

## Case-hardening Steel, SCr<sub>22</sub>의 熱處理組織이 被削性에 미치는 영향

廉 萬 午  
機 械 科

### 〈要 約〉

Case-hardening Steel, SCr<sub>22</sub>를 택하여 그 熱處理組織이 被削性에 미치는 영향에 관하여, 現場作業의 인 건지에서, 實驗 考察하였다. 여기에서 얻은 重要な 結果는 다음과 같다.

SCr<sub>22</sub>의 穿孔性은 pearlite의 球狀化 및 그 分布狀態에 依해 支配하고, 그 穿孔性은 層狀 pearlite組織이 가장 좋고, pearlite群内の 球狀化가 進行함에 따라 나빠진다.

한편 drill의 工具壽命은 硬度가 낮을수록 좋다. 實際 現場作業에서는 球狀化가 進行된 組織일수록 trouble 을 發生시키는 경우가 많아 被削性의 評價는 工具壽命으로 하는 것 보다는 穿孔性으로 하는 것이 바람직 하다.

SCr<sub>22</sub>의 切削 Chip處理는 球狀化 annealing組織이 가장 우수하고, 다음에 annealing組織 normalizing組 織의 順이다. SCr<sub>22</sub>+0.05%S는 熱處理組織이 切削 Chip處理性에 거의 영향을 미치지 못하고 이것으로 S칩 가가 現場作業에는 유리하다는 것을 알 수 있다.

---

## Effects of heat-treated structures on machinability of Case-hardening steel, SCr<sub>22</sub>.

Yum Man Oh

Dept. of Mechanical Engineering

### 〈abstract〉

Effects of heat-treated structures on the machinability of case-hardening steel, SCr<sub>22</sub>, are investigated.

The results are as follows:

Laminar pearlite structure obtained by annealing or normalizing show the best drillability. As dispersion of cementite particles becomes uniform and spheroidizing of carbide progresses drillability is reduced remarkably. But based on tool life, the machinability of spheroidizing structure is found to be the best.

Based on chip-breaking characteristics the machinability of spheroidizing structure is the best, followed by the annealed structure and the normalized structure, in that order.

---

### I. 序 論

自動車部品, gear, shaft 등에 많이 사용되는 Case-hardening鋼(SCr<sub>21, 22</sub> 및 SCM<sub>21, 22</sub> 등)은 品質적으로

우수하고 安定될 것이 要求된다. 이 鋼은 壓延丸棒 또는 引拔鋼에서 直接切削加工하든지, 熱間鍛造 혹은 冷間鍛造에 依해 여유를붙여 加工한 後에 切削加工을 실시하는 경우가 많다. 이 경우 切削加工前 에 被削性 또는 部品에 要求되는 強度를 考慮하여

熱處理를 하는것이 보통이다. 鋼의 被削性은 熱處理組織에 依해서 큰 영향을 받는다. 가끔 現場作業에서 熱處理가 切削作業에 적당하지 못해서 trouble이 發生하는 경우를 보게된다. 따라서 鋼의 被削性에 미치는 熱處理組織의 영향에 關해서 充分히 把握하여 切削加工에 適合한 熱處理組織을 선택하는 것은 대단히 重要하다고 생각한다.

## II. 被削性的 判定基準

鋼의 被削性은 一般的으로 다음의 4項目으로써 評價된다.

1. 工具壽命의 長短
2. 切削仕上面의 良否
3. 切削 Chip處理의 難易
4. 切削抵抗의 大小

上記의 被削性 判定基準의 우선순위는 切削作業에 따라 달라지지만 一般的으로 表 1과같이 나타낼 수 있다. 그러나 이러한 被削性 判定基準은 서로가 連關性이있기 때문에 工具壽命의 側面에서 보아 被削性에 제일 適合한 熱處理가 반드시 切削仕上面의 良否의 면에서도 제일 適合하다고는 말할 수 없다. 따라서 切削作業 및 切削條件을 考慮하여 總合적인 観点에서 熱處理方法을 選擇할 것이 要求된다.

