

Table 4. Mechanical properties of high carbon steel spring.

Specimen	Position of specimen	Number of specimen	Standard	Thickness	Width	Hardness	Torque		Fatigue
							T ₂	T ₂₀	
				0.37±0.012	8.0±0.1	Hs 67~73	(n=8) ≤4.2	(n=8) ≥1.2	min ≥ 4,000 mean ≥ 12,000
Cold rolled steel hoop from continuously cast billet	E	12	\bar{x} R	0.360 0.027	8.00 0.03	68.6 1.5	3.12 1.3	1.58 0.3	All >12,000
	C	14	\bar{x} R	0.375 0.013	8.03 0.05	68.8 2.0	3.05 1.0	1.66 0.5	"
	M	12	\bar{x} R	0.374 0.012	8.00 0.10	69.1 1.5	3.20 1.15	1.61 0.25	"
From conventionally cast ingot	C or M	50	\bar{x} R	0.377 0.025	7.9 0.12	69.3 3.0	3.35 1.8	1.51 0.54	"

Position of specimen : E edge, C centre, M middle

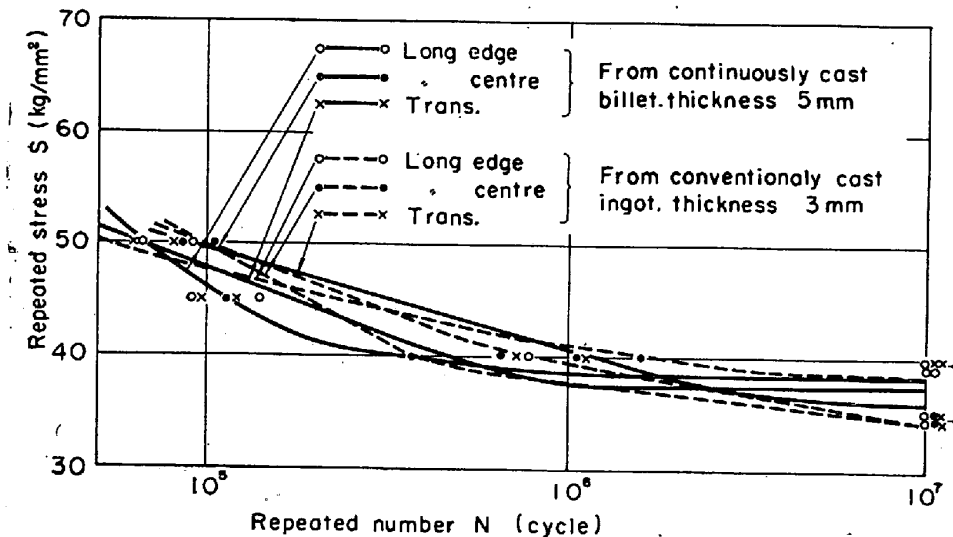


Fig. 1. Results of fatigue testing.

表より硬度、トルクおよび疲労ともに規格を満足しており、巾方向位置別の性能にも大差はないといえる。

4. 結 言

(1) 連続铸造鋼片を全面研削手入れ後熱間圧延した帯鋼の表面品質は良好であり、それ以降の冷間圧延から最終製品に至る工程においても全く問題はなく、また各工程における歩留も一般生産材と比較して差のないものであった。

(2) 熱間圧延帯鋼の品質中マクロ組織には鋼片時の中心部収縮孔が圧着した跡に偏析が細く線状に認められ、一般生産材と比較してけつして良好とはいえないが、中心部収縮孔は完全に圧着していることは確実であつてその他の総ての調査結果から使用上差し支えないものであることが確認された。

(3) 熱間圧延帯鋼における機械的性質、熱処理性能、耐疲労特性その他の内質についてはパッキを含めて一般生産材帯鋼と何ら劣るところのない品質を示すものであった。

(4) 熱間圧延以降の冷間圧延およびゼンマイ製品としての最終製品化工程における品質も、磨き帯鋼の機械的性質および深絞り性、ゼンマイ製品の硬度、トルクおよび疲労特性などの諸性能は調査した範囲内では良好な結果であつた。

以上を総合して連続铸造鋼片を帯鋼に適用した調査においては鋼塊法により製造した一般生産材と比較して差はなく実用上全く問題はないと考えられる。

文 献

- 1) 小池, 木村: 鉄と鋼, 52 (1966) 3, p. 273
- 2) 小池: 鉄と鋼, 52(1966) 3, p. 275

(272) NiCu 鋼の低温靱性におよぼす合金元素の影響

(NiCu 鋼の研究—I)

日立製作所, 日立研究所 ○佐々木 良 —
Effect of Alloying Elements on Low Temperature Ductility of NiCu Steels.

