

## 농업기계 주요부품의 기계적 성질에 관한 연구 (II)<sup>+</sup> - 화학성분의 적합여부에 따른 비교 -

### Mechanical Properties for Major Parts in Agricultural Machinery (II) - Comparison for Suitability in Chemical Ingredient -

최 규 홍*	권 순 흥**
정회원	정회원
K. H. Choi	S. H. Kwon

#### ABSTRACT

This study was carried out to investigate mechanical properties of major part for agricultural machinery in Korea. The results are as follows;

1. The mechanical properties for heat resisting steel bars, aluminum alloy castings, carbon steel for machine structural use, chromium molybdenum steels, high strength brass castings and carbon tool steels are proper for Korean standard.
2. The mechanical properties for spring steels used to mould board, share of plow and blade of rotary are not suitable to Korean standard. I think that a counterplan for quality rising is necessary such as supply of good quality materials and improvement of new materials in Korean agricultural machinery.

#### 1. 서 론

1970년대 이래 정부의 적극적인 농업기계화 사업의 추진에 의하여 우리 나라의 농업기계화는 눈부신 발전을 이루어 왔으며 농업기계 산업도 시간이 경과함에 따라 상당한 기술이 축적되어 동력경운기를 비롯한 전 기종을 거의 국산화 하기에 이르렀으며 농업기계 제조업체들도 PL법, ISO 9000 Series 등의 영향으로 세계의 유명한 농업기계 생산업체들과 대응하여 내수 및 수출시장 개척을 위한 품질향상 부분

에 많은 노력을 기울이고 있다.

농업기계의 품질은 제품의 생산시설, 원자재, 가공기술 등에 따라 달라지며 기계의 성능, 내구년한, 조작의 난이도, 안전장치 등 여러 가지 측면을 고려하여 향상 발전시켜야 한다. 이중 기계의 내구성에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 사용 소재를 들 수 있다.

그러나 현재 우리 나라에서 농업기계 부품에 사용되는 소재는 자동차와는 달리 규격품 사용 비율이 아주 낮은 실정이며 동일한 부품에 사용되는 소재도

+ 본 연구는 1997년도 건국대학교 자체연구비지원으로 수행되었음.

\* 건국대학교 농과대학 농공학과

\*\* 밀양산업대학교 기계공학과

제조업체에 따라 사용재료를 달리하고 있다. 또한, 각 업체에서 원자재 가격 및 인건비의 증가 등 생산 원가 상승에 의한 경영의 압박을 받아 이에 따른 원가절감의 목적으로 수준 미달의 소재를 사용하고 있는지의 여부를 조사할 필요가 있는 것으로 생각된다.

따라서, 본 실험에서는 주요 부품에 사용되는 원자재의 품질이 농업기계의 성능 및 내구성에 큰 영향을 미치는 점을 고려하여 동력경운기를 비롯한 수도작 중심의 대형 정밀기종을 중심으로 현재 가장 많이 공급되고 있는 9개 기종의 농업기계를 선정하여 범용성이 높고 기계의 성능 및 내구성에 밀접한 관계를 가지고 있는 주요 부품의 사용소재의 기계적 성질을 조사하여 소재에 따른 품질저하 요인 및 불량품이 발생하지 않도록 그 기초자료를 제시할 목적으로 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 1. 시험재료

본 실험에 사용한 시험재료는 표 1에서 보는 바와 같이 현재 우리 나라에서 공급되어 이용되고 있는 농업기계 중 동력경운기 및 쟁기, 로터리, 농용트랙터 및 플라우, 로터리와 동력이앙기, 바인더, 콤파인 등 수도작 중심의 농업기계 9개 기종을 선정하여 성능 및 내구성에 영향을 미치는 주요부품 중 1)의 실험에서 화학성분이 한국공업규격에 적합 또는 부적합한 46종 부품의 사용재료를 조사하여 기계적 성질(인장강도, 연율, 경도)을 실험하였으며, 이들 조사된 공시 시험부품에 대한 재료의 재질은 표 2와 같다.

