

料表面付近に加工硬化が起りやすくなるためである。600°C および 700°C では試験中に析出および加工硬化がおこり材料が強化されるため長時間前時効処理はむしろ疲労強度を低下させる傾向にある。またクリープ破断と異なり疲労では粒内破壊であるため疲労強度は冷間加工により著しく向上する。

終わりに、本実験の遂行にあたり種々御配慮を頂いた日鍛バルブ株式会社および金属材料技術研究所の依田、吉田、小池の各氏に深謝いたします。

### 文 献

- 1) P. M. KELLY and J. NUTTING: High Strength Steels, BISRA Eng. Rep. Comm. Iron Steel Inst., Sp. Rep., No. 76 (1962)
- 2) V. F. ZACKAY: High-Strength Materials, (1964), p. 239, [Wiley]
- 3) H. J. HARDING and R. W. K. HONEYCOMBE: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 204 (1966), p. 259
- 4) N. J. GRANT, et al.: Trans. Amer. Soc. Metals, 48 (1956), p. 446
- 5) FRANK B. CUFF, JUN., et al.: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 186 (1957), p. 188
- 6) R. A. LULA, et al: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet Eng., 79 (1957), p. 921
- 7) 織田, 片山, 小川, 満浦: 日本金属学会誌, 25 (1961), p. 238
- 8) 織田, 吉井, 片山, 上原: 日本金属学会誌, 25 (1961), p. 241
- 9) 篠田, 桜井, 佐野, 川崎, 泉: 日本金属学会誌, 24 (1960), p. 645

## ボルトねじ部の単純引張り強さ\*

(ボルトの引張り強さについて— I )

東京螺子製作所 遠藤 健  
Strength of Screw Thread of Bolts under Simple Tension

(On the tensile strength of bolts— I )

Ken ENDO

### 1. 緒 言

ボルトに適当なナットをはめ、このナットとボルトの頭部をつかんで軸方向に引張ると普通はボルトのねじ部で破断する。このときの破断荷重は一般にねじの谷径の平滑試験片より大きく有効径のそれより小さい。JIS など<sup>1)2)</sup>では、ねじの応力面積として谷径と有効径の平均値を直径とする円を定めている。しかしボルトの処理条件によつてはこの値を用いると同一条件で処理した平滑試験片と破断応力が異なることが認められる<sup>3)</sup>。そこで M6~M12 のボルトについていくつかの熱処理を施して平滑部とねじ部を破断し比較検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試験片

実験に用いたボルト試験片は機械構造用の炭素鋼または合金鋼製の 6~12 mm のメートルねじで各部寸法と化学成分を Table 1 および 2 に示す。これらの試験片は摩き線材から頭部成形—ねじ転造されたところを抜きとつたものである。べつに No 6 試験片の材料から径が No 6 と等しく No 6 のねじ断面と同じ断面形状の円周状 V 溝 1 本および 6 本を有する試験片 No 7 および No 8 を作製した。この溝は丸棒を旋盤にくわえ必要な断面形状に研磨したバイトで削つたものである。

#### 2.2 熱処理

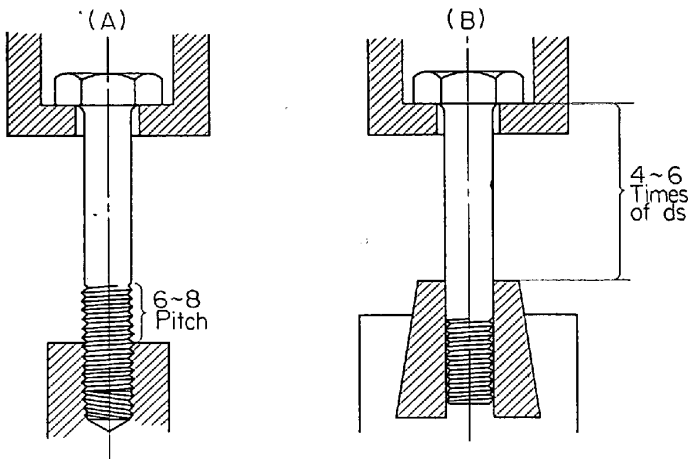
Table 1. Dimension of specimens.