(A study of NiCu steel—I)

Ryoichi SASAKI.

1. 結 言

低温用鋼材としては -100°C まで 3.5%Ni 鋼, -196°C までが 18Cr8Ni 鋼あるいは 9% Ni 鋼が使用されており、各所において 3.5 Ni 鋼, 9Ni 鋼の板材, 管材の製品および加工研究が行なわれている¹⁾²⁾。これらの材料は Ni 量が多く高価な材料となる。高価な Ni を減らし代わりに安価な元素を加えて、しかも低温の靱性が高 Ni

鋼に匹敵するフェライト系鋼を開発することを目標として、鋼の低温靱性におよぼす Ni, Cn, Al, Mn, Mo, Cr, Ti, C などの影響を求めた。その結果 3.5 Ni 鋼相当として 1.3 Ni 1 Cu 系鋼, 9 Ni 鋼相当として 3.5 Ni 2 Cu 系鋼または 6 Ni 2 Cu 系鋼を得た。これらの結果について報告する。

2. 第 1 次実験

2.1 試料および実験

Fe ベースに添加元素 C, Ni, Cu, Mn, Mo, Al の 6 成分を直交配列表 H_{3.18} を用いて割りつけ、C は 0.04, 0.09, 0.13%, Ni は 1.0, 3.0, 6.5%, Cu は 1.0, 2.0, 3.0%, Mo は 0, 0.35, 0.85%, Mn は 0.5, 1.0, 1.5%, Al は 0.05, 0.10, 0.20% の 3 段階とし、高周波溶解炉で 7 kg 溶解し 15×30 mm² に鍛伸後所定の熱処理を施し、室温の引張試験, 20°C, -100°C および -196°C で 5 mm U ノッチシャルピー衝撃試験を行ない、機械的性質におよぼす各添加成分の主効果を求めた。Al, Mn は脱酸に消費され、分析値は配合値とかなり相違したが、一応配合値で主効果を求めた。各成分の交互作用は無視した。

熱処理は、① 900°C×1 hr 油冷, 650°C×2 hr 油冷, ② 900°C×2 hr 空冷後, 加熱変態終了温度+50~70°C から油冷, 570~680°C 焼戻油冷, ③ 900°C×2 hr 空冷後, 加熱変態終了温度+50~70°C から空冷, 570~680°C 焼戻空冷の 3 通りとした。

2.2 第 1 次実験結果

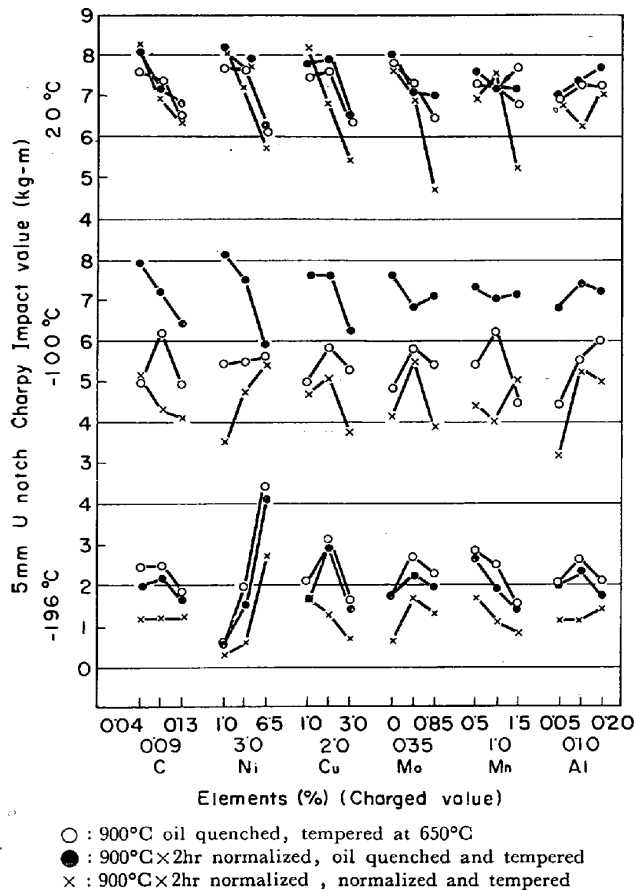


Fig. 1. The main effect of elements on impact value.