Table 1 Treatment parts

Item		Parts
Power tiller	Engine	Inlet & exhaust valve, Piston, Crank shaft & gear, Cam shaft & gear
	Body	Brake ring, Transmission shaft & gear, PTO shaft
	Plow	Mould board, Share
	Rotary	Blade
Tractor	Engine	Inlet & exhaust valve, Piston, Crank shaft & gear, Cam shaft & gear
	Body	Transmission shaft & gear, Drive shaft, PTO shaft
	Plow	Mould board, Share
	Rotary	Bevel gear, Blade
Rice transplanter	Engine	Cylinder, Cylinder head, Inlet & exhaust valve, Piston, Piston pin, Crank shaft & gear, Cam shaft & gear
	Body	Transmission shaft & gear
Binder	Engine	Cylinder, Cylinder head, Inlet & exhaust valve, Piston, Piston pin, Crank shaft & gear, Cam shaft & gear
	Body	Transmission shaft & gear, Reaping knife, Bundling cam & holder
Combine	Engine	Inlet & exhaust valve, Piston, Crank shaft & gear, Cam shaft & gear
	Body	Transmission shaft & gear, Reaping knife, Feed chain

Table 2 Description of material used

Item	Parts	M-1	M-2	M-3	M-4	
Power tiller	Engine	Inlet & exhaust valve	STR3 & STR3	SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B	
		Piston	AC8A - T6	AC8B - T6	AC8B - T6	
		Crank shaft & gear	SM45C & SM45C	SCM430 & SM48C	SCM435 & SM45C	
		Cam shaft & gear	SM45C & SM45C	GCD60 & SM48C	SM48C & SM45C	
	Body	Brake ring	HB <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	HB <sub>2</sub> C <sub>1</sub> ~C <sub>3</sub>	HB <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	
		Transmission shaft & gear	SCM415 & SCM415	SCM430 & SCM420	SCM430 & SCM420	
		PTO shaft	SCM415	SCM430	SCM430	
	Plow	Mould board	SUP6	SUP6	SUP6	
		Share	SM45C	SUP6	SUP6	
	Rotary	Blade	SUR6	SUP6	SUP6	
Tractor	Engine	Inlet & exhaust valve	STR3 & STR3	SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B
		Piston	AC8A - T6	AC8A - T6	AC8A - T6	AC8A - T6
		Crank shaft & gear	SCM440 & SM48C	SCM435 & SCM430	SCM435 & SCM430	SCM440 & SCM415
		Cam shaft & gear	SM48C & SM48C	SCM435 & SCM430	SCM435 & SCM430	SM45C & SCM415
	Body	Transmission shaft & gear	SCM415 & SCM415	SCM418 & SCM420	SCM420 & SCM420	SCM420 & SCM420
		Drive shaft	SCM415	SCM418	SCM420	SCM440
		PTO shaft	SCM415	SCM420	SCM420	SCM440
	Plow	Mould board	SUP6	SUP6	SUP6	
		Share	SM45C	SUP6	SUP6	
	Rotary	Bevel gear	SCM415	SUP6	SCM420	
Blade		SUP6	SUP6	SUP9		
Rice transplanter	Engine	Cylinder		ALDC12	Special casting	
		Cylinder head		ALDC10	ALDC12	
		Inlet & exhaust valve		SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B	
		Piston		AC8A - T6	AC8A - T6	
		Piston pin		SCM415	SCM415	
		Crank shaft & gear		SCM415 & SCM415	SCM435 & SCM420	
		Cam shaft & ger		SM48C & SCM415	SM45C & SCM420	
	Body	Transmission shaft & gear		SCM420 & SCM420	ALDC12 & SCM415	

Table 2 Description of material used (Continued)

