

鍛造焼入れした大型トラック用部品材料強度特性

大 島 聰 範*・林 忠 夫**・長 南 隆 泰***

Mechanical Properties of Hot Forged Parts for Heavy Truck Processed through "Hot Forge Quench Hardening"

Toshinori OSHIMA, Tadao HAYASHI and Takayasu CHONAN

Abstract

Mechanical properties of hot forged and heat treated steel parts for heavy truck use are examined.

"Hot Forge Quench Hardening" (HFQH) process which is a kind of high temperature thermo-mechanical process has been compared to ordinary process. As the works are quench hardened immediately after hot forging in the HFQH, their hardenability increased to improve the mechanical properties. This increase in the hardenability resulted in higher and more uniform hardness distribution than that through the ordinary process. Tensile and fatigue properties are improved through HFQH, despite higher tempering temperature employed to avoid lowering in toughness due to coarse austenite grain size results from higher austenitizing temperature.

Key words : Heavy truck parts, Hot Forge Quench Hardening, Mechanical properties,

1. 緒 言

大型トラック用の鋼製足回り部品は、過酷な使用条件において長期間にわたる耐久性の保証が求められる重要保安部品である。最近の燃費向上のための軽量化指向に対応して、強度設計の最適化による部品重量の軽減が進められ、それにとともに、当該部品の材料強度特性に対する要求も厳しくなっている。これらの部品の多くは、熱間型鍛造によって成形したのち、さらに焼入れ、焼戻しによって材料特性を向上させることから、焼入れ性の保証が重要な問題である。材質は中炭素鋼あるいは中炭素低合金鋼であるが、単品重量30～50kgに達するものもあり、質量の増大にともなう不完全焼入れ組織の発生で、機械的性質の低下することが懸念される。このような問題に対処して導入される鍛造焼入れ法は、熱間鍛造の終了温度から、ただちに急冷して焼入れすることによって、質量効果を減少させて焼入れ性の向上をもたらす、機械

的性質を向上させることができる^{(1)～(5)}。またこの方法は、焼入れ温度への再加熱が不要であるから、エネルギーの節減も期待できる。しかし、鍛造終了温度は、通常の焼入れ温度よりはるかに高いので、オーステナイト結晶粒の粗大化による靱性の低下に留意することが必要である。

本稿は、大型トラックの足回り操向部品として、図1のように前輪に装着使用される鍛鋼製ナック

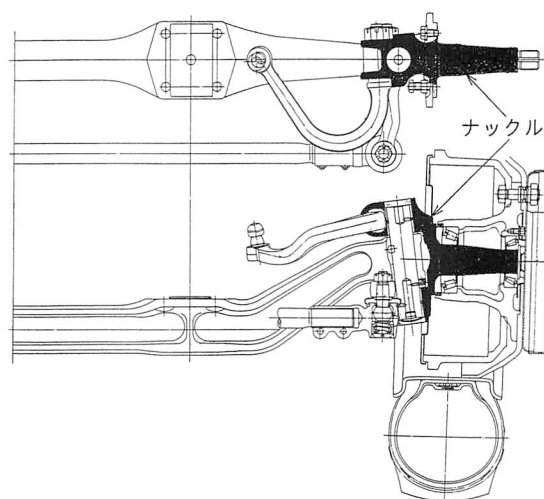


図1 大型トラック前輪のナックル装着位置

* 教授 機械工学科

** 技 官 (技術専門職員・機械実習工場)

*** 日野自動車工業 (株)

ルの、鍛造焼入れ品と普通焼入れ品から採取した試験片について、材料特性を比較検討し、工場における鍛造焼入れ設備新設計画のための基礎資料とすることを目的として行ったものである。

2. 実験方法

実験に用いた鍛鋼製ナックルは、理研鍛造(株)前橋工場において製造されたものである。化学成分は表1に示すように、Mn、Crを含む中炭素低合金鋼であり、焼入れ性は比較的良好である。鍛造熱処理工程を図2に示す。(a)の普通焼入材は、熱間鍛造したのち空中放冷し、これを再加熱して水焼入れ、焼戻しを行った。(b)の鍛造焼入材は、熱間鍛造終了温度から直接水焼入れ、焼戻しを行った。ここで、両者の焼戻し温度が異なり、(a)は610℃、(b)は670℃であるのは次の理由による。ナックルは、トラックの足まわりを支える重要保安部品として、とくに靱性に対する要求は厳格である。鍛造焼入れによって普通焼入れよりも強度は増加するが、鍛造終了後ただちに焼入れするので焼入れ温度が高く、オーステナイト結晶粒の粗大化による靱性の低下が懸念される。そこで、普通焼入材と同水準の靱性を保証するために、鍛造焼入材の焼戻し温度を高く設定している。

