

炭素鋼の引張り試験

1 目的

機械構造用炭素鋼 S45C（炭素 0.45%含有の）を対象として、引張試験を行う。これにより、鉄鋼材料の熱処理と組織の関係および材利用の強度について学ぶことを目的とする。

加えて、機械加工、強度試験の方法を学習する。

2 内容

以下の 3 項目の内容を本実習では行う。

1. 試験片の製作（3 本）
2. 試験片製作と熱処理
3. 引張り試験

なお、動力を使う実習（旋盤、ボール盤）なので、教官、技官の指示に従い、服装、安全には十分注意をする。また、熱処理においては、アセチレン溶接バーナー、焼き入れ油などを使用するので、火傷、火災などに注意すること。

3 引張り試験片の製作

本実習で作成する引張試験片の製作図を図 1 に示す。

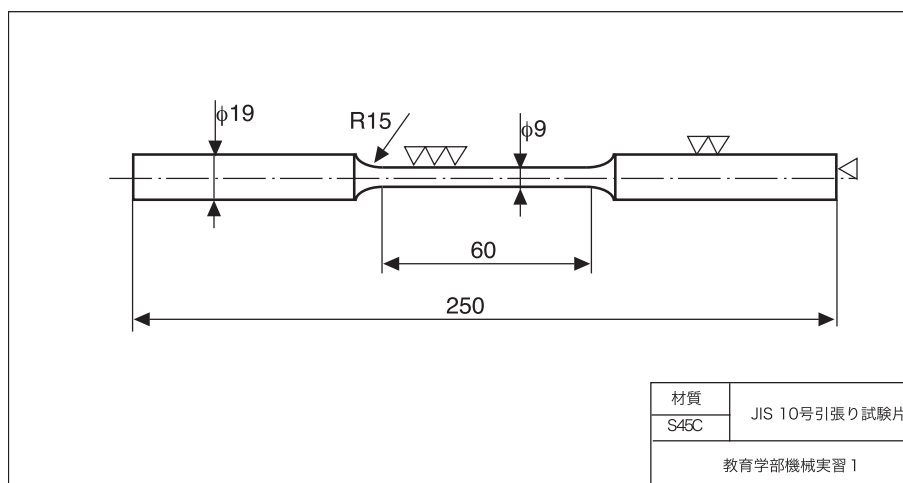


図 1: JIS10 号引張り試験片

3.1 端面の加工

ライブセンターでセンターを押さえるための穴加工が必要。そのためには端面が平面かつ直角にする必要がある。まず、端面を横送りで削り出す。

1. チャックをしっかりしめる。
2. **チャックハンドルは必ずはずれていることを確認**。旋盤の起動によりハンドルが周囲の人に当たると危険。
3. 120rpm くらいで回転をさせ、ワークの偏心がないか確認。
4. **操作は全て作業者のみで行う**。(知らないうちに他人がスイッチを入れることは最も危険な行為。)
5. 作業時は、ハンドルから手を離さないこと。
6. 回転数、送り、バイトの切れ味、冷却油、切りくずの様子を常に良好に保つこと。

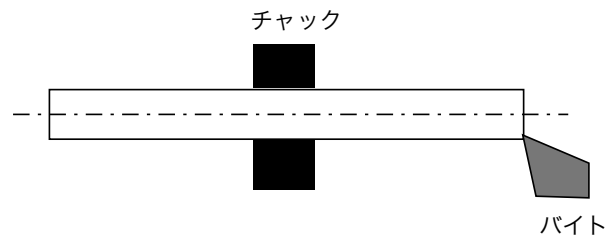


図 2: 端面の加工

3.2 センター穴加工

切削油をかけながら 600rpm 程度で穴加工を行う。

1. ドリルの送りを十分注意する。
2. ドリルの送りが速いと先が折れる。
3. ドリルの送りが遅いとドリルがこすれて相手材が加工硬化して切削困難になる。
4. ドリルがおれるとドリル先端が刺さり、端面加工が不可能になる。

