

## 스프링鋼의 國際規格化 趨勢에 대하여 On the Specifications for Spring Steels

廉 永 夏\* · 申 東 菴\*\*  
Y. H. Yeom, D. M. Shin

### 1. 緒 言

最近 自動車의 高速輕量化 趨勢는 많은 進展을 보고 있으며 또 앞으로는 많은 研究와 努力이 傾注되어야 하리라고 본다. 그 가운데 하나로서 스프링의 輕量化는 大略 다음과 같은 3方面에서 研究되고 있다.

1) 複合材料, 즉 CFRP (carbon fiber reinforced plastics), 나아가서는 BFRP (boron fiber-reinforced plastics)의 彈性和 輕量性을 利用한 스프링.

2) 形狀, 즉 構造의 面에서 스프링素材를 厚板으로 使用함으로써, 多枚物에서 單枚 또는 少數枚의 拋物曲線 스프링 (parabolic taper spring)으로의 變遷.

3) 高応力 使用, 즉 從來의 스프링鋼보다 높은 彈性을 가진 材料로써 스프링 応力을 높게 사용할 수 있는 鋼種의 開發 等이다.

특히 3)의 彈性限을 높이는 問題는 2)의 厚材化와 더불어 熱處理性, 加工性 等이 問題가 되어 이에 따라 新鋼種으로서의 變遷을 強要하게 된다. 그러므로 國際競爭力을 強化하기 위하여 各國들이 活潑하게 研究 및 開發을 推進하고 있는 現狀이다. 우리나라의 경우 現在 製作技術은 어느 程度 많이 蓄積되고 있으나, 아직 R&D 面에서는 漸進적으로 推進되고 있다. 이와 같은 實

情에서 自動車産業의 國際化와 더불어 從來 使用된 스프링鋼材의 再檢討가 우리나라에서도 緊急히 必要하게 되었다. 그 예로서 KS SPS 5 (JIS SUP 9)의 鋼種이 從來 日本에서 自動車用 스프링의 大宗을 이루고 있던 것이 最近에는 SUP 9A로 轉換되고 있다. 이것은 SUP 9A는 SUP 9보다 機械的 性質이 우수하며, 또한 自動車分野의 世界第一位인 美國의 SAE 5160材와 一致되고 있다. 그러므로 國際化 傾向과 더불어 SUP 9種은 SUP 9A로 轉換되고 있으므로서 우리나라의 경우에도 自動車 스프링의 輸出用은 勿論이고, 國內用에도 SUP 9A에 該當하는 規格이 制定되고, 또한 빠른 轉換이 必要하다고 본다. 이와 같은 國際的인 추세는 SUP 6을 SUP 7種으로 代替하고, 또다시 SUP 7種은 SUP 7H種으로 더욱 向上된 것이 實用化되고 있다. 아래에서 이에 對한 機械的 特性을 中心으로 檢討하기로 한다.

### 2. KS 規格의 解釋

KS 鐵鋼規格, JIS鐵鋼規格을 위시하여 世界 모든 나라의 鐵鋼規格은 各種 用途別에 따른 鋼材의 化學成分, 機械的 性質, 熱處理方法 等を 明示하여 鋼材使用者가 任意로 自由選擇하여 使用하도록 規定하고 있다. 化學成分에 對하여 各

