

温間ローラ加工をした段付試験片の 疲労強度について

小笠原 淳・斎藤 稜
宮野 泰治・高橋 良治*

On Fatigue Strength of Filleted
Specimens by Warm Surface Rolling

Jun OGASAWARA, Shigeru SAITO
Taiji MIYANO, Ryoji TAKAHASHI
(昭和55年10月31日受理)

1. 緒 言

著者らは、これまでに鋼の再熱ぜい性温度範囲で軸表面をローラ圧延する、いわゆる、温間ローラ加工によって、圧入軸の疲労強度がかなり向上することを報告してきた^{1)~3)}また、この温間ローラ加工法を環状切欠部に適用して、切欠のような形状係数の大きいものに対しては、特に効果的であることも報告した⁴⁾

本報告は、切欠部に続いて、軸の段付部に温間ローラ加工を施した場合の疲労強度について実験を試みたものである。なお、本報では、ローラ圧延と加熱を切りはなし、室温においてローラ圧延を行ないその後低温加熱を行なったひずみ時効材についての試験も試みた。以下にその結果を報告する。

2. 試験片および実験方法

実験に用いた材料はS35C材で、850°C~890°C、30分加熱保持後600°Cまで空冷、以後炉中冷却の焼ならし処理を行なった。供試材の化学成分および金属組織を表1および図1に示す。これを図2に示す形状に機械加工し、図中のハッチング部分に表2に

表1 化学成分 (%)

材 料	C	Si	Mn	P	S	Cu
S35C	0.34	0.21	0.77	0.009	0.019	0.08

示す種類の加工処理をして疲労試験に供した。なお、R15は車軸フィレット部(DD51車軸)と同一形状に類似するものである。

圧延ローラには、SKS2材を直径50mm、転動面半径15mmを有する形状に製作したものを用い、施盤の刃物台に取付けて、スプリングの変位によって

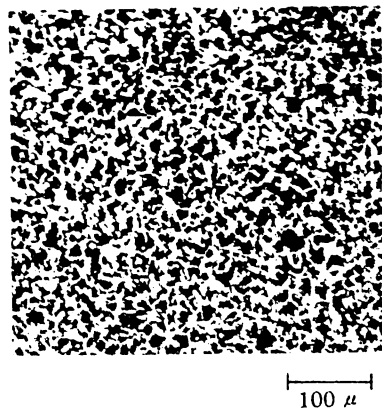


図1 供試材料の金属組織

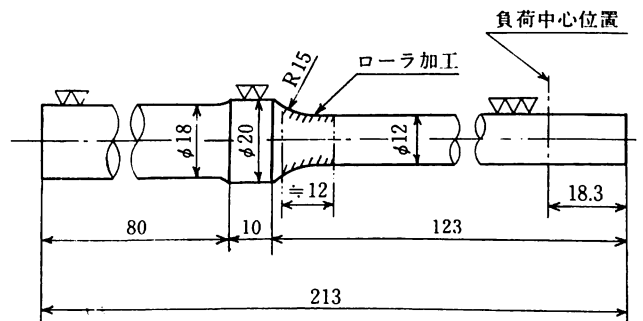


図2 試験片形状

* 鉄道技術研究所金属材料研究室

表2 試験片種類

試験片		加工処理方法
記号	名称	
N	非加工材	バイト仕上げのまま
R	常温ローラ加工材	Nを室温でローラ圧延
H1	温間ローラ加工材	Nを375°Cでローラ圧延
H2	温間ローラ加工材	Nを425°Cでローラ圧延
RH	ひずみ時効材	Rを300°C30分,加熱保持,後空冷

表3 ローラ加工条件

ローラ寸法	直径50mm, 転動面半径15mm
圧延荷重	150kg
加工速度	0.9m/min (25r.p.m.)
加工回数	10回
加工温度	(温間ローラ加工) 375°C, 425°C (ひずみ時効) 300°C30分空冷

圧延荷重を検定し、試験片をローラ圧延した。

温間ローラ加工の場合は、試験片を電気炉で予熱(炉温300°C)後、旋盤に取付け、回転しながら、LPガスバーナにより加熱し、表面接触温度計(0~500°C)により、設定温度に保ちローラ圧延した。また、ひずみ時効処理材は、室温でローラ圧延した後、300°Cに30分間加熱保持後空冷したものである。

圧延の際の加工速度、加工回数の条件は、環状切欠の場合の検討結果に基づいて、それぞれ、0.9 m/min および10回としたが、圧延荷重は150kgとした。この荷重下で初めに段部のフィレット立ちあがりよりフィレット面方向約6 mm部を25r.p.m. (0.9 m/min) で10回繰返し、その後0.3mmの送りで平行部へ約6 mm送った。実験結果で後述するように、危険断面は平行部から段部への立ちあがり付近と仮定したので、圧延の条件は、主として、初めのフィレット面方向の圧延に留意したものである。フィレット面方向の圧延状態では、圧延ローラと試験片は約6 mmの長さで接触しているので、接触物体が共に鋼である二つの円柱面の接面に近似すれば、ヘルツ式よりヘルツ圧は $p_0 \approx 138\text{kg/mm}^2$ である。これは実物車軸($\phi 180$)の場合の適正ヘルツ圧の値⁵⁾に近い値である。以上のローラ加工条件を表3にまとめて示す。