表 1. 被削性 判定基準의 우선 順位

評價基準 - 切削工業	荒加工	仕上加工	自動切削
工具壽命의 長短	1	3	3
切削仕上面의 良否	4	1	2
切削Chip處理의 難이	3	2	1
切削抵抗의 大小	2	4	4

## III. 切削Chip 生成機構와 熱處理

鋼의 현미경組織은 熱處理에 依해서 變하고 이 變化는 鋼의 機械的 性質 및 被削性에 對해서도 큰 영향을 미친다. 鋼의 被削性에 미치는 熱處理의 영향 다시말해 현미경組織의 영향에 關해서는 炭化物의 形狀 및 分布狀態가 주로 問題가 된다. 鋼중에 分散되어있는 炭化物은 非金屬介在物과같이 應力集中源으로서 作用하기 때문에 (1)炭化物의 形狀, (2)炭化物의 크기, (3)炭化物間의 거리 (4)炭化物의 數 및 量, (5)炭化物의 分布의 均一性등이 被削性에 영

향을 미치게된다. 이 炭化物에 依한 應力集中源으로서의 作用은 層狀 pearlite組織의 경우 크고 層狀 pearlite의 球狀化 進行과 더불어 적게되고 均一分散된 球狀 pearlite組織에서는 더욱 적게된다. ferrite 中에 適量 分散된 層狀pearlite組織은 應力集中源으로서 作用하여 전단領域의 幅을 減少시키고 전단각을 크게하여 切削抵抗을 減少시킨다. 이러한 性質로 因한 被削性에 有利한 効果는 pearlite量이 30% 程度될 때까지는 pearlite의 증가와 더불어 크게된다. 그러나 pearlite量이 30%以上되면 이량이 증가하여도 被削性에 有利한 効果는 더이상 上昇하지않고 오히려 逆으로 前단항복應力의 上昇에 依해서 切削抵抗, 切削溫度를 높게하여 工具의 磨耗를 促進시킨다. 그 結果 鋼中의 炭素量이 약 0.3%(pearlite 量 25~30%)에서 被削性을 제일 좋은 것으로 나타나있다. 다시말해서 低炭素鋼에서는 炭化物의 應力集中源으로서의 作用을 좀더 効果的으로 利用하기 위해서는 層狀 pearlite組織으로하여 切削하는 것이 좋고 炭素量이 많은 中炭素 및 高炭素鋼은 球狀化 組織 또는 어느정도 球狀化가 進行된 組織으로 하여 切削할 것이 要求된다.

本 研究에서는 鋼의 被削性을 評價할 수 있는 前述한 4項目 中에서 工具壽命의 長短과 切削 Chip處理의 難易에 關하여 Case-hardening鋼인 SCr<sub>22</sub>를 택하여 몇 種類의 熱處理組織을 얻어 각 組織에 對한 實驗 및 그 結果를 記述하였다. 特別 工具壽命의 長短을 評價할 수 있는 切削作業으로서는 旋削, drilling, 成形, broach加工등 여러 種類가 있으나 이 中에서 drill穿孔性에 關하여 實驗하였다. 그 이유는 drill穿孔性이 現場作業에서 被削性을 評價함에 있어 어떤면에서는 대단히 適合하다고 생각되었고 또 試片의 形狀이 小形이기 때문에 多種의 相異한 熱處理組織을 얻는 것이 容易하기 때문이다.

## IV. Drill穿孔性 및 工具壽命에 미치는 熱處理組織의 영향

### 1. Drill穿孔性에 미치는 熱處理組織의 영향

다음과 같이 實驗 考察하였다.