\* 서울대학교 工科大学

\*\* 大圓鋼業株式會社

國 鐵鋼規格에는 各種 用途別로 鐵鋼材의 化學成分이 明示되어 있으나, 이 化學成分은 鐵鋼 그 自體의 成分이 아니고 鋼을 溶解製鍊할 때 溶鋼의 化學成分을 意味한다. 一般的으로 KS나 JIS 規格 合格鋼이라도 實際로 使用하는 鋼材製品 그 自體의 化學成分 및 含有量과는 다른 수가 있는 것이다. 뿐만 아니라 機械의 性質에 關해서도 KS規格이나 JIS規格에 明示되어 있는 各種의 鐵鋼材의 機械的性質은 JIS標準치수, 即 一般用 鐵鋼材 (JIS規格分類番号 3000番台)의 경우는 直徑이 25mm의 丸棒試片이고, 工具鋼의 경우는 15mm의 斷面이 둥근形, 혹은 四角形이고, 길이는 20mm의 試片으로 規定하고 있다. 그 밖에 熱處理方法 (熱處理溫度, 熱處理條件)에 對해서도 鋼材의 機械的性質에 關한 規定과 같이 一般用 鋼材의 標準치수는 直徑이 25mm의 둥근 막대 試片을 使用하도록 規定하고 있다. 以上과 같이 KS規定이나 JIS規定은 使用製品 그 自體의 性質이 아니고 實際 使用狀態에 있는 鐵鋼材料의 機械的性質 등이 아니다. KS規定이나 JIS規定은 特定材料에 適合한 機械的性質, 熱處理方法의 一例를 例示한 데 불과하여 實際 使用할 때는 熱處理方法이나 機械的性質 등이 KS나 JIS規定과 다른 것이다. KS, JIS規格에 있어서 鋼材中에는 스프링鋼, 工具鋼, 베어링鋼 등을 分類 規定하고 있어서 스프링鋼材는 스프링專用鋼材, 工具鋼材는 工具專用鋼材로 使用해야 하는 것 처럼 規定되어 있으나, 이것은 어디까지나 鐵鋼材의 性質이나 熱處理方法 등을 바꾸면서 各種用途에 自由自在로 使用할 수 있는 것으로 解釋해야 할 것이다.

### 3. SUP 9種 鋼材와 SUP 9 A種 鋼材의 比較

스프링鋼의 國際化와 더불어 日本에서는 1977년에 JIS G4801 스프링鋼에서 SUP 9種에 SUP 9 A種을 追加하였다. 이것은 SAE 5160에 該當하며, 이 SUP 9 A種을 追加하게 된 經緯를 JIS G4801 (1977)에서 解説하고 있다. 그 內容을 보면 技術의 進歩에 適心하기 위한 現狀에 直面

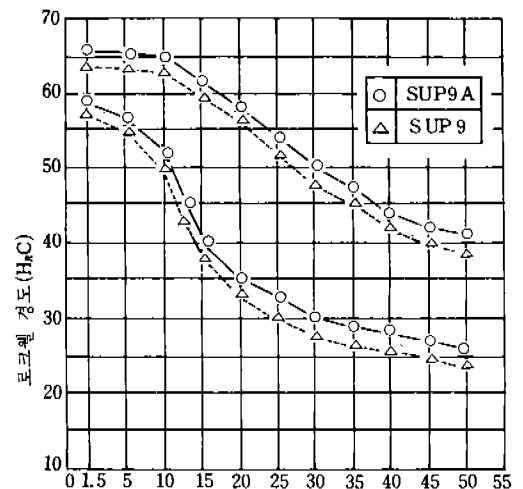
表 1 Mn-Cr系의 SUP 9種과 SUP 9A種의 成分과 性質

區 分	化 學 成 分 (%)					硬化能 中心部 50% 마르텐사이트	
	C	Si	Mn	P 및 S	Cr	直徑 (mm)	板 두께 (mm)
SUP 9	0.50 ~0.60	0.15 ~0.35	0.65 ~0.95	0.035이하	0.65 ~0.95	55	33
SUP9A	0.55 ~0.65	0.15 ~0.35	0.70 ~1.00	"	0.70 ~1.00	60	36
SAE5160	0.55 ~0.64	0.20 ~0.35	0.65 ~1.10	"	0.60 ~1.00	60	36
ISO 8	0.56 ~0.64	0.15 ~0.40	0.70 ~1.00	"	0.60 ~0.90	60	36

하고 있어 美國市場 進出과 더불어 SUP 9種보다 더욱 우수한 美國의 自動車用 板스프링, 코일 스프링으로 C% 含有量이 많은 SAE5160을 迎入하여 追加한 것으로 解釋된다.

表 1에서 알 수 있는 바와 같이

- 1) SUP 9 A種은 SUP 9種에 比하여 炭素(C)量, 망간(Mn)量 및 크롬(Cr)量이 各各 0.05% 더 많다.
- 2) 合金元素가 더 많음으로써 硬化能이 SUP



시험편 담금골부터의 거리 (ISO 688/xiv steel type No.8-9)

Fig. SUP 9종과 SUP 9 A 종의 경화능대 (H-band) 비교

9種보다 SUP9A種이 더욱 우수하며 두꺼운  
 겹판 스프링에서도 内部까지 높은 담금 硬度를  
 얻을 수 있다. 表 1에서 硬化能이 中心部까지 50  
 % 마르텐사이트 組織으로 되는 限界値를 比較  
 하면 直徑에 對하여 SUP9種이 55mm, SUP9  
 A는 60mm로 되어 있고 두께에서는 SUP9種이  
 33mm, SUP9A種은 36mm로 되어 있다.