Specimen No	Screw size	Length (mm)	Shank diameter (mm)	Effective diameter (mm)	Minor diameter (mm)	Root radius (mm)	Shank area (mm <sup>2</sup> )
1	M 6 P1.0	58	5.24	5.22	4.56	0.10	21.6
2	M 6 P1.0	56	5.23	5.23	4.55	0.10	21.5
3	M 8 P1.25	75	7.06	7.06	6.21	0.10	39.2
4	M10 P1.5	95	8.90	8.90	7.88	0.11	62.2
5	M10 P1.25	105	9.06	9.06	8.22	0.10	64.5
6	M12 P1.5	123	11.87	10.97	9.96	0.15	110.7
7	12φ P1.5	120	11.87	—	9.98	0.13	110.7
8	12φ P1.5	120	11.87	—	9.89	0.15	110.7

Table 2. Chemical composition of specimens. (%)

Specimen No	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
1	0.35	0.22	0.60	0.016	0.023	0.19	0.05	0.14	0.17
2	0.33	0.22	0.79	0.016	0.016	0.11	0.21	1.00	
3	0.42	0.26	0.69	0.017	0.019	0.20	0.08	0.12	
4	0.41	0.32	0.73	0.019	0.022	0.13	0.03	0.10	
5	0.42	0.23	0.65	0.016	0.023	0.16	0.05	0.13	
6, 7, 8	0.40	0.30	0.81	0.011	0.010	0.15	0.47	0.50	0.23

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 240 昭和42年5月10日受付



A : Thread portion test (left), B : Smooth portion test (right)  
Fig. 1. Tension test method.

前項の試験片に低温の歪みとり焼鈍2種、焼入焼戻6種の処理を施した。焼鈍は 500°C および 700°C の空气中でそれぞれ 1 hr 保持後空冷した。焼入焼戻は無酸化中性の雰囲気中で 860°C 加熱 30 min 保持、油焼戻したのち 200~700°C の空气中でそれぞれ 1 hr 保持後空冷した。焼戻試料は内部まで完全に焼戻され表面とのカタサの差は認められなかった。

2.3 引張試験

試験片は Fig. 1 A および B の方法でアムスラー試験機にかけてそれぞれねじ部と平滑部を引張破断させた。破断に要した時間は 3~10 min である。V 溝試験片は普通に両端をつかんで引張った。

3. 実験結果とその考察

3.1 実験 I

ボルト試験片 No 4 の引張試験結果を Fig. 2 に示す。グラフの左がわスケールが破断荷重でこれを平滑部の断面積で除した値を右がわに目盛つてある。平滑部の破断応力は加工のままで 59 kg/mm<sup>2</sup> であり、熱処理条件に応じて 50~190 kg/mm<sup>2</sup> になっている。ねじ部は加工のままで平滑部に近い破断荷重を示すが焼鈍、焼入焼戻で次第に差が開き 200°C 焼戻ではとくに低い。ほかのボルト試験片も同様な平滑部の応力とこれにたいするねじ部の変化を示している。すべてのボルト試験片について平滑部とねじ部の破断荷重の比を表したのが Fig. 3 である。ここで平滑部の径は有効径と等しく定めてあるから (No 6 のみ平滑径が太いので有効径に換算) この荷重比は有効径平滑試験片とねじ試験片の応力面積の比を示すことになる。グラフの横軸に平行な細線が有効径面積にたいする JIS のねじ応力面積の比で、どの試験片も焼入焼戻 400~700°C では ±3% くらいの誤差で JIS に一致することがわかる。また加工のままや 500°C 焼鈍では JIS より大きく低温焼戻のとくに太サイズでは JIS より小さい。

ねじ部の軸に直角な断面は渦巻状を呈しその面積はほぼ有効径の断面積に等しい。しかしねじ部の引張破断面は Photo. 1 に見られるように大部分は谷底に沿って生じどこかでねじ山を横切っている。谷径の断面積は有効径にくらべて 20% も小さく、さらにねじ山1ヶを横切

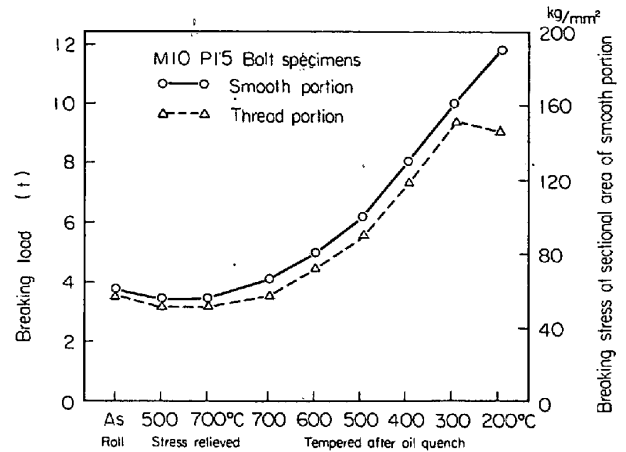


Fig. 2. Effect of heat treatment on tensile breaking load at the smooth and thread portion.