Fig. 1 は 5 mm U ノッチシャルピー衝撃値に対する主効果を示す。

主効果は熱処理によつて異なるものであるが、大ざっぱにつきのよ様にまとめられる。

- (1) C の増加は室温および -100°C の衝撃値を低下させる。
- (2) Ni は室温の衝撃値を低下させるが、-196°C の衝撃値を著しく高める。
- (3) Cu は Ni と同様室温の衝撃値を低下させるが、-100°C および -196°C の衝撃値には著しい効果があり、効果は 2% で山を示す。
- (4) Mo は質量効果を小さくし 0.5% で十分効果があり、1% 添加の必要はない。
- (5) Al 添加は衝撃値に著しい効果がある。

3. 第 2 次実験

3.1 試料および実験

第 1 次実験の結果 3.5 Ni 鋼相当として 1 Ni 1 Cr Mo 鋼が, 9 Ni 鋼相当として 3.5 Ni 2 Cu Mo 鋼または 6.5 Ni 2 Cu Mo 鋼が得られ、良好な低温靱性を示すことがわかった。Mo は質量効果の軽減に有効であるが、高価であるので添加量の減少あるいは他の安価な元素で代替できないかどうか、また Cu の適量範囲を求め、Al と同様脱酸および結晶粒微細化に効果のある Ti の影響を求めため、1.3 Ni, 3.5 Ni および 6.5 Ni 鋼の 3 種をベースとして直交配列表 H_{3.9} を用い、C, Cu, Mo, Al, Ti, Cr を複合添加した。C は 0.02, 0.06, 0.10%, Cu は 1.3 Ni ベースでは 0.9, 1.1, 1.5%, 3.5 Ni および 6.5 Ni ベースでは 1.5, 2.0, 2.5%, Mo は 0, 0.3, 0.6%, Al は 0, 0.15%, Ti は 0, 0.15% とし Al と重複しないように Al と同列に割りつけた。Cr は一般に焼入性を向上させるので質量効果の軽減に有効と考え 0.5% 添加とした。高周波溶解炉で 8 kg 溶製し、鍛伸後所定の熱処理を行ない、機械性試験を行なった。

熱処理は、① 900°C×2 hr 油冷, 650°C×2 hr 油冷, ② 800~900°C×2 hr 空冷, 550~750°C×2 hr 空冷の 2 通りとした。

3.2 第 2 次実験結果

Fig. 2, 3 は 5 mm U ノッチシャルピー衝撃値におよ

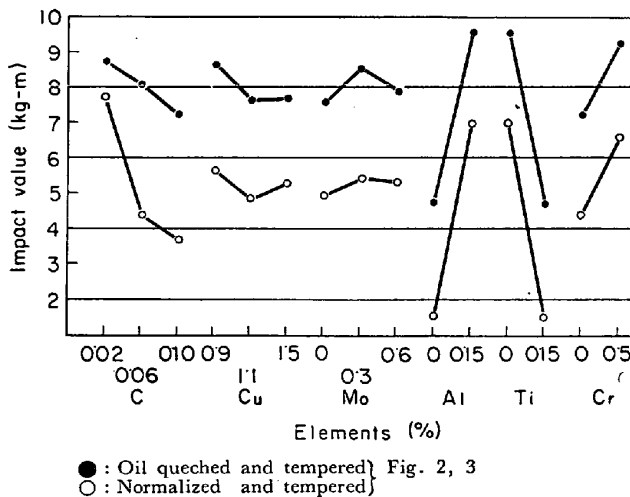


Fig. 2. The main effect of elements on impact value of 1.3Ni steels at -100°C.