供試材は、熱間鍛造、熱処理されたナックルから、図3のように切り出された平板である。この部分は、実働条件下において、最大曲げモーメントが生じることから、材料特性に対する要求水準

表1 供試材の化学成分 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	B
0.35	0.24	0.97	0.17	0.20	1.02	0.03	0.02	0.23

(%)

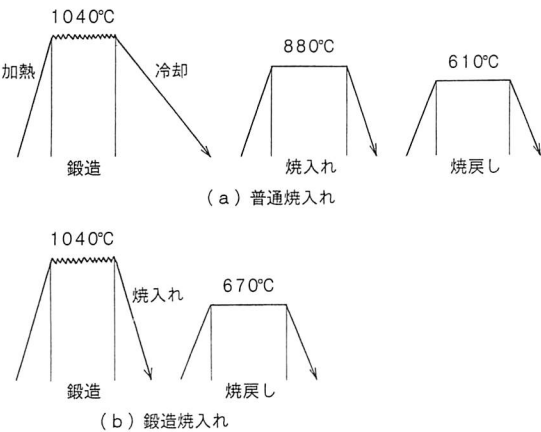


図2 ナックルの鍛造、熱処理工程

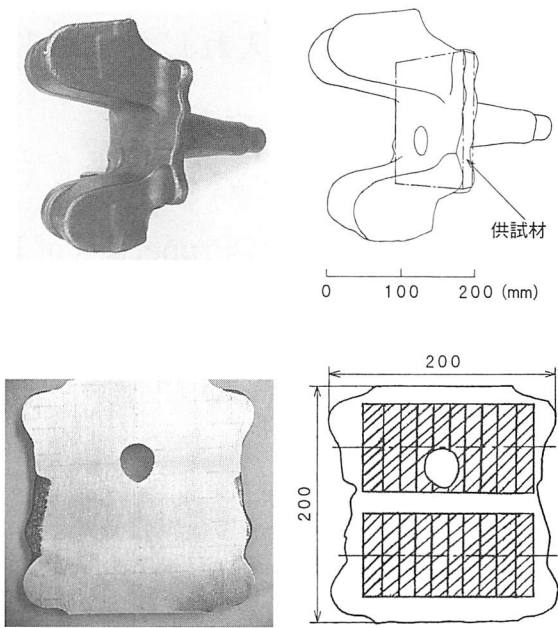


図3 ナックルの実形と供試材、試験片の採取位置

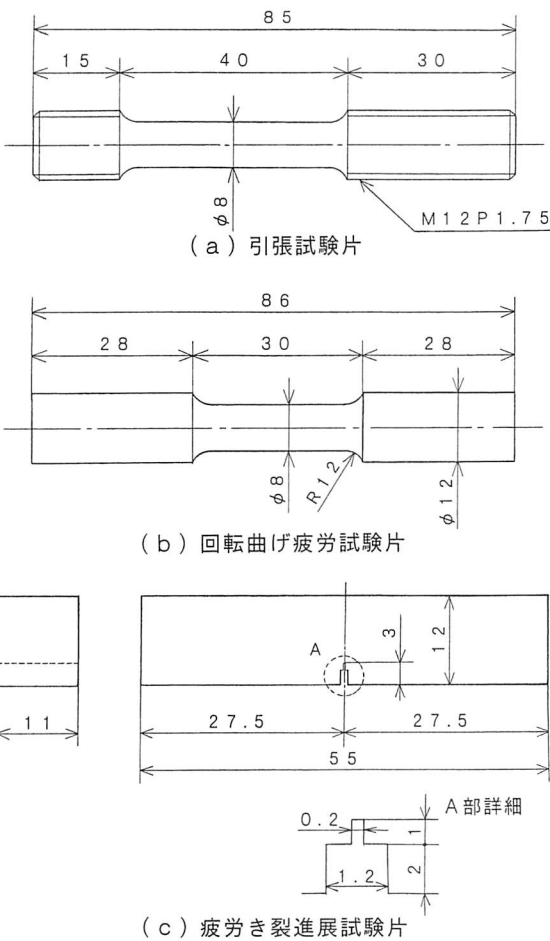


図4 試験片の形状と寸法

は最も厳しい。この平板のほぼ全面について、ロックウェル硬さ試験機で硬度分布を測定したのち分割切断して、機械加工により、図4 (a), (b), (c), に示す、引張り、疲労、疲労き裂進展の各試験片およびシャルピー4号試験片を製作した。なお、試験片の採取および各材料特性の測定は、平板内の硬さ分布を考慮しつつ行った。