3) 한편 硬化能에서 H-band를 比較하여 보면  
 Fig.1과 같이 硬化能帶의 上限 및 下限에서 볼 때  
 SUP9種보다 SUP9A種이 優位를 보이고 있  
 다.

4) SUP9A種은 國際規格 ISO 8種, SAE 51  
 60으로서 SUP9種 보다 優秀하여 國際市場에서  
 活用範圍가 넓다. 따라서 完成 自動車의 輸出  
 및 部品 輸出에서 이 鋼種을 널리 使用하는 것  
 은 質的인 면에서 뿐만 아니라 生産技術面에서  
 볼 때 SUP9種과 큰 差異가 없고, 또한 이 鋼  
 種을 使用함으로써 日本에서는 앞으로 鋼種을 줄  
 이기 위해서 SUP9種을 廢棄할 것을 推進하고  
 있다.

5) SUP9A種은 Mn-Cr系의 스프링鋼으로서  
 現在까지 널리 使用된 SUP6種인 Si-Mn系에  
 比하여 實車走行試驗에서 切損된 自動車의 板스  
 프링을 走行거리에 따라 試驗한 結果를 Fig.2에  
 表示하였다. SUP9A는 SUP6에 比해 耐久力  
 이 크다는 것을 알 수 있다.

6) 벤딩시험에 따른 片振벤딩 疲勞試驗 結果  
 를 보면 表面研磨한 SUP9 및 SUP9A (SAE  
 5160)를 比較하여 보면 表 2에서 SUP9A種의

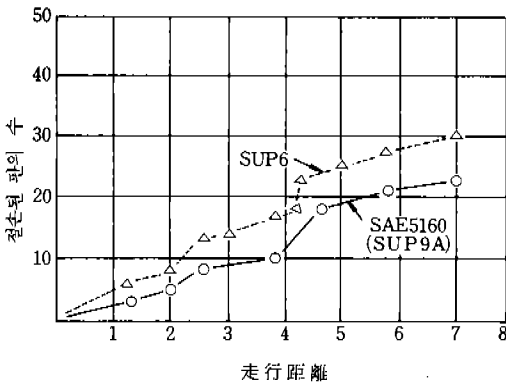


Fig. 2. SUPA 강과 SUP 6 강 스프링

表 2. 벤딩 피로 한도

區 分	담금질 온도	뜨 임 온도	경 도 HR-C	인장강도 (kg/mm <sup>2</sup> )	피로한도 (kg/mm <sup>2</sup> )
SUP 9	850℃ 10 분 油 冷	480℃ 1 시간 空 冷	42~44	154	76
SUP 9A (SAE 5160) (1)	"	475℃ 1 시간 空 冷	"	151	82
SUP 9A (SAE 5160) (2)	"	"	"	152	80

疲勞限度가 높은 값을 나타내고 있다. 表 2에서  
 SUP9A의 (1)과 (2)는 成分에서 Cr量이 0.02  
 %의 差가 있었다.

Fig.3은 SUP9와 SUP9A種에 對한 疲勞壽  
 命曲線을 表示한다. 위에서 (1)~(6)까지 SUP9  
 A의 優秀性이 여러 면에서 報告된 것을 例示하  
 였다. 現在 우리 나라의 경우 自動車 및 鐵道車  
 輛의 스프링 生産에 있어서 SUP9種을 빨리 廢  
 棄하고 SUP9A種으로 單一化하는 것이 國際의  
 인 競争力을 強化하고, 또한 鋼材 生産品種을  
 縮小시켜 多品種에서 탈피하여 品質向上과 管理  
 의 合理化를 期하는 데 큰 도움을 줄 수 있을 것  
 이다.