使用した疲労試験機は、自作した片持式回転曲げ

疲労試験機で、容量60kg - m、繰返し数2100 r.p.m. 最大負荷50kgである³⁾

3. 実験結果および考察

表2のように加工処理をした試験片による回転曲げ疲労試験のS-N曲線を図3に示した。図3の(a)は試験片の平行部から段部へ立ちあがるその境目を危険断面とし、断面係数と曲げモーメントの距離を常に一定として、応力 σ_n を算出したものである。

試験片Nの場合は、ほぼ、この位置で破断していたが、N以外の試験片は境目以外の段部や平行部にばらついて破断した。破断部の位置と径を測定して、実際の破断曲げ応力 σ_b を求めた場合のS-N曲線を図3(b)に示した。

図4は、疲労破断した試験片の破断部曲げ応力 σ_b と、上記のとおり仮定した危険断面の曲げ応力 σ_n

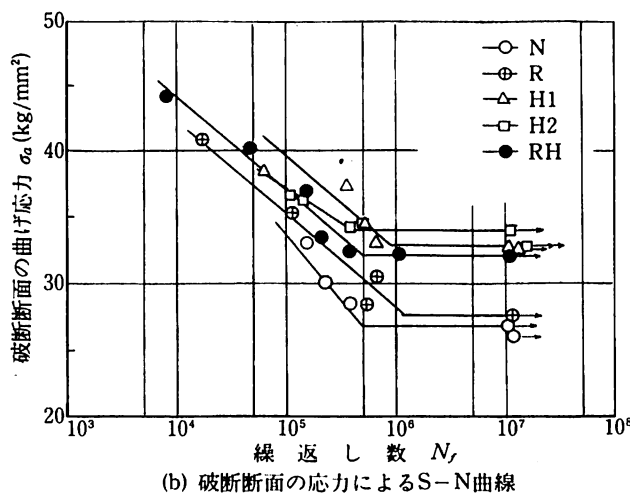
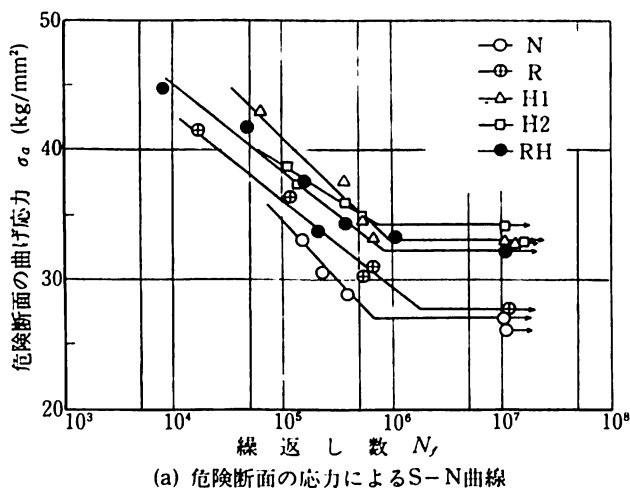


図3 回転曲げ疲労試験結果

温間ローラ加工をした段付試験片の疲労強度について

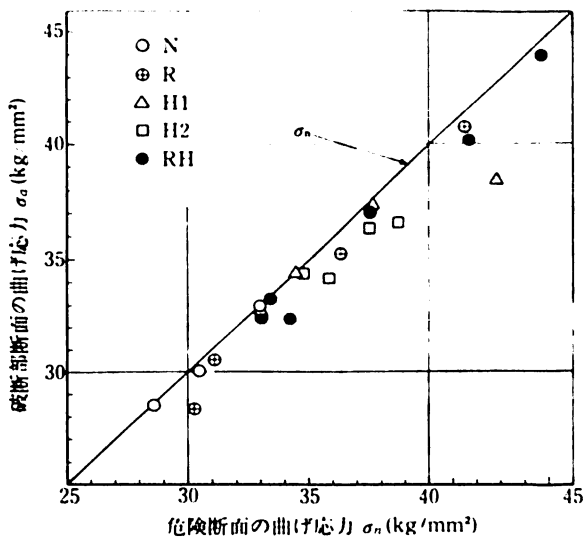


図4 危険断面と破断部断面の曲げ応力

の関係を、参考までに示したもので、図中の σ_n の直線上に σ_σ 値があれば危険断面で破断したことを示す。図4よりわかるように、試験片Nは危険断面で破断し、他の試験片は、ほとんど、それ以外の断面で、しかも、危険断面の応力より小さい応力で破断したことが明らかである。このことは、各加工処理によって危険断面が強化されたために、他の断面で破断したことを示す。