1. 試片 및 試片의 化學成分: 表 2와 같다.
2. 試片의 熱處理 및 그 組織: 表 3 및 Fig. 1과 같다. (表 3 및 Fig. 1에서 a, b, c, d, e는 서로 대우함)

表 2. 試片 및 試片의 化學成分

試片	化學成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	비고
SCr <sub>22</sub>		0.20	0.30	0.80	0.01	0.005	1.10	
SCr <sub>22</sub> +0.05%S		0.20	0.20	0.75	0.01	0.05	1.05	
SCr <sub>22</sub> +0.10%S		0.20	0.20	0.70	0.01	0.1	1.8	

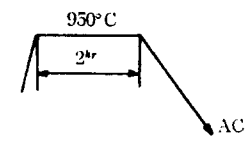
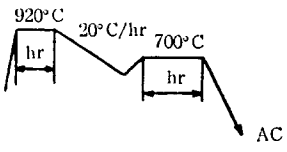
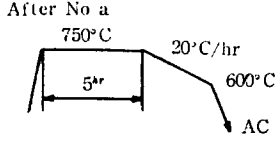
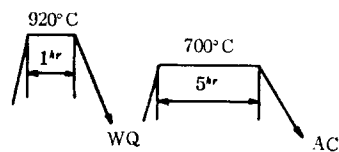
No	
a	
b	
c	After No a 
d	cycles of No c 3 times repeated
e	

表 3. Heat treatment of specimens.

3. drill穿孔性實驗은 卓上 Boring M/C으로 하고 drill은 KS標準 drill SKH9種을 使用하였다. drill에 一定한 荷重 30kg을 걸고 回轉數 1100rpm으로 하여  $\phi 40 \times 10$ mm의 試片을 穿孔하는데 걸리는 時間을 測定하였다. 1개의 drill로서 4개의 試片을 임의의 順序로 바꾸어 4回 測定하여 그 平均値를 穿孔時間으로 하였다. 試片中에 언제나 標準試片으로 S15C를 넣어 S15C의 穿孔時間과 各 試片의 穿孔時間을

比較하였다. 標準試片 S15C와 各 試片의 穿孔時間을 相對的으로 比較하기 위하여 穿孔性指數(Drillability Index:DI)를 도입하였다. 즉, 各 試片의  $DI = \frac{\text{標準試片(S15C)의 穿孔時間}}{\text{該 試片의 穿孔時間}} \times 100(\%)$ 로 求할 수 있고 이 式에서 알 수 있는바와 같이 DI가 클수록 試片의 穿孔時間이 標準試片의 穿孔時間보다 짧아 穿孔性이 標準試片보다 양호함을 나타낸다. S15C標準試片을 穿孔하는데 걸린 平均切削時間은 0.5분이었다. Fig. 2에 SCr<sub>22</sub>와 여기에 0.05%S 및 0.1%S를 첨가한 試片의 穿孔性指數와 熱處理組織과의 關係를 S量을 parameter로하여 表示한다.

考察: 어느 熱處理組織의 경우에도 drill穿孔性은 S첨가에 依해서 현저하게 나어진 것은 예상했던 바와 같으나 比묘한 熱處理組織의 差가 drill穿孔性에 미치는 影響을 Fig. 2에서 명확히 알 수 있다. 즉, drill穿孔性에 있어서는 ferrite 層狀pearlite組織이 가장 바람직하고(Fig. 2a), pearlite群內的 球狀化가 進行함에 따라 穿孔性은 점점 나빠진다. (Fig. 2의 b, c, d). 다음에 pearlite群內的 球狀化가 進行하던, 炭化物이 凝集하여 크게 되고, 또 그 分布가 均一하게 되어, 穿孔性의 低下는 더욱 현저하게 된다(Fig. 2e).

2. Drill工具壽命에 미치는 熱處理組織의 영향

다음과 같이 實驗 考察하였다.

1. 試片 및 그 化學成分: 表 2의 SCr<sub>22</sub>와 같다.
2. 試片의 熱處理 및 그 組織: 表 3과 Fig. 1의 a, c, d, e와 같다.

3. Drill工具壽命實驗을 Radial Boring M/C으로 하고 drill은  $\phi 10$ 의 tape shank drill SKH9種을 使用하였다. Boring M/C의 回轉數를 150rpm, 移送 0.30mm/rev로  $\phi 40 \times 25$ mm의 試片을 穿孔하여, 工具壽命時까지의 돌리는 구멍갯수로서 工具壽命을 測定하였다. 工具壽命의 判定基準은 切削動力의 急上昇 또는 Boring M/C의 音이 變化할 때까지로 하였다. drill工具壽命 實驗結果를 Fig. 3에 表示한다.