ばす各成分の主効果を示す。これらの結果からつぎのようなことがわかった。低温衝撃値に対しCは低い方が良く、Cuは1.3Ni系では1%，3.5Ni，6.5Ni系に対

しては2%が良い。Moは3.5Ni系油焼入の場合を除いては0.3%で効果が最大となり0.3~0.6%添加で十分である。Alの添加は著しい効果があるが、Ti添加は衝撃値を著しく低下させ、Crの添加は靱性向上および質量効果軽減に有効である。

さらにCr量を増した実験を行ない、Crの添加は0.5~1.0%が良い、2%加えると靱性はかえって低下することを明らかにした。

4. 総括および検討

Fig. 4, Fig. 5は第1次および第2次実験から得られた代表的鋼種の特性を示す。3.5Ni鋼相当材として1.3Ni 1Cu系鋼が、9Ni鋼相当材として3.5Ni~6Ni 2Cu系鋼が得られた。靱性に対するCuの影響については0.6~1.5%まではNiと同様の効果があり、ASTMにもCr-Cu-Ni-Al鋼が低温用鋼として定められている。Cuは耐候性鋼または一部の高張力鋼に添加されているが、添加量は前者では0.5

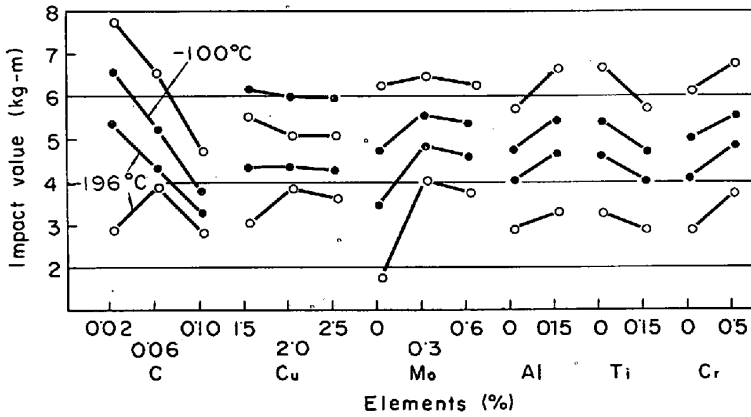


Fig. 3. The main effect of elements on impact value of 6.5 Ni steels.

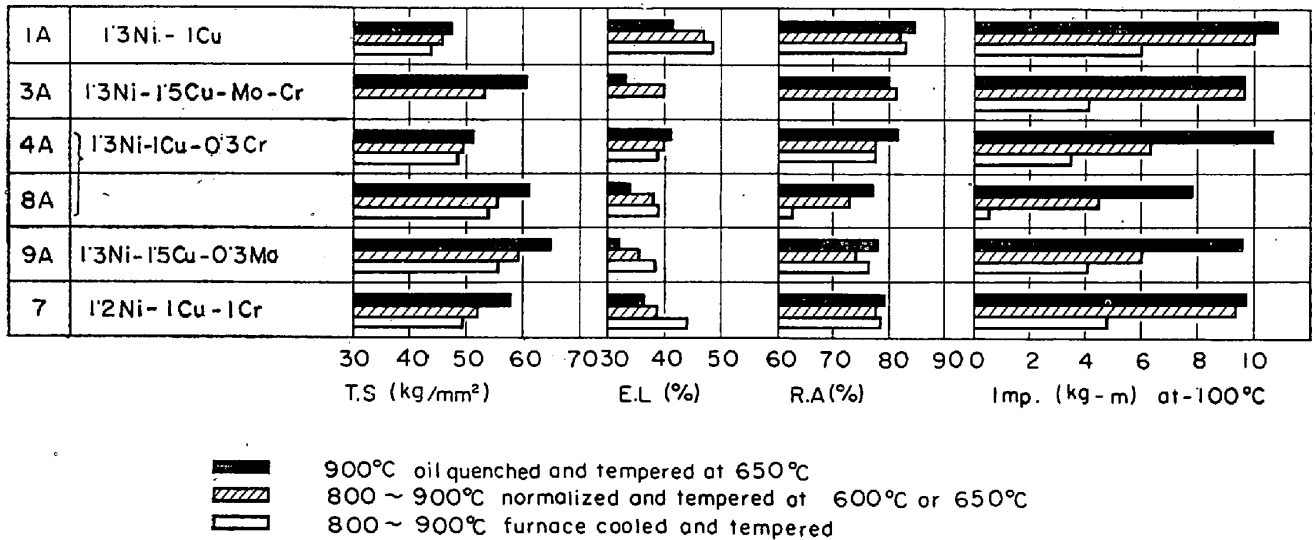


Fig. 4. Mechanical strength of typical 1.3 Ni-Cu steels.