Item	Parts	M-1	M-2	M-3	M-4	
Binder	Engine	Cylinder		ALDC12	Special casting	
		Cylinder head		ALDC12	ALDC12	
		Inlet & exhaust valve		SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B	
		Piston		AC8A - T6	AC8A - T6	
		Piston pin		SCM415	SCM415	
		Crank shaft & gear		SCM435 & SCM415	SM45C & SCM415	
		Cam shaft & gear		SCM435 & SCM415	SM45C & SCM415	
	Body	Transmission shaft & gear		SCM415	SCM415 & SCM415	
		Reaping knife		SK5	SK5	
		Bundling cam & holder		SUS23 & SCR	GCD45 & SUS420	
Combine	Engine	Inlet & exhaust valve	STR3 & STR3	SUH3B & SUH3B	SUH3B & SUH3B	
		Piston	AC8A - T6	AC8A - T6	AC8A - T6	
		Crank shaft & gear	SCM440 & SM48C	SCM435 & SCM415	SCM440 & SM48C	SCM440 & SCM415
		Cam shaft & gear	SCM440 & SM48C	SCM435 & SCM415	SCM440 & SM48C	SM45C & SCM415
	Body	Transmission shaft & gear	SCM415 & SCM415	SCM415	SCM415 & SCM415	SCM415 & SCM420
		Reaping knife	SK5	SK5	SK5	SK5
		Feed chain	SM45C	SM45C	SPHC	SAE1015

Table 3 Specification of measuring instruments

Measuring instrument	Specification	
	Item	Type
Universal test machine	Mode Max. capacity Accuracy Crosshead speed	Microprocessor controlled type 15,000kg <sub>r</sub> ± 0.15% 0.05~500 mm/min
Load cell	Type Capacity Linearity	Tension & compression 0~15,000kg <sub>r</sub> 0.05% or less
Hardness tester	Mode Max. capacity Measuring range Accuracy	Lockwell C type 200kg <sub>r</sub> H <sub>r</sub> C 0~70 ± 0.1%

## 2. 실험 방법

주요 부품에 사용된 재료에서 각 제조업체별로 한국공업규격 규정(KS B 0801~0811)에 의한 인장시험 시편을 그 모양 및 치수에 따라 1호~14호 시험편으로 구분하여 원소재에서 각각 채취하여 가공한 후 만능시험기 및 경도기를 이용하여 20℃의 실온에서 동일한 조건으로 각각 3회 반복 측정하고 이를 전산 처리하여 그 산술평균값을 구하였으며, 본 실험에 사용한 장비의 제원은 표 3과 같다.

## 3. 결과 및 고찰

### 1. 내열강봉

동력경운기, 농용트랙터, 동력이앙기, 바인더, 콤파인용 탑재엔진의 흡입 및 배기밸브에 사용되는 내열강봉의 인장강도 및 연율을 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 M-1, M-2, M-3-1, M-3-2, M-4의 인장강도는 960 N/mm<sup>2</sup>, 911 N/mm<sup>2</sup>, 921 N/mm<sup>2</sup>, 970 N/mm<sup>2</sup>, 932 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 15%, 18%, 16%, 15%, 17%로 나타났다. 즉, M-3-2 및 M-1 업체에서 사용한 재료가 M-4, M-3-1, M-2 업체에서 사용한 재료보다 인장강도가 높게 나타나고 연율이 떨어지는 것은 내열강봉의 재질 중 고온에서 내열성을 증가시킬 목적으로 사용된 Si가 마르틴사이트계 중

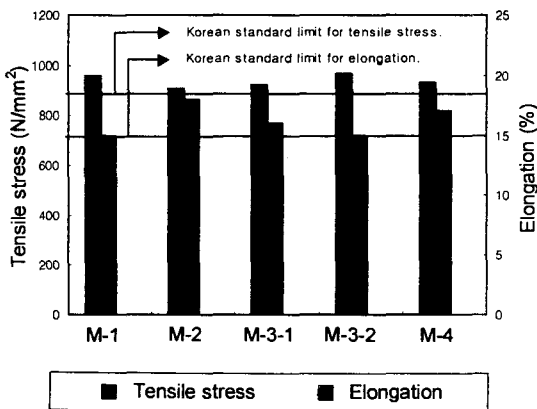


Fig. 1 Mechanical properties of heat resisting steel bars for inlet & exhaust valve.

에 고용되어 결정구조를 조대화시켜 강도가 증가된 결과로 생각된다.

한편, 그림 1에서 나타난 바와 같이 흡·배기 밸브에 사용된 재질은 약간의 차는 있으나 각 업체 공히 한국공업규격에 적합한 것을 알 수 있었다.

### 2. 알루미늄 합금주물

동력경운기, 농용트랙터, 동력이앙기, 바인더, 콤파인용 탑재엔진의 피스톤에 사용되는 알루미늄 합금주물의 인장강도 및 연율을 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 2와 같다.

