

# 高強度鋼材における摩擦圧接強度への合金成分の影響評価

Evaluation of Effect of Alloy Composition on Friction Welding Strength of High Strength Steel

生産システム工学専攻 2年 武藤 匠 指導教員 杉本 剛

## 背景・目的

- 過去の様々な研究により、摩擦圧接法における実験条件、材料組織観察、また強度が示されているが、浸炭材等高炭素鋼中空材での圧接方法について調査されていない。[1]
- 浸炭焼入材において、溶接のしづらさが課題である。[2], [3]
- 自動車のドライブシャフト等の高強度・軽量なシャフトを製作するには、中空材・高強度（高炭素）材の接合条件についての調査が必要不可欠である。
- 本研究では自動車のドライブシャフトを題材とし、浸炭した中空シャフトを摩擦圧接法で接合した上で、強度を調査し、顕微鏡による材料組織の観察、そして汎用旋盤での圧接実験の確立。

[1]森重修一,「摩擦圧接における圧接部の観察について」,宇部工業高等専門学校研究報告(34),1988,pp.87-95  
[2]倉名宗春,町本洋一,松山秀信,西野貴司,「S10C鋼, S45C鋼及び浸炭材のレーザー溶接時の低温・高温割れ発生機構中・高炭素鋼のレーザー溶接における割れの研究(第3報)」雑誌,号数,ページ  
[3]倉名宗春,町本洋一,松山秀信,西野貴司,「S10C鋼及び浸炭材のハイブリッド溶接 中・高炭素鋼のレーザー溶接における割れの研究(第4報)」

## 試験片の組織観察

### 浸炭焼入処理を行った試験片の材料組織



Fig. 6 マルテンサイト組織

Fig. 7 浸炭材

Fig. 8 残留オーステナイト組織

- 浸炭焼入処理を施したため炭素が添加されマルテンサイト組織となっている
- 外側は炭素量が多すぎたため残留オーステナイト組織となっている  
→急冷しきれしていない

## 実験内容

### 1. 試験片製作

使用材料：直径16 [mm] S45C  
(機械構造用炭素鋼)

- バンドソーを使用し材料を切断し、8 [mm] のドリルで穴を開け中空とする

### 2. 浸炭焼入処理

目的：母材に炭素を添加することによる表面の硬化、再加熱また急冷することで強度を高め、衝撃、曲げに強くする

- 塗料缶に細かく砕いた木炭と試験片を封入し、窒素ガスを注入した電気炉を930 [°C] まで加熱し6時間ほど待機し、取り出す
- 再度電気炉を830 [°C] まで加熱し20 [°C] の水中で急冷

### 3. 圧接実験

試験条件 主軸回転数：1800 [rpm]  
圧接時間：1 [min]

- 主軸回転部の材料にチャックアーバーに取り付けた材料を近づける
- 圧着部が赤く溶解する様子を確認し、1分程度保持し、主軸急停止後、センター台を押し付け、加圧し冷却されるまで保持

### 4. 引張試験

試験条件 試験力：最大250 [KN]  
試験速度：1 [mm/min]

- 万能試験機に試験片を取り付け、試験を行う

#### 実験手順



Fig. 1 中空穴あけ加工



Fig. 2 浸炭焼き入れされた試験片



Fig. 3 摩擦圧接工程



Fig. 4 摩擦圧接された試験片

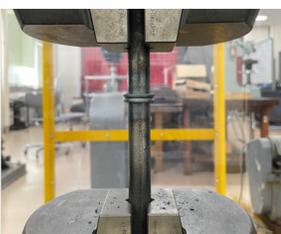


Fig. 5 万能試験機による引張試験

### 浸炭焼入処理を施さず摩擦圧接を行った試験片の材料組織

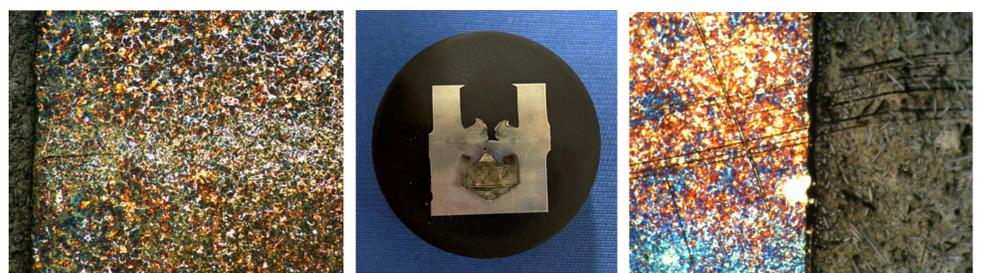


Fig. 9 圧界面境界付近で変化

Fig. 10 非浸炭材圧接断面

Fig. 11 ベイナイト組織

- 摩擦熱にて溶解後、ゆっくり冷却されたため、圧界面境界で層の変化がみられる
- 外周部において亀裂がみられなく確実に圧着されている

### 浸炭焼入処理を施し、摩擦圧接を行った試験片の材料組織



Fig. 12 フェライト組織

Fig. 13 浸炭材圧接断面

Fig. 14 圧界面付近組織

- 浸炭材を摩擦圧接することにより、フェライト組織に変化
- 圧界面に亀裂がみられる。  
→溶解しきれず、圧接が不十分

## 実験結果

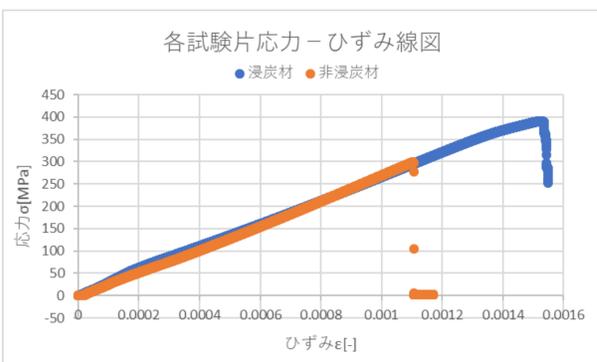


Fig. 15 各試験片応力-ひずみ線図

- 浸炭焼入処理を施した中空高強度鋼材また、処理を施していない中空材において同条件で圧接処理後、引張試験を行ったところ、浸炭焼入処理を施した試験片が処理を行っていない試験片と比較し、引張強度及びひずみの最大値(伸び)が上がっていることが確認できた
- 最大応力後に着目すると無処理の試験片に対し、浸炭焼入処理を施した試験片では最大応力点以降ですぐに破断せず接合したままになっており、持ちこたえている
- 溶接が難しいといわれる浸炭焼入材の溶接方法でも摩擦圧接により高強度・高伸びを示す接合部が得られることが解明できた
- 材料組織がマルテンサイト組織に変化していること、圧接部周辺では非浸炭材に比較してなだらかな組織・硬さ変化を持つ再加熱徐冷組織を確認できたため、上記の高強度・高伸びの結果は妥当なものと言える

## 今後の展望

浸炭焼入処理を施した高強度摩擦圧接部材において、圧縮試験、硬さ試験、衝撃試験、低温試験など様々な試験項目によりさらなるデータが得られ、そのデータにより、溶接が困難な浸炭焼入材の新たな手法である摩擦圧接法のメリットが確立されるであろう。旭川高専では昨年「学生フォーミュラ」に力を入れている。本研究はその車両に使用される高強度ドライブシャフト製作するための第一歩である。そしてこの後の研究で車両に使用される素晴らしいシャフトを開発されることを期待したい。



Fig. 16 旭川高専学生フォーミュラチーム