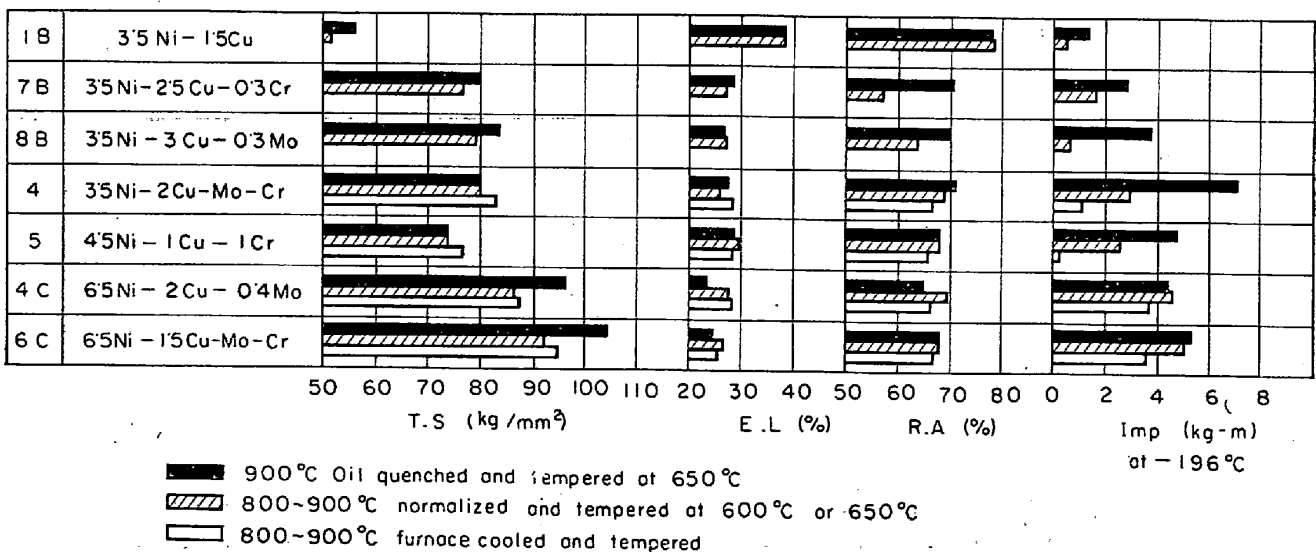


Fig. 5. Mechanical strength of typical 3.5~6.5 Ni-Cu steels.

%以下、後者では 1%位までで、前述の ASTM の低温用鋼でも 0.75% 以下である。一般に Cu は鋼の熱間加工性を害するといわれているが、本実験試料については鍛造は全く問題がなかった。文献³⁾によると Ni が共存すると Cu による赤熱脆性は著しく緩和される。Cu と同量以上の Ni を含み、かつ比較的 C 量の低い場合は鍛造は問題がないようである。

5. 結 言

以上低温用新鋼種の開発を目標に Ni-Cu 系合金鋼の研究を行ない、要約するとつぎの結果を得た。

(1) Ni 鋼に Cu を加え、Al を添加することにより Ni 量を減らすことができる。

(2) Cr および Mo の添加は低温靱性の改善および質量効果の軽減に有効であり、Cr は 1%前後、Mo は 0.3~0.6%添加が良い。

(3) -100°C 用 3.5 Ni 鋼相当として 1.3 Ni 1 Cu 系鋼が、-196°C 用 9 Ni 鋼相当として 3.5 Ni 2 Cu 系鋼または 6 Ni 2 Cu 系鋼が得られた。

文 献

- 1) 阿部, 尾上, 栗原: 三菱重工技報, Vol 2, No. 1, p. 81
- 2) 石崎, 鈴木: 溶接技術, 9月号 (1964), p. 26
- 3) GREGG, DANILOFF: Alloys of Iron and Copper, (1934)
- 4) 岡本, 田中, 伊藤: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 961

(274) 軟鋼の引張諸性質におよぼす試験片形状、温度および変形速度の影響

(高速衝撃引張試験機による鉄鋼材料の引張特性の測定—Ⅱ)

東京工業大学

工博 作井誠太・工博 中村正久・○松田明教
石川島播磨重工, 技研 工博 雑賀喜規
Effect of Shapes of Test Pieces, Temperature and Deformation Rates on Tensile Properties of Mild Steel.

(Measurement of tensile properties of steels with a high speed impact tension testing machine—Ⅱ)

Dr. Seita SAKUI, Dr. Tadahisa NAKAMURA, Akinori MATSUDA and Dr. Yoshinori SAICA.