引張り試験は、ねじ負荷ロードセル計測式の高剛性試験機を使用し、試験片に貼付したひずみゲージで0.2%耐力を検出した。疲労試験は回転曲げ疲労試験機を使用し、疲労き裂進展試験は油圧サーボ式試験機を用いて三点曲げ方式で行った。

3. 実験結果および考察

3.1 靱性

図5はシャルピー衝撃試験の結果を示す。焼戻し温度は、実験方法の項で述べたとおり、普通焼入れ610℃、鍛造焼入れ670℃であるにもかかわらず、この試験温度範囲において両者の靱性はほとんど同じである。したがってこの焼戻し条件は、両者の靱性を同一水準に揃えるために、適切なものであることが確認される。

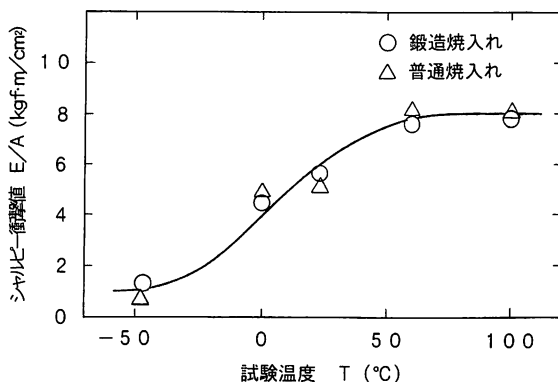


図5 シャルピー衝撃試験結果

3.2 硬さ分布

図6は供試材平板の硬さ分布を示す。ここで丸印のサイズは硬さのレベルを表す。鍛造焼入れ材は普通焼入れ材より硬度が高く、周辺部と中心部の硬さの差も少ない。このことは、図7の硬さ分布曲線において、より明確となる。普通焼入れ材はA-A、B-Bともに周辺部から中心部に向かって硬さが低下し、焼入れにおける質量効果が認められる。一方鍛造焼入れ材では、A-Aは周辺部から中心部にかけてほぼ一定の硬さを示し、質量効果はほとんど認められない。またB-Bの硬さも、