考察: 圖에서 알 수 있는 바와같이 一定荷重下에서의 穿孔時間으로써 評價한 穿孔性과는 달리 Drill 工具壽命은 硬度가 낮을수록 좋고, 前述한 Fig. 2와는 다른 結果를 나타낸다. 이와같이 Drill穿孔성과 工具壽命 사이에는 相關關係가 없다는 흥미있는 事實을 알 수 있다. 그러나 實際 現場作業에서 仕上面의 粗度와 더불어 Chip處理性이 重要視되고 있는 Broach加工등을 하는 경우, Drill工具壽命이 가장 좋

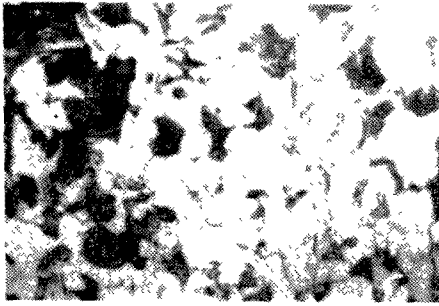
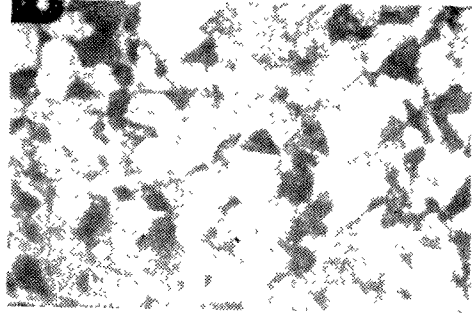
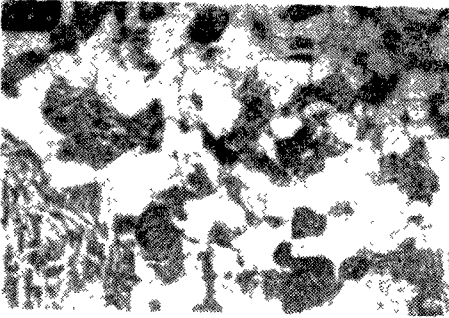
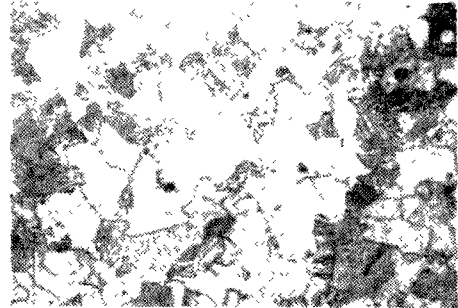
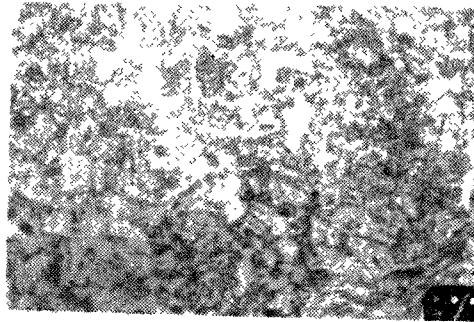
a.  $H_{RB}$  80.5b.  $H_{RB}$  72.5c.  $H_{RB}$  73.5d.  $H_{RB}$  68.5e.  $H_{RB}$  83.5

Fig. 1. S<sub>Cr22</sub>: 0.50%S의 熱處理組織( $\times 400$ ) (a, b, c, d, e는 表 3의 그것에 對應함)