1. 緒 言

切欠き試験片は平滑試験片に比較して、脆性クラックの発生およびその伝播が容易であり、延性-脆性遷移現象が高温で起こることは古くから知られている。

著者らは前報¹⁾において、軟鋼の平滑および切欠き試験片を用いて、試験片の幾何学的形状の変化にもとづく、低温における引張諸性質を静的試験から衝撃試験にわたって研究し、切欠き試験片において、衝撃速度の増大は脆性破壊を容易にし、また切欠き底部の曲率半径を変化させた試験片においての衝撃速度と試験温度の影響は、衝撃速度の増大、試験温度の低下および切欠きの鋭さの

増加はいずれも同一の傾向を示し、脆性破壊を容易にすることを結論し、完全な脆性破壊を起こす時の破壊強度を得た。

本研究では前報で述べたよりもさらに微細な結晶粒度を有する軟鋼を用いて、平行部長さの異なる 1 種類の平滑試験片ならびに前回よりもさらに広範囲にわたって試験片形状ならびに温度を変化させた場合における脆性破壊強度、延性-脆性遷移現象ならびに臨界衝撃速度の関係を明らかにし、前報の結果と比較してみた。

2. 実験方法

試料は SM 41 B 鋼の板厚 25 mm の鋼板で、0.15% C, 0.163% Si, 0.61% Mn, 0.018% P, 0.007% S, 0.163% Cu, 0.0079% AlN の分析値のものを用いた。鋼板は 900~930°C 水焼入後、650°C 焼戻しの熱処理をほどこし、ASTM 結晶粒度 9 の非常に微細な結晶粒度を得たのち、Fig. 1 に示す試験片に切削した。実験は常温より液体窒素の温度範囲にわたって、変形速度 2 mm/min~80 m/s の引張試験を行なった。用いた引張試験機、荷重測定方法および試験片の冷却方法などはこれまでの報告とまったく同じ方法によった。

実験結果の表示に用いた記号はつぎのとおりである。

引張強さ (平滑試験片に対して)..... σ_B kg/mm², 切欠き強さ (切欠き試験片に対して)..... σ_{BK} kg/mm², 伸び (平滑試験片の標点距離の添字 n とする)- ϵ_n , 切欠きを含んだ標点 (90 mm) 間の伸び率..... $\epsilon\%$, 切欠きの外側 (試験片の平行部分) に付した標点 (40 mm) 間の伸び率..... $\epsilon'\%$, 絞り..... $\varphi\%$, 脆性破面率 (破断面に現われた脆性破面の全破断面に対する割合)..... $\psi_B\%$.

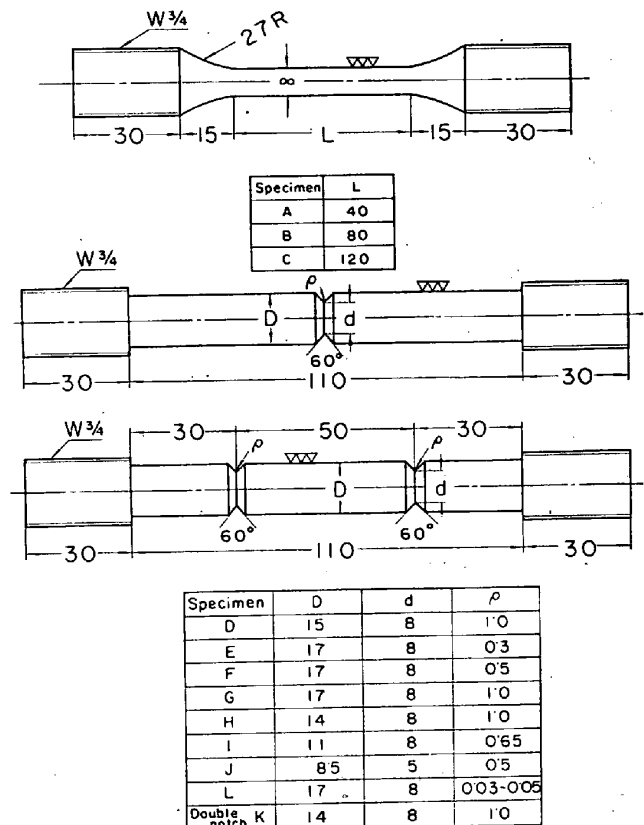


Fig. 1. Shapes and dimensions (mm) of test pieces.