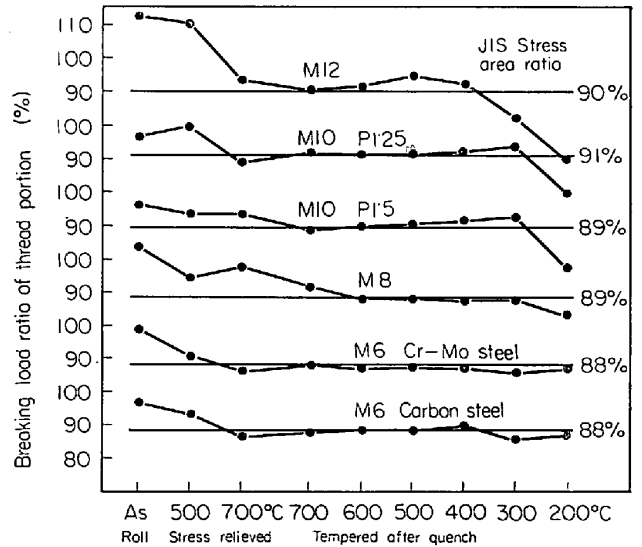


Fig. 3. Relationship between heat treatment and breaking load ratio of thread portion.

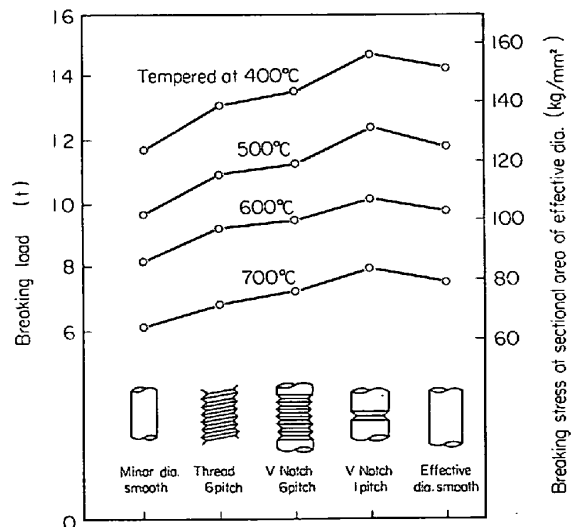
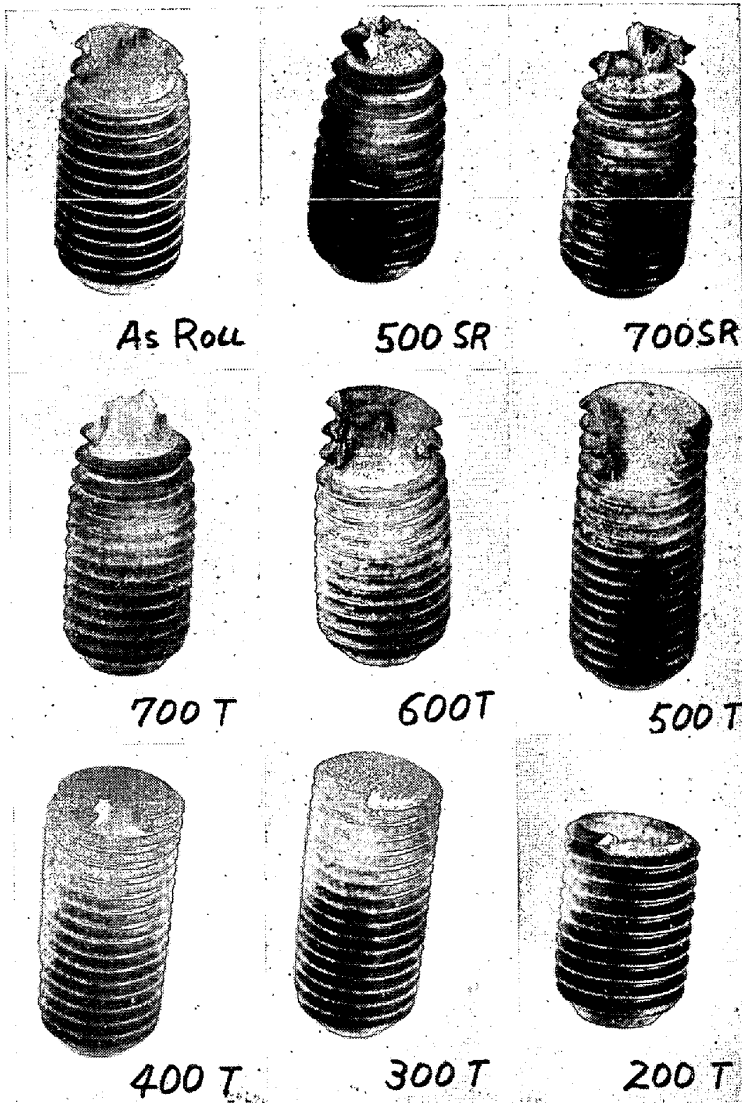