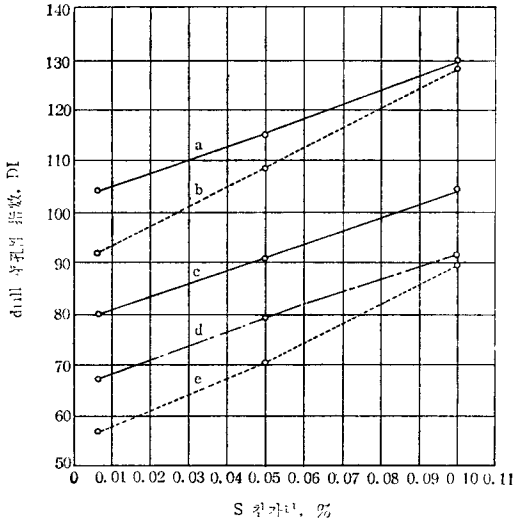


Fig. 2. SCr<sub>22</sub>의 drill穿孔성에 미치는 熱處理 및 S침가의 영향

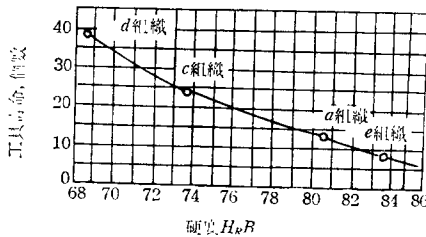


Fig. 3. SCr<sub>22</sub>의 drill工具壽命에 미치는 硬度的 영향

은 球狀化가 進行된 組織일수록 trouble을 發生시키는 경우가 많기때문 이 점을 考慮하면 被削性의 評價는 工具壽命으로 하는 것 보다는 오히려 穿孔性으로 하는 것이 바람직하다고 생각한다.

V. 切削 Chip處理性에 미치는 熱處理組織의 영향

自動化 高速화된 機械工場에서는 切削 Chip處理性의 良否는 生産성에 큰 영향을 미치기 때문에 이것은 被削性의 重要한 評價基準이 된다. 熱處理組織은 被削材의 延性 및 切削中 Chip의 curl形成에 큰 영향을 미치기 때문 切削 Chip處理性과의 사이에

密接한 關係가 있다는 것을 現場作業의 經驗에서도 알 수 있다. 切削 Chip의 形狀은 現場에서 여러가지로 分類하지만 代表的인 分類의 例를 Fig. 4에 表示한다. 이 分類方法은 系統的이고 同時에 使用하기 쉬운 分類로서 切削 Chip크기와 curl方向과의 2次元的이다. 切削 Chip處理性에 關하여는 含有炭素量이 작은 Case-hardening鋼에 比較的 問題가 많다고 생각되기 때문에 알 實驗에 使用한 SCr<sub>22</sub> 및 SCr<sub>22</sub>+0.05%S의 2種類의 鋼을가지고 實驗, 考察하였다.

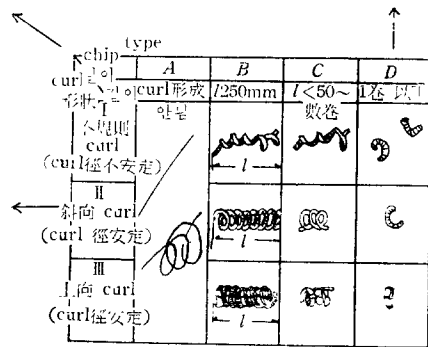


Fig. 4. 切削 Chip形狀의 分類

試片은 25φ×120mm으로 하고 그 熱處理는 annealing은 920°C에서 1hr holding後 爐冷, normalizing은 920°C에서 1hr holding後 空冷, 球狀化 annealing은 750°C에서 5hr holding後 600°C까지 20°C/hr씩 冷却시켰다. 實驗은 일반선반으로 하고 工具는 超硬工具 P<sub>10</sub>種을 使用했다. 切削速度 120m/min, 切入量 1.6mm, 移送를 0.1~0.4mm/rev로 變化시켜 약 8秒間 旋削하였다. 8秒間 切削한 Chip을 Fig. 4의 分類方法에 따라 分類하고, 形狀別의 Chip重量比를 移送과의 關係로써 정리하여 Fig. 5에 表示하였다.

考察: 移送速度가 작을때는 Fig. 4의 A型의 切削 Chip이 發生하지만 移送速度를 크게하면 切削 Chip은 B型 및 C型으로 바뀌고 더욱더 크게하면 D型의 Chip만 發生한다.