3.3 荒削り

切削量の多い加工部分は、効率よく切削し作業時間を短くしないと時間のロスをまねく。

1. 600rpm を中心に速い回転速度で、理想的な送り、切り込みを探す。
2. バイトの摩耗、ひびりなどに注意する。
3. バイトをチャックに激突、逆転などさせないように、送りレバー、起動レバーの誤操作に注意。

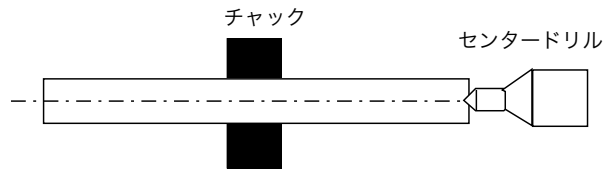


図 3: センタードリルでライブセンターの穴加工

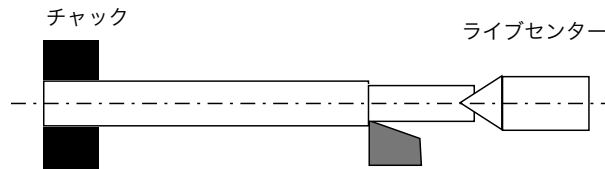


図 4: 引張り試験用のつかみを削り出す

3.4 平行部の加工

仕上げバイト，R バイトは刃先の加工面が多いので，抵抗が大きくなり，相当な負担がバイトにかかる．そのため，回転速度は最も遅くする．

1. 仕上げ，R バイトはホイルのような切りくずが連続して来るようにすること．
2. 左側の R 部は逆回転させ，刃物も裏返して加工．(つかみ変えると中心が狂い，引張試験片としては不適)
3. この平行部に傷があるものも強度低下の原因となり，正確な引張り強さが得られない．引張試験片としては不適．

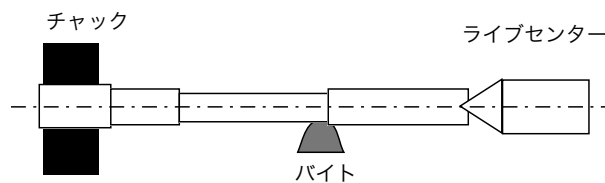


図 5: 平行部の加工

3.5 最終仕上げ

つかみ替えて，最終の荒削りをする．偏心のないようにつかむことに注意する．

4 試験片の熱処理

3 本の試験片について，焼鈍，焼入れ，焼戻しの 3 種類の熱処理を行う．

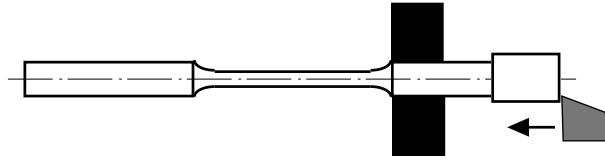


図 6: 持ち替えて削り出し

4.1 亜共析鋼の状態図

亜共析鋼の状態図を図 7 に示す。

4.1.1 焼鈍 (annealing)

0.45% C の材料を γ -Fe (オーステナイト) 状態に加熱する。そこから徐冷すると γ -Fe 母相に α -Fe (フェライト) が析出してくる。これを初析フェライトと呼ぶ (図 8 を参照)。

さらに温度が下がると共析変態に達して、初析フェライト以外の相では、フェライトとセメンタイト (Fe_3C) が層状に形成される。この組織をパーライトという (図 8 を参照)。

このように鋼という固体の中で温度状態により、結晶系、結晶の形状がダイナミックに変化していることを認識することが大切である。このように結晶状態が変化して、金属の物性が大きく変化する現象を変態 (transformation) という。合金として利用される金属材料は、温度を利用して性質、組織を変化させて利用する。この方法を熱処理といい、材料の製造では重要な役割を果たしている。

4.1.2 焼入れ (quenching)