그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 M-1, M-2-1, M-2-2, M-3-1, M-3-2, M-4의 인장강도는 284 N/mm<sup>2</sup>, 294 N/mm<sup>2</sup>, 314 N/mm<sup>2</sup>, 284 N/mm<sup>2</sup>, 314 N/mm<sup>2</sup>, 294 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 3%, 3%, 2%, 3%, 2%, 3%로 나타났다. 즉, M-2-2 및 M-3-2 업체에서 사용한 재료가 M-2-1, M-4, M-1 업체에서 사용한 재료보다 인장강도가 높게 나타난 것은 화학성분 중 첨가된 Cu의 함유량에 의하여 인장강도가 증가된 결과로 생각된다.

한편, 그림 2에서 나타난 바와 같이 피스톤에 사용된 재질의 기계적 성질은 각 업체 공히 한국공업규격에 적합한 것을 알 수 있었다.

### 3. 기계구조용 탄소강재

동력경운기, 농용트랙터, 동력이앙기, 바인더, 콤파인용

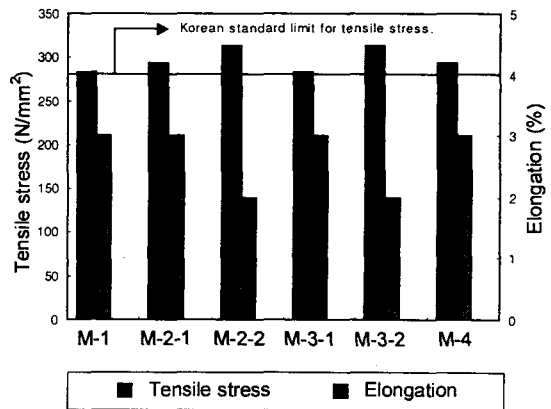


Fig. 2 Mechanical properties of aluminum alloy castings for piston.

바인의 각종 축 및 기어에 사용되고 있는 기계구조용 탄소강재의 인장강도 및 연율을 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 3과 같다.

그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 M-1, M-1-2, M-2, M-3-1, M-3-2, M-4의 인장강도는 666 N/mm<sup>2</sup>, 715 N/mm<sup>2</sup>, 725 N/mm<sup>2</sup>, 676 N/mm<sup>2</sup>, 725 N/mm<sup>2</sup>, 706 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 19%, 17%, 16%, 18%, 16%, 18%로 나타났다. 이는 재료의 화학성분중 함유되어 있는 C의 함유량이 SM48C를 소재로 사용한 제조업체의 탄소

강재가 SM45C를 소재로 사용한 제조업체의 탄소강재의 함유량보다 많기 때문에 일어나는 결과로 생각된다. 즉, 탄소강에서 재료의 기계적 성질 중 인장강도, 경도, 항복점 등은 탄소량의 증가와 더불어 증가하고 연율 및 단면수축율은 탄소 함유량의 증가와 더불어 감소한다는 이론과 일치하는 것으로 나타났다.

한편, 각종 축 및 기어에 사용된 기계구조용 탄소강재의 기계적 성질에 관한 KS기준이 한국공업규격 규정에 명시되어 있지 않아 인장강도 및 연율의 적합여부를 판정할 수는 없었다.

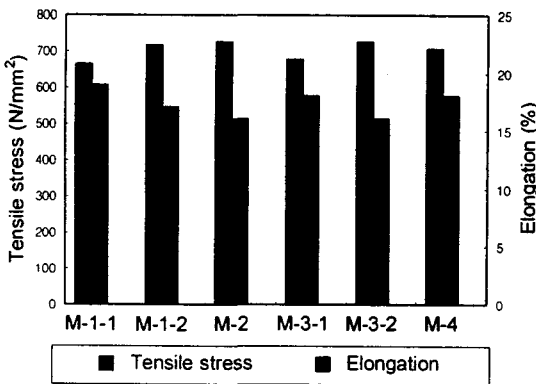


Fig. 3 Mechanical properties of machine structural carbon steel for shaft & gear.