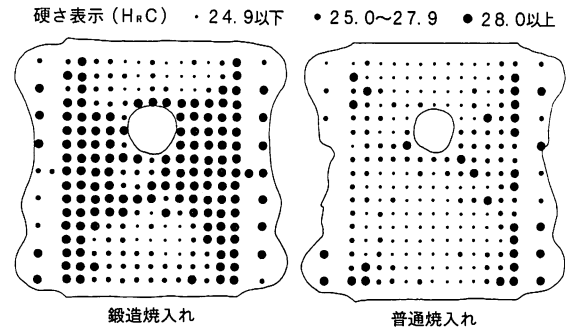


図6 供試材全面のロックウェル硬さ分布

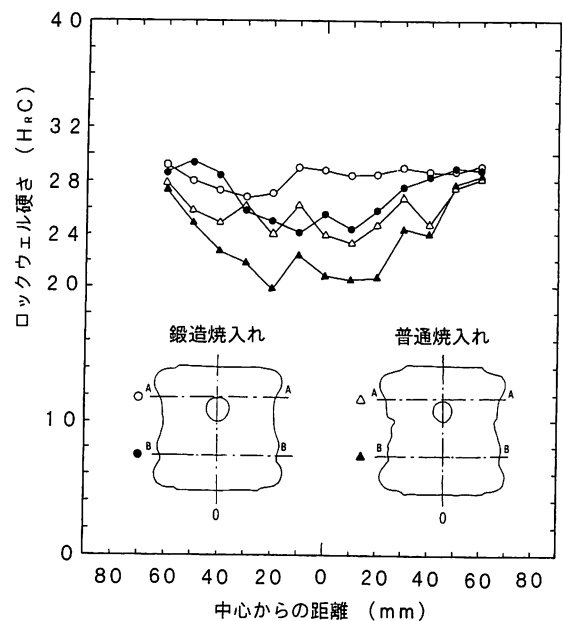


図7 供試材表面から内部への硬さの変化

中心部でやや低下するが普通焼入れよりは高く、質量効果の小さいことを示している。なお、普通焼入れ、鍛造焼入れともに、B-Bの方がA-Aよりも硬度が低く、中心部の硬さの低下も大きいのは、図3のナックル実形図から明らかなように、B-B付近の質量が大きく、冷却速度が遅くなるためであろう。以上により、鍛造焼入れ材においては焼入れにおける質量効果が減少し、周辺部から中心部まで、良好な焼入れ焼戻し状態となる。

3.3 引張り特性

図8は、部材ナックルの表面から中心部へ位置の変化にともなう、引張り特性の変化を示す。

引張り強さでは、鍛造焼入れが普通焼入れより2~3 kg/mm²高いがその差はわずかであり、両者ともに中心部は表面部より5%程度低下している。

0.2%耐力では、鍛造焼入れ材が普通焼入れ材より5~7 kg/mm²高く、明らかな差が生じている。両

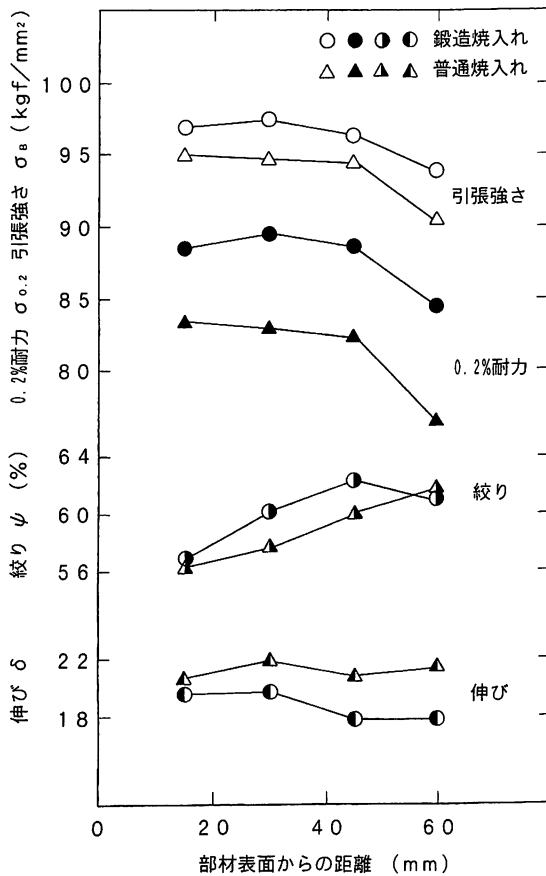


図8 供試材の引張り特性

者ともに、中心部の低下は7～8%で、引っ張り強さと比べて顕著である。また降伏比は、全領域にわたって鍛造焼入材が3～4%高い。

絞りは、鍛造焼入、普通焼入ともに表面から中心に向かって増加しているが、表面および中心において鍛造焼入と普通焼入の値が等しく、中間では鍛造焼入材が3%程度高い。

伸びは鍛造焼入、普通焼入ともに表面から中心に向かってわずかに低下し、全領域にわたって、普通焼入材の方が2～3%高い。

以上の結果より、焼戻し温度を、靱性確保の観点から普通焼入れよりも60℃高く設定したにもかかわらず、鍛造焼入れ材は普通焼入れ材を上回る引張り強度特性を示し、鍛造焼入れによる焼入れ性の向上効果が確認された。また、鍛造焼入れ材の延性が、普通焼入れを下回る値となったのは、材料の延性が一般に強度と相反する特性であることによるものとして理解される。