オーステナイト 1 相の状態に加熱して、そこから急冷すると焼鈍組織とは異なるマルテンサイト組織が形成される。オーステナイトは面心立方格子 (f.c.c.) であり、フェライトは体心立方格子 (b.c.c.) の結晶系をもつ。高温状態のオーステナイトの結晶は、炭素が固溶した状態になっている。この状態で急冷されると固溶した炭素の原子が、フェライト組織に変化する障害となり、体心立方格子に戻れない。これは、固溶した炭素原子が急激に固体の中を拡散・移動できないために起こる。

その結果、図 9 に示すマルテンサイト組織となる。マルテンサイト組織は、ひずみが大きく転移の移動が阻止されるので、非常に硬い組織となる。鋼を焼入れ処理する目的は、マルテンサイト組織を得ることにある。しかし、硬い反面脆くなる問題もあり、じん性を要求される場合は、後で述べる焼き戻しをしなければならない。マルテンサイトの結晶構造は正方晶である。炭素含有量が増えると、 c/a の比が大きくなる。ただし、炭素量が共析を過ぎるに従い全てがマルテンサイトに変態せず、マルテンサイトの変態温度が低くなり、残留オーステナイトとして残るようになる。

問題

1. 低炭素の針金を焼入れ処理すると硬くなるか。
2. S45C を焼き入れする温度は何度にすればよいか。
3. 高炭素になるに従いマルテンサイト変態温度が低くなり、鋼の残留オーステナイトが増える。この残留オーステナイトをマルテンサイト組織に変態させるにはどうすればよいか。

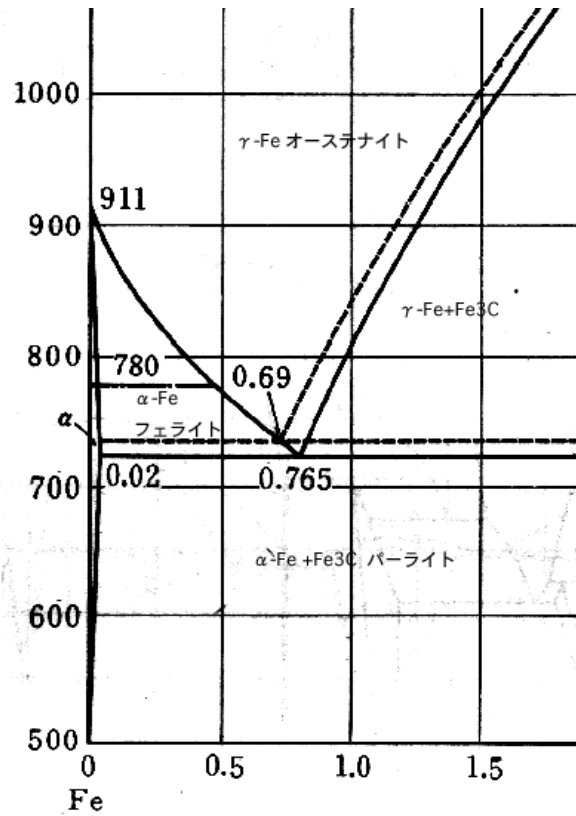
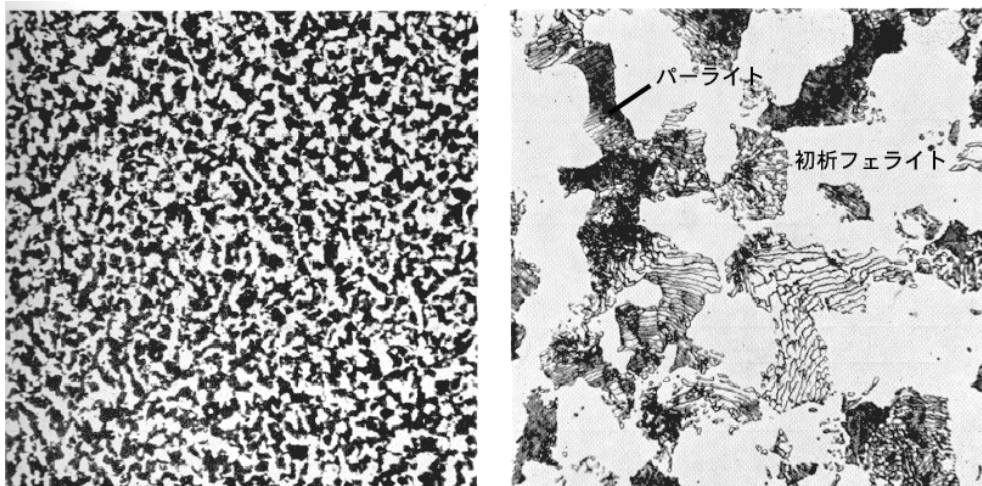


