

福井工業大学 正会員 鈴木 博之

福井工業大学 学生会員○中崎 勝裕

福井工業大学

辻岡 静雄

川鉄建材工業株式会社

今井 克彦

1. はじめに 本実験では、M30以上の特殊ボルトの開発にあたって、ねじ加工法(切削、転造)の違いと熱処理の実施時期によって、ねじ部の形状および硬さがどの程度異なるのかを実験的に調査し、特殊ボルトの製造方法について考察する。

2. 実験方法 実験には、M30の特殊ボルト、細目ねじ(等級8g)を使用した。ボルトの材質はSCM435である。実験に用いた試験片は、切削によりねじを加工した後に熱処理したボルト(以後Bボルト)、転造によりねじを加工した後に熱処理したボルト(以後Dボルト)、熱処理した後に転造によりねじを加工したボルト(以後Eボルト)、熱処理した後に切削によりねじを加工したボルト(以後Fボルト)の計4種類である。なお、ボルトは計20本(4種類×5本)を使用した。これらの試験片について、ねじ底の谷の丸み(以後 r)とねじ谷の角度(以後 θ)の測定およびビッカース硬さ試験(荷重100g)を行った。測定位置は図1に示す不完全ねじ部2谷、完全ねじ部2谷、および、ひっかかり部2谷である。ビッカース硬さ試験の測定位置は、ボルトを軸方向に2等分した切断面である。なお、実験に用いた切削ボルトの r は0.5mm、転造ボルトの r は0.375mm、 θ は切削、転造ともに 60° である。切削ボルトの r は目標値であり、切削ボルトの θ 、転造ボルトの r 、 θ はJISに規定されている。 r 、 θ 、硬さの測定は23tの軸力導入前後に行った。

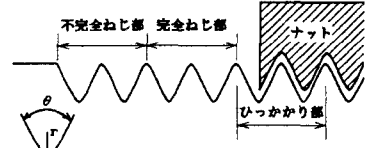


図1 測定位置

3. 実験結果および考察 1)ねじの形状の測定結果 切削、転造によるねじ加工後の r 、 θ の平均値を表1に示す。表1において、切削でねじ加工したB、Fボルトの r の平均値は0.5mmを下回り、 θ の平均値は 60° を上回っている。また、転造でねじ加工したD、Eボルトの r の平均値は0.375mmを上回り、 θ の平均値はほぼ 60° になっている。なお、Bボルト、Dボルトに熱処理を行ったところ、 r は小さくなり、 θ は大きくなった。

	r (mm)	θ (角度)
Bボルト	0.365	$61^\circ 27'$
Dボルト	0.442	$59^\circ 57'$
Eボルト	0.415	$59^\circ 57'$
Fボルト	0.392	$60^\circ 21'$

2)ビッカース硬さ試験の測定結果 ビッカース硬さ試験はねじ底から軸線に向かい測定した。

切削でねじ加工した後および熱処理した後のBボルトの硬さ分布を図2に示す。横軸はねじ底からの距離(mm)で、縦軸は硬さ(Hv)である。また、図中の●(第1谷)、○(第2谷)は不完全ねじ部、■(第3谷)、□(第4谷)は完全ねじ部、◆(第5谷)、◇(第6谷)はひっかかり部である。図より、切削でねじ加工した後の硬さは平均で約250であり、それを熱処理した後の硬さでは約320と一様に硬くなっていることがわかる。熱処理した後の硬さが一定であることから、熱処理に特に問題はなかったものと判断される。軸力を導入した後の硬さ分布を図3に示す。ねじ底から0.08mmの硬さを図2と比べると、第1谷、第2谷、第3谷が硬化している。

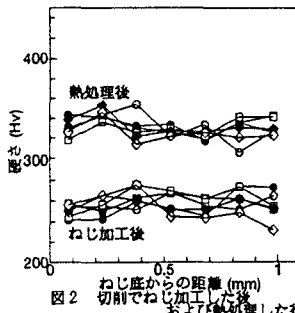


図2 切削でねじ加工した後の硬さ分布

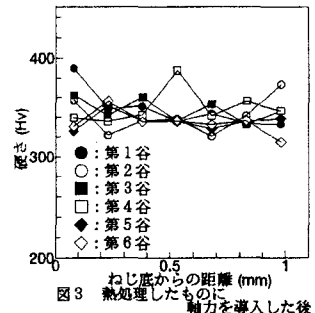


図3 熱処理したものへの軸力を導入した後の硬さ分布

転造でねじ加工した後および熱処理した

後のDボルトの硬さ分布を図4に示す。ねじ部を転造によって加工したために、ねじ底から0.08mmの硬さは平均で約320とねじ底から1mmの硬さに比べて硬くなっている。また、転造の影響は、ねじ底から0.4mmまで Hiroyuki SUZUKI Katsuhiko NAKAZAKI Sizuo TSUJIOKA Katsuhiko IMAI