#### 4. 크롬 몰리브덴 강재

동력경운기, 농용트랙터, 동력이앙기, 바인더, 콤파인의 각종 축 및 기어에 사용되고 있는 크롬 몰리브덴강재의 인장강도 및 연율을 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 4와 같다.

그림 4에서 보는 바와 같이 M-1-1, M-1-2, M-2-1, M-2-2, M-2-3, M-2-4, M-2-5, M-3-1, M-3-2, M-3-3, M-3-4, M-4-1, M-4-2, M-4-3의 인장강도는 862 N/mm<sup>2</sup>, 804 N/mm<sup>2</sup>, 843 N/mm<sup>2</sup>, 862 N/mm<sup>2</sup>, 892 N/mm<sup>2</sup>, 911 N/mm<sup>2</sup>, 941 N/mm<sup>2</sup>, 823 N/mm<sup>2</sup>, 882 N/mm<sup>2</sup>

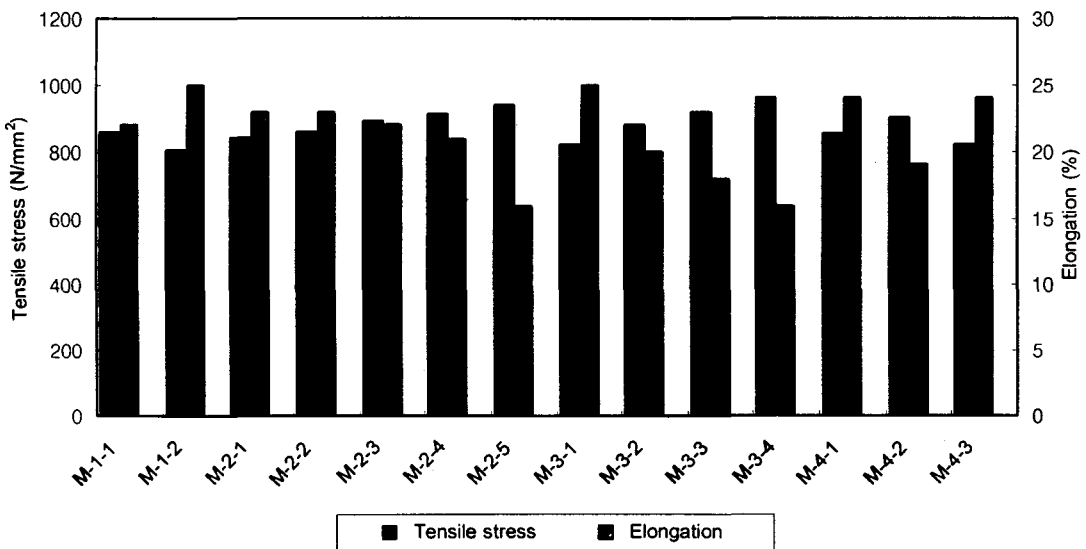


Fig. 4 Mechanical properties of chromium molybdenum steels for shaft & gear.

mm<sup>2</sup>, 921 N/mm<sup>2</sup>, 960 N/mm<sup>2</sup>, 853 N/mm<sup>2</sup>, 902 N/mm<sup>2</sup>, 823 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 22%, 25%, 23%, 23%, 22%, 21%, 16%, 25%, 20%, 18%, 16%, 24%, 19%, 24%로 나타났다. 이는 각 제조업체에서 부품의 소재로 사용한 재질이 약간의 차는 있으나 화학성분 구성요소 중 C의 함유량이 많은 재료가 강도는 증가되고 연율은 감소하는 것으로 생각된다.

한편, 그림 3의 기계구조용 탄소강재와 비교분석하여 보면 인장강도가 높은 것을 알 수 있는 바 이는 Cr의 증가에 따른 인장강도의 증가효과가 나타난 것으로 생각된다. 또한, 그림 3과 마찬가지로 크롬몰리브덴 강재의 기계적 성질에 관한 KS 기준이 한국공업규격 규정에 명시되어 있지 않아 인장강도 및 연율의 적합여부를 판정할 수는 없었다.

### 5. 고강도 황동주물

동력경운기의 브레이크 링 소재로 사용되고 있는 고강도 황동주물의 인장강도 및 연율을 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 5와 같다.