さて、疲労寿命は図3(b)の結果で検討すべきであろうが、本実験に使用したような、ゆるやかなフィレット形状で、しかも片持曲げの場合、どの位置に疲労破断が生ずるかを予想することは困難である。実用上からは図3(a)のような処理も、ある程度意義があるものと考えられる。

図3(b)より明らかのように、時間強度は試験片Nに対して、R、RH、H2、H1の順に上昇する傾向を示した。しかし、疲労限度ではH2がH1を上回った。

表4および図5に各試験片の疲労限度と疲労限度上昇比を示した。この結果で明らかのように、疲労限度は試験片H2がもっとも優れ、Nに対し1.27倍、Rに対し1.23倍と向上した。ついでH1、RHの順である。また、試験片RHは、加工処理が単純であることを考えれば、H1、H2の0.94~0.98倍とその効果もよく、今後の追求すべき課題である。

本実験の段部への温間ローラ加工による疲労限度上昇比は、試験片材料は異なるものの、 $\phi 12$ 棒圧入軸の場合³⁾にはほぼ近い値であるが、R2半円環状切欠の場合⁴⁾よりは小さいようである。しかし、上にも考察したように、破断位置が、N以外の試験片では、どの場合も一定の場所ではないので、R2半円環状

表4 疲労限度および疲労限度上昇比

記号	試験片名称	疲労限度 (kg/mm ²)	疲労限度上昇比	
			Nに対して	Rに対して
N	非加工材	26.9	1.00	0.97
R	常温ローラ加工材	27.7	1.03	1.00
H1	温間ローラ加工材	32.9	1.22	1.19
H2	温間ローラ加工材	34.1	1.27	1.23
RH	ひずみ時効材	32.1	1.19	1.16

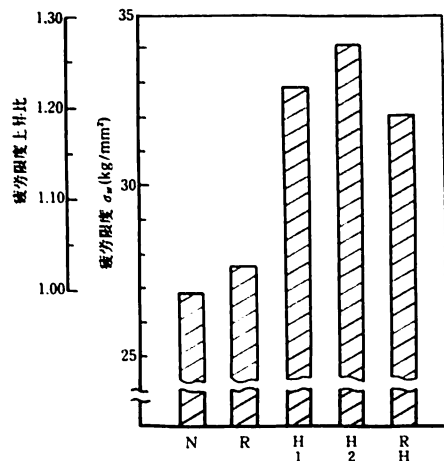


図5 疲労限度および疲労限度上昇比

切欠の場合のように純粋な意味での危険断面の疲労限度上昇比ではない。このことから、段部付近に一樣な加工の効果を与える適当な圧延の方法を検討しなければならない。

4. 結 言

段付部を有する軸の耐疲労性向上の一方法として、R 15の段付試験片に温間ローラ加工を施し、回転曲げ疲労試験を行った。また、常温ローラ加工の後に、300°C、30分の加熱処理をしたひずみ時効材についても実験を行ない、つぎの結果を得た。

- (1) 常温ローラ加工は非加工材とあまり差がなかった。本実験の圧延条件では加工処理効果が少ない。
- (2) しかし、このような圧延条件でも青熱ぜい性温度範囲でローラ圧延を行なえば、かなりの疲労強度の向上がみられた。
- (3) 425°Cでの温間ローラ加工は疲労限度の上昇率がもっとも大きく、非加工材の1.25倍、常温ローラ加工の1.23倍であった。
- (4) 375°Cでの温間ローラ加工は、時間強度では

425°C の場合よりも大きい傾向を示したが、疲労限度では425°C の場合の0.97倍で、非加工材の1.22倍、常温ローラ加工の1.19倍であった。

(5) ひずみ時効材は、加工処理が単純であるが、その効果が良く、温間ローラ加工の0.94~0.98倍で、非加工材の1.19倍、常温ローラ加工の1.16倍であった。

(6) 非加工材では、破断する断面の位置は、予想した危険断面と、ほぼ一致したが、他の試験片では、各加工処理によって危険断面が強化され、危険断面以外の場所に破断が生じた。したがって、上の(3)~(5)の向上比の数値は危険断面そのものの向上比ではない。危険断面は上の数値以上に向上しているもの

と考えられる。

参 考 文 献

- 1) 齋藤, 小笠原, ほか 2 名, 塑性と加工, 12, 846 (1971)
- 2) 齋藤, 小笠原, ほか 2 名, 塑性と加工, 13, 825 (1972)
- 3) 齋藤, 小笠原, ほか 2 名, 塑性と加工, 14, 392 (1973)
- 4) 齋藤, ほか 2 名, 秋田高専紀要, 13, 11, (1978)
- 5) 高橋, 鉄道技術研究報告, 1007, 7, (1976)