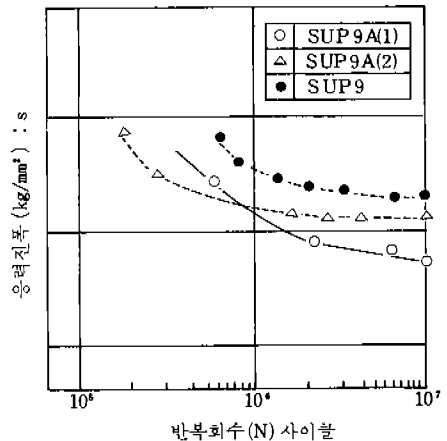


Fig. 3. 스프링강의 피로곡선

#### 4. SUP 6와 SUP 7에 대한 比較

日本에서는 小型 自動車 懸架用 스프링鋼材로서 JIS SUP6, SUP7 및 SAE 9254 등이 사용되고 있고, 이 중에서도 SUP7 (Si-Mn 鋼)이 SUP6(SUP7에 比較하여 Si 量이 적다)보다 壓倒的으로 사용되고 있는 實情이다. 여기서 SUP6과 SUP7에 對하여 特性을 檢討하기 위하여 表3에 兩 鋼種의 化學成分을 比較하였다.

1) SUP6種과 SUP7種은 同一한 Si-Mn系의 스프링鋼으로서 그 化學成分 中에서 炭素(C), 磷(P), 黃(S) 및 망간(Mn) 量은 同一하고 硅素(Si) 量은 SUP7種이 SUP6種보다 0.30~0.42%가 많다. Si는 鋼 中에서 引張強度, 彈性限界, 硬度 등을 增加시킨다. 그러므로 現在까지 Si-Mn系 스프링鋼으로서 SUP6과 SUP7種이 널리 사용되어 왔다.

2) Si는 鋼 中의 페라이트(ferrite) 基地에 固溶되어 基地(matrix)를 強化하고, 새그(sag) 抵抗을 改善하는 데 效果가 크다. 코일 스프링鋼의 sag resistance를 評價하는 데는 實際 스프링의 제작과 長時間에 걸친 試驗期間이 必要하다. S. T. Furr는 以上の 障害를 없애기 위해서 Fig.4에 表示하는 Bauschinger torsion test를

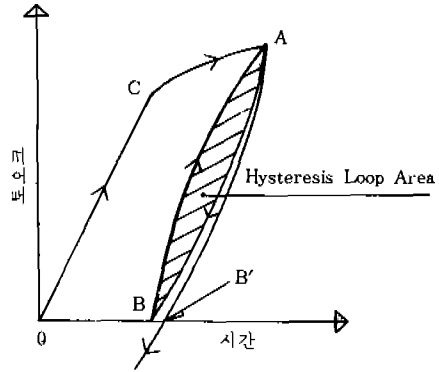


Fig. 4. Bauschinger 효과 설명도

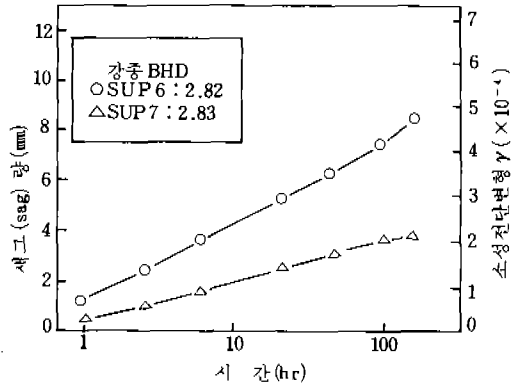


Fig. 5. 새그(Sag)와 시간의 관계

表 3. SUP 6種과 SUP 7種의 比較

元素列	鋼種	化學成分(%)			硬化能(mm)	
		C	Si	Mn	直徑	板두께
Si -Mn	SUP6	0.55 ~0.65	1.50 ~1.80	0.70 ~1.00	30	18
	SUP7	0.55 ~0.65	1.80 ~2.20	0.70 ~1.00	40	24

表 4. Bauschinger 비틀림시험 자료

loop area 鋼種	Hysteresis loop area	
비틀림각도	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 40^\circ$
SUP 6	269.5mm <sup>2</sup>	372.0mm <sup>2</sup>
SUP 7	288.9mm <sup>2</sup>	397.8mm <sup>2</sup>

提示하여, 이 test를 통하여 各種 스프링鋼材의 sag resistance의 크기를 測定하였다. 그림 4의 바우징거(Bauschinger)의 히스테리 루우프면적(hysteresis loop area)을 SUP6種과 SUP7種에 對하여 求한 結果를 表4에 表示하였다.