그림 5에서 보는 바와 같이 M-1, M-2, M-3의 인장강도는 627 N/mm<sup>2</sup>, 598 N/mm<sup>2</sup>, 588 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 21%, 22%, 24%로 나타난 바 이는 구성원소 중 Zn, Mn, Al의 함유량과 관계가 있는 것으로 생각된다.

한편, 그림 5에서 나타난 바와 같이 동력경운기용 브레이크 링에 사용된 재질의 기계적 성질은 각 업체 공히 한국공업규격에 적합한 것으로 나타났다.

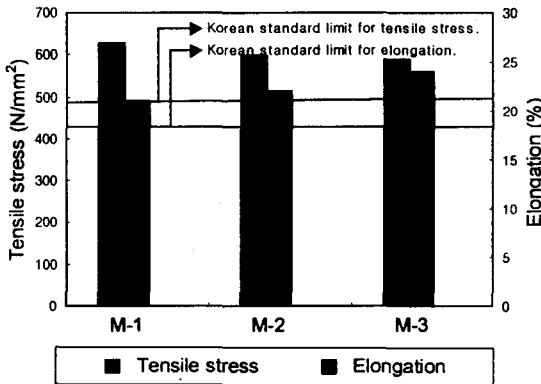


Fig. 5 Mechanical properties of high strength brass castings for brake ring.

### 6. 스프링 강재

동력경운기 및 농용트랙터의 부속작업기(플라우 및 로터리)에 사용되고 있는 스프링 강재에 대한 인장강도 및 연율을 측정된 결과 그림 6과 같다.

일반적으로 스프링강은 탄성한도 및 항복강도가 크고, 피로한도가 높은 재질이므로 영구변형이 생기지 않고 큰 충격력에도 잘 견디는 재질로서 본 실험의 결과 그림 6에서 보는 바와 같이 M-1, M-2, M-3-1, M-3-2의 인장강도는 1,117 N/mm<sup>2</sup>, 1,284 N/mm<sup>2</sup>, 1,058 N/mm<sup>2</sup>, 1,039 N/mm<sup>2</sup>, 연율은 14%, 12%, 16%, 16%로 나타났다. 이는 구성하고 있는 화학성분 중 C 및 Cr의 함유량에 기인하는 결과로 생각된다.

한편, 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 본 실험의 결과 M-2 제조업체를 제외한 나머지 제조업체에서 사용한 재료의 인장강도가 한국공업규격에 부적합한 것으로 나타났다.

### 7. 탄소 공구강

바인더 및 콤파인의 예취날 재료는 경도와 내마모성이 요구되므로 내마모성을 좋게 하기 위하여 화학성분 중 P·S의 양이 적은 재료인 탄소공구강을 사용하고 있는 바 이에 대한 경도를 각 제조업체별로 조사한 결과 그림 7과 같다.

그림 7에서 보는 바와 같이 각 제조업체별 예취날 경도는 M-1이 H<sub>R</sub>C 62, M-2가 H<sub>R</sub>C 63, M-3가 H<sub>R</sub>C 61, M-4가 H<sub>R</sub>C 64로 나타났으며 각 업체별로 약간

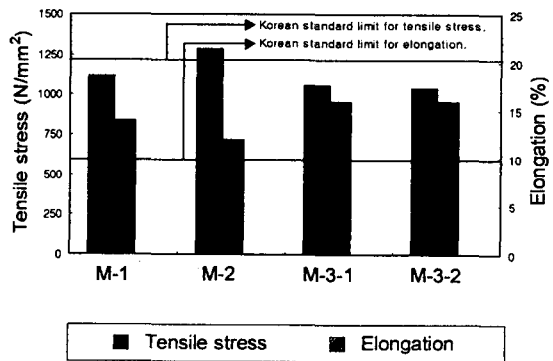


Fig. 6 Mechanical properties for spring steels.

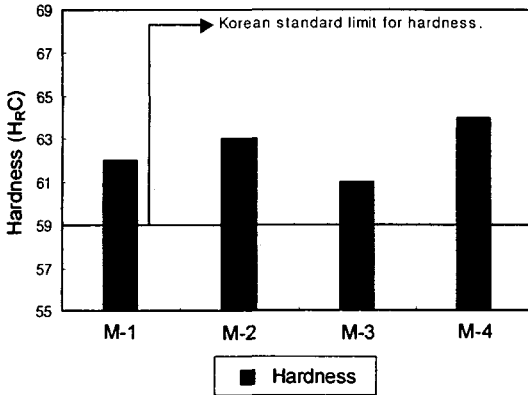


Fig. 7 Mechanical properties for carbon tool steels.