3. 4 疲労特性

図9は、回転曲げ疲労試験によるS-N曲線を示す。鍛造焼入れ材の疲労限度は、普通焼入れ材

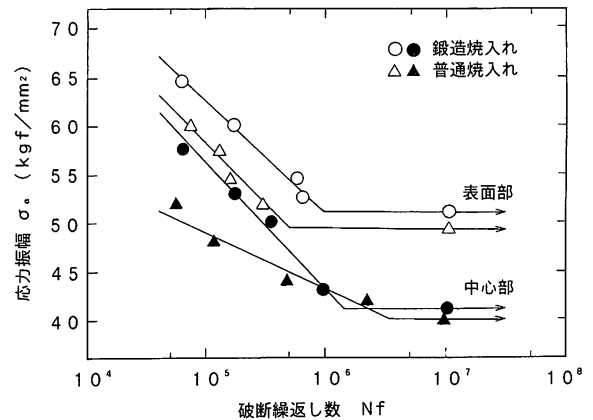


図9 供試材の回転曲げ疲労特性

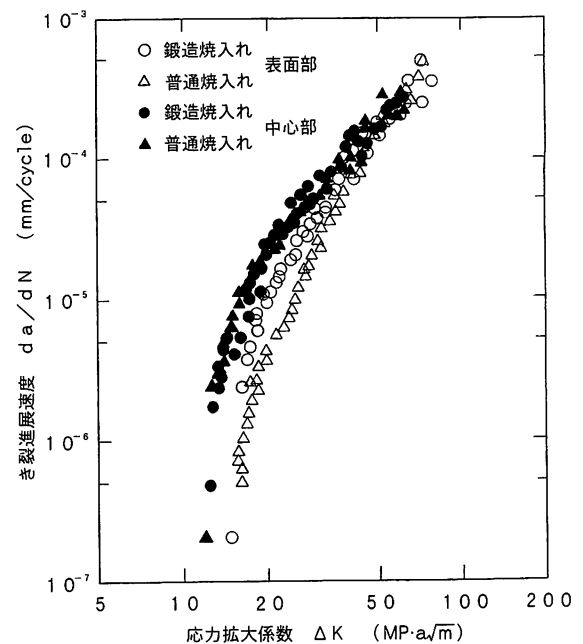


図10 供試材の疲労き裂進展特性

よりも1～2 kg/mm^2 高い程度で、その差は小さい。この値は、引張り強さにおける差が2～3 kg/mm^2 であることからして、妥当な結果である。しかし、両者ともに、中心部の疲労強度は表面部と比べて約10 kg/mm^2 低く、これは、引張り強さにおける低下よりも顕著である。疲労特性は引張り特性と比べて、組織構造の変化に対する感受性が大きいので、中心部にわずかに発生した不完全焼入れ成分としての拡散変態組織によって、疲労強度が低下したもの考えられる。

図10は、疲労き裂進展特性試験の結果を示す。中心部のき裂進展速度においては、鍛造焼入れ材と普通焼入れ材の差はほとんど認められず、き裂進展における応力拡大係数の下限界値も同様である。表面部は、中心部と比べてき裂進展速度が小

さいが、鍛造焼入れ材のき裂進展速度が、部分的に普通焼入れ材より大きくなっている。しかし、き裂進展における応力拡大係数の下限界はほぼ同等であり、実質的な疲労強度は、両者ほとんど同様であると考えられる。これらの傾向は、回転曲げ疲労試験で得られた結果にほぼ対応している。

以上の結果より、鍛造焼入れ材の疲労特性は、普通焼入れ材より優れていることが確認された。

4. 結 言

大型トラック用鍛鋼製ナックルの材料特性について、鍛造焼入れ品と普通焼入れ品から採取した試験片を用いて比較検討し、つぎの結果を得た。

- (1) 鍛造焼入れによって、焼入れ性が向上し、表面から内部への硬度低下傾向の減少、および全般的な硬度水準の増加が得られた。
- (2) 鍛造焼入れの焼戻し温度を、靱性確保の観点から、普通焼入れより60℃高く設定したにもかかわらず、引張り特性および疲労特性は、普通焼入れを上回る値を示した。

謝 辞

本実験は、理研鍛造（株）前橋工場の、設備新設計画に関連して行なわれたものである。供試材の提供および技術情報の交換、さらに奨学寄付金による研究費の支援を受けたことを付記し、同社のご厚意に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 前田，河野，遠藤：日本金属学会誌， vol.27 (1963) p.415
- 2) 塩谷，山田，樽谷：日本金属学会誌， vol.31 (1967) p.126
- 3) K.F. Starodybov, Yu. Z. Borokoveki, Yu, P. Gub : Metal Sci. Heat Treat., (1963) p.227
- 4) A. P. Gulyaev, A. S. Shigarev : Metal Sci. Heat Treat., (1963) p.187
- 5) 中村，浅村，山中：日本金属学会誌， vol.32 (1968) p.28

(平成10年11月30日受理)