表4에서 SUP7이 SUP6에 比較하여 優秀함을 알 수 있다. 이 以外 千鳥 등은 數種의 鋼에 對하여 hysteresis loop area와 sag 抵抗을 比較試驗하였는데 loop area가 큰 鋼種일수록 sag 抵抗이 우수하다고 報告하였다. Fig. 5는 SUP6과 SUP7의 sag 量을 比較한 資料이다.

3) Fig. 6은 Si 量과 塑性 剪斷變形의 關係를 表示한다. 그림으로 부터 Si 量이 많은 SUP7種이 SUP6種보다 더 優位에 있음은 再言할 必要가 없다.

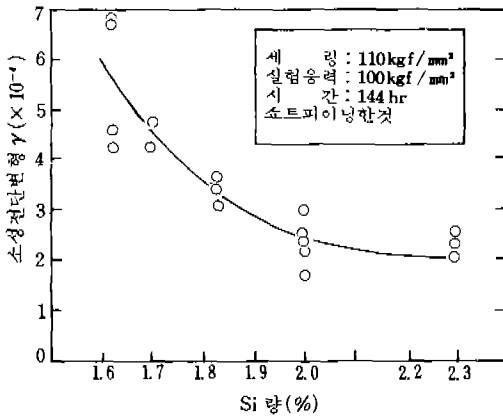


Fig. 6. Si 량과 새그의 관계

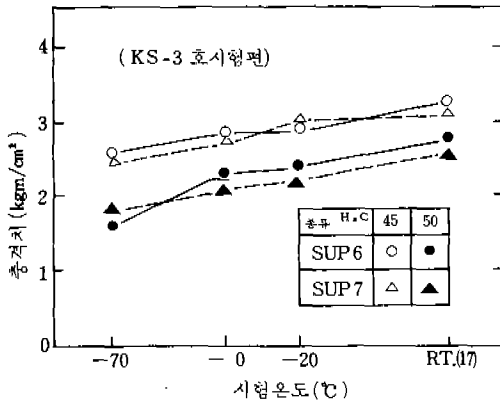
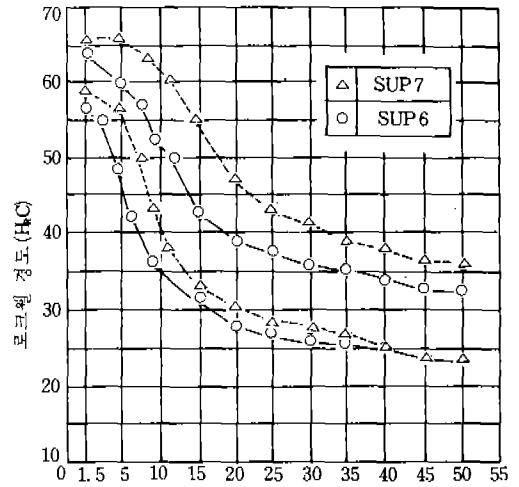


Fig. 7. SUP 6과 SUP 7의 충격치

4) 衝擊抵抗을 比較한 Fig.7을 보면 SUP 6 種과 SUP 7 種의 各 試驗溫度에 對한 충격치를 同一한 硬度 H<sub>R</sub>-C45 및 H<sub>R</sub>-50에서 比較한 結果



시험편 담금끝부터의 거리  
(ISO 683/1×IV steel type No.5-6)

Fig. 8. SUP 6와 SUP 7의 경화능대(H-band) 비교

는 兩者사이에 別差가 없다는 것을 알 수 있다.

5) 한편 表 5에서 SUP 6 과 SUP 7의 硬化能을 比較하면 담금질 表面에서 中心에 50%의 마르텐사이트가 形成되는 깊이는 直徑에서는 SUP 6 種이 30mm이고 SUP 7 種은 40mm로서 硬化能 이 25% 더 크다는 것을 알 수 있다. 그리고 板材에서는 SUP 6 種의 硬化能 이 板두께 18mm에 對하여 SUP 7 種은 24mm로 많은 差異를 보이고 있다.