의 차는 있으나 공히 한국공업규격에 적합한 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 살펴 본 바와 같이 주요 농업기계의 성능 및 내구성에 밀접한 관계를 가지고 있는 사용소재의 기계적 성질은 제조업체에 따라 차는 있으나 대체적으로 한국공업규격에 적합한 것으로 나타났다.

그러나 동력경운기 및 농용트랙터의 부속 작업기 중 플라우의 보습 및 벧, 로타리의 경운날에 사용되는 스프링강재는 한국공업규격에 미달되는 것으로 나타났다.

따라서, 농작업기계에 사용되는 부품은 소모성 부품인 점을 고려하여 내마모성, 내충격성, 내구성을 가질 수 있도록 양질 소재의 안정 공급과 신소재 개발 등 소재의 품질향상 대책이 필요한 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

본 연구는 소재에 따른 품질 저하요인이 발생하지 않도록 그 기초 자료를 제시하고자 농업기계의 성능 및 내구성과 밀접한 관계를 가지고 있는 주요 부품의 사용소재의 기계적 성질을 조사하여 실험을 실시하였으며 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 내열강봉, 알루미늄 합금주물, 기계구조용 탄소강재, 크롬 몰리브덴강재, 고강도 황동주물 및 탄소공구강을 재료로 사용하는 부품은 소재별, 제조업체별로 한국공업규격에 적합한 것으로 나타났다.

나. 플라우의 보습 및 벧, 로타리의 경운날에 사용

되는 소재인 스프링강재는 기계적 성질이 한국공업규격에 부적합한 것으로 나타난 바 농작업기계에 사용되는 소재의 품질향상을 위한 대책이 필요한 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

1. 최규홍. 1988. 농업기계 주요부품의 화학성분 분석 연구. 건국대 학술지 제32집: 297~322.
2. 양훈구 외 1인. 1982. 금속재료학. 문운당.
3. 염영하. 1992. 최신 기계재료학. 동명사.
4. 한국공업규격. 1986. 금속재료 인장시험편. KS B 0801.
5. 한국공업규격. 1986. 금속재료 인장시험방법. KS B 0802.
6. 한국공업규격. 1986. 로크웰 경도시험방법. KS B 0806
7. 한국공업규격. 1986. 강재의 검사통칙. KS D 0001.
8. 한국공업규격. 1986. 비철금속재료의 검사통칙. KS D 0002.
9. 한국공업규격. 1980. 단강품의 검사통칙. KS D 0028.
10. 한국공업규격. 1986. 철 및 강의 분석방법 통칙. KS D 1801.
11. 한국공업규격. 1984. 고속도공구강 강재. KS D 3522.
12. 한국공업규격. 1985. 스프링강재. KS D 3701.
13. 한국공업규격. 1985. 니켈크롬몰리브덴강재. KS D 3709.
14. 한국공업규격. 1985. 크롬몰리브덴강재. KS D 3711.
15. 한국공업규격. 1982. 내열강봉. KS D 3731.
16. 한국공업규격. 1984. 탄소공구강. KS D 3751.
17. 한국공업규격. 1986. 기계구조용 탄소강재. KS D 3752.
18. 한국공업규격. 1983. 고강도황동주물. KS D 6007.
19. 한국공업규격. 1983. 알루미늄합금주물. KS D 6008.
20. 일본금속학회. 1985. 금속의 Data Book.
21. 일본진기체강연구협회. 1985. 특수강의 편람.
22. 일본철강협회. 1982. JIS Hand Book.
23. 일본철강협회. 1983. 강의 열처리.
24. 일본철강협회. 1982. 금속의 열처리편람.
25. 일본철강협회. 1984. Stainless의 편람.
26. 일본특수강구락부. 1982. Stainless의 입문.
27. 일본특수강구락부. 1983. 특수강의 Guide.