であるように判断される。熱処理した結果、転造による塑性変形の影響が除かれ、硬さが平均で約250から約330と高くなり、硬さが一定になっていることがわかる。軸力を導入した後の硬さ分布を図5に示す。熱処理した後に軸力を導入した結果、ねじ底には硬さの変化はなく、軸力導入による影響は見られない。

素材を熱処理した後に転造によりねじを加工した後のEボルトの硬さ分布を図6に示す。熱処理によって硬化している上に転造によってねじ加工したことで、ねじ底から1mmにおいても硬さが約320と硬く、ねじ底から0.08mmの硬さは平均で約370と更に硬くなっている。軸力を導入した後の硬さ分布を図7に示す。ねじ底から0.08mmの硬さを図6と比べると、軸力導入によって測定したすべてのねじ部において硬化しており、ひっかりり部である第5谷、第6谷は約430と高い値になっている。

Fボルトのねじ底から0.08mmの硬さを軸力導入前後で比べるとところ第1谷、第5谷、第6谷が硬化していた。

軸力導入によるねじ形状の変化を表2に示す。表中の(小)は軸力導入によって r あるいは θ が小さくなったものを表し、(大)は軸力導入によって r あるいは θ が大きくなったものを表している。また、軸力導入による硬さの変化を表3に示す。表中の(硬化)は軸力導入によってねじ底が硬化したことを表している。

表3において、Bボルトの第1谷、第2谷、第3谷が硬化しているのは、熱処理によって r が小さくなったためにねじ部の応力集中が高くなり軸力導入によりねじ底が硬化したためであると推察される。

なお、ひっかりり部でも熱処理によって r が小さくなったが、ナットのかかり具合の影響があったものと考えられ硬化していない。

表2において、Dボルトの不完全ねじ部、ひっかりり部の θ が軸力導入によって大きくなっている。ねじ形状の変化の程度によっては、ねじ底に塑性変形を引き起こすが、表3に示すようにDボルトに硬さの変化は生じておらず、本実験においてはねじ底が硬化するほどの変形ではなかったものと考えられる。本研究の範囲において、硬さから判断すると塑性変形の程度が最も少なかったのは、Dボルトであると言える。

Eボルトで測定したすべてのねじ部において、軸力導入によって r は大きくなり、ねじ底は硬化している。また、Fボルトの不完全ねじ部、ひっかりり部においては r が大きくなり、第1、5、6谷が硬化している。Eボルト、Fボルトで r 、硬さの変化が顕著に現れたのは、今回の特殊ボルトの製造においては、六角柱の状態で熱処理を行っており、ねじ部、軸部を切り出した削り代分だけ強度が低下したためと推察される。

4. まとめ 1)本実験においては転造後熱処理したボルトが塑性変形の程度が最も少なかった。 2)定量的には示せなかったが、切削でねじ加工したボルトのねじ底には微細なバリが認められ、転造でねじ加工したボルトには観察されなかった。よって、特殊ボルトのねじ加工には転造の方が適していると言える。

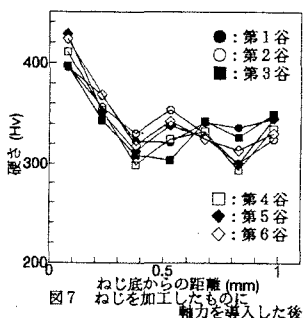
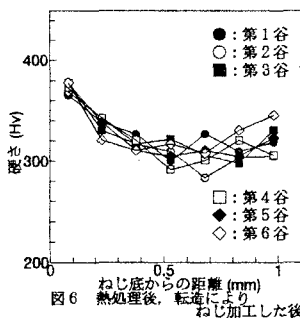
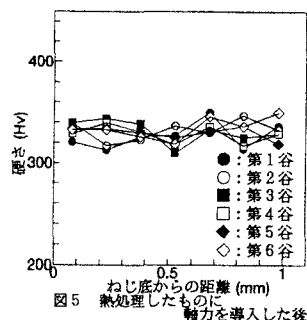
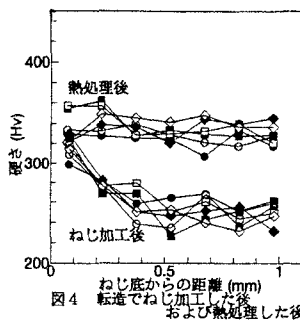


表2 軸力導入によるねじ形状の変化

	不完全ねじ部		完全ねじ部		ひっかりり部	
	r	θ	r	θ	r	θ
Bボルト	小	—	小	—	小	—
Dボルト	大	大	—	—	—	大
Eボルト	大	—	大	—	大	—
Fボルト	大	—	—	—	大	—

表3 軸力導入による硬さの変化

	不完全ねじ部		完全ねじ部		ひっかりり部	
	第1谷	第2谷	第3谷	第4谷	第5谷	第6谷
Bボルト	硬化	硬化	硬化	—	—	—
Dボルト	—	—	—	—	—	—
Eボルト	硬化	硬化	硬化	硬化	硬化	硬化
Fボルト	硬化	—	—	—	硬化	硬化