6) 各 鋼種에 對한 硬化能帶(H-band)를 Fig. 8에서 比較하여 보면 下限部에서는 差異가 적

表 6. 各種 스프링鋼材의 化學成分과 硬化能

鋼 種		化 學 成 分 (%)							중심부 5% 마르텐 사이트 깊이 (mm)	
KS	JIS	C	Si	Mn	P & S	Cr	V	B	直徑	板두께
SPS 1	SPS 3	0.75~0.90	0.15~0.35	0.30~0.60	≤ 0.035	-	-	-	18	11
" 2	" 4	0.90~1.10	"	"	"	-	-	-	-	-
" 3	" 5	0.55~0.65	1.50~1.80	0.70~1.00	"	-	-	-	30	18
" 4	" 6	"	1.80~2.20	"	"	-	-	-	40	24
" 5	" 7	0.50~0.60	0.15~0.30	0.65~0.95	"	0.65~0.95	-	-	55	33
" 5A	" 9	0.55~0.65	"	0.70~1.00	"	0.70~1.00	-	-	60	36
" 6	" 9A	0.45~0.55	"	0.65~0.95	"	0.80~1.10	0.15~0.25	-	60	36
" 7	" 11	0.55~0.65	"	0.70~1.00	"	0.70~1.00	-	≥0.0005	75	45

으나 上限部에서는 SUP7 이 SUP6種보다 더욱 優秀하다. 위에서 檢討된 SUP6種과 SUP7種의 比較에서 SUP7 이 劣위에 있고, 또한 國際規格 ISO에는 SUP6種에 正確히 該當되는 것은 없으나 SUP7種은 ISO 6種 및 SAE 9260에 該當하므로 小型 自動車 스프링鋼材로 國內 및 輸出用으로서 앞으로 國際的인 趨勢에 따라 單一化作業이 速히 推進되고, SUP6은 廢棄하고 SUP7에 轉換하여 鋼種의 統合화가 바람직하다. 우리나라 KS스프링鋼의 規格과 JIS規格을 比較하기 위하여 參考로 表6을 아래와 같이 例示한다.

5. 總 括

Cr鋼)의 追加制定도 考慮되어야 하겠다. 우리나라에서 스프링製作으로 第一 큰 大圓鋼業(株)에서도 스프링鋼材로서 SUP6, SUP7, SUP9, SUP9A, SUP10, SUP11A의 6種이 製作 使用되었으나 너무 多種으로 因하여 品質管理, 在庫整理 등에서 많은 번거로움을 免치 못하여 이 중에서 SUP6과 SUP9를 없앴으므로 6種에서 4種으로 減少하였다. ISO規格에서는 C鋼인 SUP3 및 Si-Mn鋼中 SUP6 등을 포함하고 있지 않은 實情이다. 한편 우리나라 KS의 스프링鋼의 內容은 JIS에서 1967年 改正되고 1977年에 다시 SUP9A를 追加한 것을 KS에서 1980年 12월에 SPS5A로 添加 改正한 것이 現行 스프링鋼 規格으로 되고 있다. 現在 우리나라 에너지 節減政策의 觀點으로부터 自動車業界는 車輛의 燃料消費 節減政策이 要望되고 見實이며 이의 改善策으로서 車體를 支持하는 스프링의 輕量化가 要求되며 이로 인하여 sag resistance(永久變形)가 보다 우수한 링鋼材가 要求되는 現實이다. 우리나라의 規格은 技術의 進歩에 맞추어 現狀에 알맞 向으로 確認改正이 行하여져야 할 것이며 링鋼種의 國際規格化 추세에 呼應해 先導的 國際規格化의 統一方向으로 推進하고 해야 한다.

◇ 訂 正 ◇

自動車技術學會誌

第4卷 第3号

P. 22. 下端의 表 6. 各種

스프링鋼材의 化學成分과 硬

化能의 鋼種表示를 右記한

바와 같이 訂正합니다.

鋼 種	
KS	JIS
SPS 1	SUP 3
" 2	" 4
" 3	" 6
" 4	" 7
" 5	" 9
" 5A	" 9A
" 6	" 10
" 7	" 11