図 7: 亜共析鋼の状態図



(a) 焼鈍組織

(b) 拡大写真

拡大写真を見るとパーライト組織はフェライトとセメンタイトの層状組織であることがわかる。

図 8: 亜共析鋼の焼鈍組織

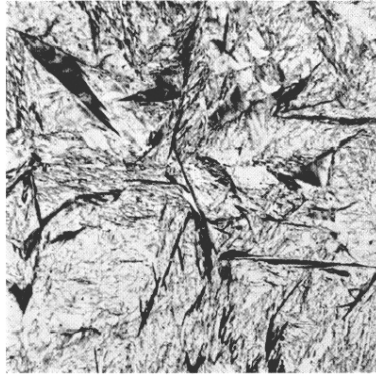


図 9: 焼入れによるマルテンサイト組織

4.1.3 焼戻し (tempering)

焼入れした金属を再加熱することを焼戻しという。100°C~150°Cの焼戻しは、マルテンサイトに固溶している炭素が析出する過程である。220°C~250°Cの焼戻しは、残留オーステナイトの分解によるものである。300°C付近からの焼戻しは、マルテンサイトから析出した炭化物が Fe_3C に変化し、セメントライトが再結晶する過程である。

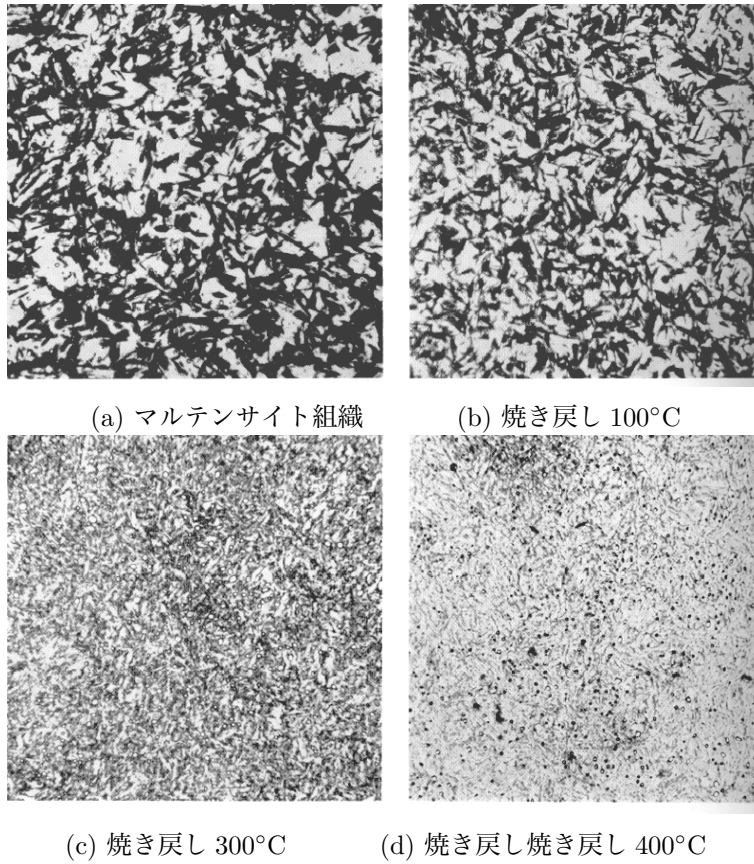


図 10: 焼き戻し組織