試片 SCr<sub>22</sub>+0.05%S에 對해서도 위와같은 驗實을하여 切削 Chip處理性이 좋은 (C+D)型 切削 Chip重量比를 移送速度와의 關係로 정리하면 Fig. 5, 6과 같다. (C+D)型의 切削 Chip으로 바뀌는 移送速度는 SCr<sub>22</sub>에서는 球狀化 annealing組織이 제일 작고,

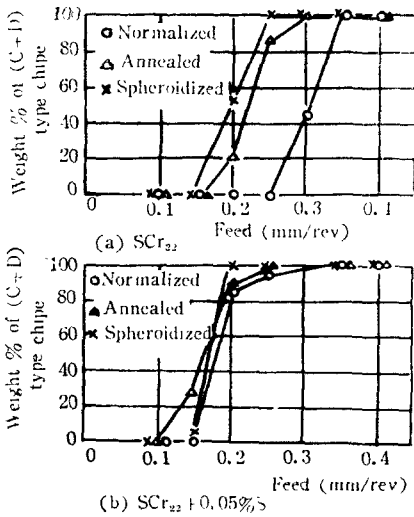


Fig. 5. (C+D)型 Chip重量比와 移送과의 관계

다음 annealing組織, normalizing組織의 順序로 된다. 즉, 切削 Chip處理性은 球狀化 annealing組織이 가장 좋고 다음에 annealing組織, normalizing組織의 順이다. 그러나  $SCr_{22}+0.05\%S$ 에서는 切削 Chip處理性은 熱處理組織에 의해 거의 영향을 받지 않는다. Fig. 5의 圖 a, b를 比較하여 알 수 있는바와 같이 어느 熱處理組織에 있어서도 S의 첨가에 의해 切削 Chip處理性이 改善되지만 normalizing組織의 경우 그 效果가 크다. 이것은 S를 첨가한 鋼이 現場作業에서는 有利한 특징을 가지고 있다는 것을 나타낸다.

## Ⅶ. 結 論

以上 Case-hardening 鋼  $SCr_{22}$ 를 택하여 그 熱處理組織과 被削性에 關하여 주로 現場作業의인 側面

에서 實驗, 考察하였다. 여기에서 얻은 重要的 結果는 다음과 같다.

1. 몇 種類의 熱處理를하여 그 組織을 變化시킨  $SCr_{22}$ 의 穿孔性은 pearlite의 球狀化 및 分布狀態에 의해 支配되고, 그 穿孔性은 層狀 pearlite組織이 제일 좋고, pearlite群內的 球狀化가 進行함과 더불어 나빠진다. 한편 drill의 工具壽命은 硬度가 낮을 수록 좋으나 實際 現場作業에서는 硬度가 낮고 球狀化가 進行된 組織일수록 trouble을 發生시키는 경우가 많아 被削性의 評價는 工具壽命으로 하는 것보다는 穿孔性으로 하는 것이 바람직하다.

2.  $SCr_{22}$ 의 切削 Chip處理性에는 球狀化 annealing組織이 가장 우수하고 다음에 annealing組織, normalizing組織의 順이다. 그러나  $SCr_{22}+0.05\%S$ 는 熱處理組織이 切削 Chip處理性에 거의 영향을 미치지 못하고 이것으로 S첨가가 現場作業의인 側面에서는 有利한 특징이 된다는 것을 알 수 있다.

3. 被削性 判定基準으로 工具壽命, 仕上面의 粗度 및 切削 Chip處理性 등에서 어느 것이 제일 問題가 되는가를 잘 파악하고, 다음에 切削方法, 工具材質 및 形狀과 더불어 切削條件도 充分히 考慮하여 적절한 熱處理組織을 選擇할 것이 要望된다.

## 後 記

本 論文을 위해 많은 협조를 해준 한국종합특수강 마산공장의 유 흥정 친우께 깊은 감사를 드린다.

## 참 고 문 헌

1. 横堀武夫, 材料強度學, (1964) p. 222.
2. 山本俊郎, 鐵と鋼, 68-8(1974), p. 1114.
3. 竹山秀彦, 金屬切削, 切削技術と材料 및 設計 (1964), p. 59.
4. 山本俊郎, 鐵と鋼, 59-1(1973), p. 100.
5. 山本俊郎, 鐵と鋼, 62-1 (1976), p. 72.