Fig. 4. Effect of shape of tension test specimens on M12 size, quenched and tempered.



500SR : 500°C stress relieved, 700T : 700°C tempered after quench  
Photo. 1. Fracture of M12 bolt specimens.

Table 3. Breaking appearance of thread and notch.

Tempering temperature	No 6 6 pitch thread	No 8 6 circular notchs
700°C	Good elongation 1 thread break	Good elongation 1 notch break
600°C	Elongation 5 threads break	6 notchs break
500°C	7 threads break	6 notchs break
400°C	3 threads break	3 notchs break

る面積は有効径面積の約1.0%であるがこれを加えてもとてもJISの応力面積に達しない。そこで破断面のねじ山横切りには関係ないのではないかと考えて第2の実験を行なった。

3.2 実験Ⅰ

No 6 試験片のねじ部と同じ断面形状の円周状V溝を有する試験片 No 7 および No 8 をボルト試験片がJIS に一致する範囲に処理して引張破断させた。その結果を No 6 も含めて Fig. 4 に示す。これによると6溝試験片はねじ部破断とほぼ等しい荷重を示す。破断面の状態も Table 3 のとおりかなり類似しており必ずしもねじ山を横切つて破断しなくても谷径平滑試験片より強度が高いことがわかる。これはねじ山の存在が引張荷重中の塑性変形を妨げ比較的断面収縮の少ない状態で加工硬化して破断するためであろう。そして結果的に応力面積が有効径と谷径の間になるのである。溝が1本の場合には有効径の平滑試験片より強くさらに変形が難しくなった結果を示している。ボルトを引張試験するさいナットを深くねじこんで引張られるねじ山数を減らすとそれが十分ある場合よりも破断荷重が大きくなることはすでに経験上知られている。

Fig. 2 で加工のまままたは 500°C 焼鈍の荷重比が大きいのはねじ転造による加工硬化が残っているためである。また低温焼戻の荷重比が小さいのは延性の低下によつて切欠脆化が現われたものである。一般に切欠溝はその数を増すと応力集中を緩和するため普通のボルトの引張試験では切欠脆化は認めない。しかし 200 kg/mm<sup>2</sup> 近い強度ではほとんど塑性変形を生じないため応力緩和がなされないであろう。

4. 結 言

ピッチおよび鋼種が異なるものを含む 0.4% C 鋼の M6~M12 ボルトをおよそ 50~190 kg/mm<sup>2</sup> に熱処理してねじ部の破断強度を平滑部と比較した。またべつに M12 P1.5 のねじ断面と同じ形状の円周状V溝試験片を用いて破断状態を観察した。その結果つぎのようなことがわかった。

(1) 焼入後 400~700°C 焼戻では有効径平滑試験片にたいするねじ部の応力面積の比は JIS のねじ応力面積の比とほぼ一致する。

(2) JIS の応力面積が有効径と谷径の間にあるのはねじ山の存在が引張荷重中の塑性変形を妨げ結果的に荷重に対抗する面積が谷径面積より大きくなるためである。

(3) 加工のまままたは低温焼鈍ではねじ転造による加工硬化で見かけの応力面積は JIS より大きく、低温焼戻のとくに太サイズのものでは切欠脆化を生じて JIS より小さい。

文 献

- 1) JIS B, 1180 (1965)
- 2) SAE J475 a Appendix E, (1966)
- 3) 上田, 田中: 材料, 15 (1966), p. 88
- 4) ヤクシェフ: ねじの製造技術とねじ各部の主要寸法がねじ継手の強さにおよぼす影響 (1966), ねじ技術研究会誌