重은 硬度比가 증가함에 따라서 증가한다. 그런데, 페라이트조직을 둘러싸고 있는 마르텐사이트조직의 強度 差異에서 오는 소성拘束力의 差異만큼, 應力은 그 上昇程度가 다르고, 그 결과, 충격最大荷重도 그만큼 달라진다.

(3) 硬度比의 差異는 荷重作用時間을 支配하고 荷重作用時間은 破斷延性を 支配하는 因子라고 생각된다. 따라서 硬度比가 증가할수록 材料는 延性에서 脆性으로 遷移한다.

(4) 흡수에너지는 硬度比가 높을수록 낮아진다. 그 이유는 硬度비가 높은 시험편을 負荷變形에 대한 벽개크랙 전파가 매우 빠르기 때문에 그만큼 흡수에너지는 낮아진다고 생각된다.

後 記

本 研究는 韓國科學財團 1985年度 後半期 차관研究費 支援에 의하여 이루어졌으며 同 財團 관계 諸位께 感謝드립니다.

參 考 文 獻

- (1) R.G. Davies, 1978, "Influence of Martensite Composition and Content on the Properties of Dual

- Phase Steels”, Met. Trans., Vol. 9A, pp. 671~679.
- (2) 金楨圭, 清水, 國尾, 1979, “第2相組織の拘束性がへき開割を形成する學動におよぼす影響について”, 日本機械學講演論文集, No. 790~13, pp. 433~435.
- (3) 田村今男, 1093, “2相混合組織をもつ鐵合金の強度と延性について”, 鐵と鋼(日本), Vol. 59, No. 3, pp. 454~468.
- (4) 清水, 國尾, 鈴木, 1980, “複合組織鋼の破壞學動におよぼす内部應力の影響について”, 日本機械學會論文集, 第146卷, 第402號, pp. 173~179.
- (5) 沖幸男, 1980, “フェライト-マルテンサイト2相混合組織をもつ鋼の疲労強度におよぼす微視組織的因子の影響”, 日本金屬學會誌, 第43卷, 第3號, pp. 239~245.
- (6) 宋森弘, 吳澤烈, 張科秀, 1983, “複合組織鋼의 衝擊破壞學動에 영향을 주는 마르텐사이트體積率의 効果”, 大韓機械學會論文集, 第7卷, 第4號, pp. 372~378.
- (7) L.F. Ramos, 1979, “On the Deformation Behavior of Dual Phase Steels”, Met Trans., Vol. 10A, pp. 259~261.
- (8) 宋森弘, 吳澤烈, 1985, “複合組織鋼의 第2相形態變化에 따른 衝擊破壞學動에 관한 研究”, 大韓機械學會論文集, 第9卷, 第3號, pp. 287~294.
- (9) J.Y. Koo and G. Thomas, 1979, “Metallogical Factor of Dual Phase Steel”, Scripta Metallurgical, Vol. 13, pp. 1141~1145
- (10) 金楨圭, 1979, “複合組織鋼の延性-脆性破壞學動におよぼす微視組織學的 因子の影響”, 日本慶應義塾大學院博士學位論文, pp. 44~68.
- (11) 金楨圭, 1981, “複合組織鋼의 破壞學動에 미치는 微視組織크기의 影響”, 大韓機械學會論文集, 第5卷, 第3號, pp. 223~229.
- (12) R.F. Bunshah, 1971, “Techniques of Metals Research”, Vol. 5~2, Chap. 8, pp. 103~120. New York, N.Y. 10016 : 605 Third Ave., John Wiley and Sons.
- (13) A.J. McEvily, H. Suzuki, An Effect of the Second Phase Morphology on the Tensile Fracture Characteristics of Carbon Steels, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 7, pp. 411~417.