

(2) 熱処理における形状変形の子測

機械部 江 藤 博 明

要 旨

高合金鋼を熱処理で高機能化すると、形状変形を起こす。金型や治工具等の製作上大きな障害となるこの変形に一定の方向性があることに着目し、次のように究明した。

長方形の型にφ60の空孔を設け、1:1、2:1、3:1、9:1と孔の位置を移動して、熱処理すると、何れの場合も長手方向に膨張、縦方向に収縮する。孔は楕円形となる。

変形比率は2:1の場合、母材に比して孔は1/2、薄肉部の反転現象も1/2、孔の無い型から1/2のように2・1変形となる。3:1では、2/3の変形比率となる。円柱形では球形化する。

熱処理による形状変形は、変態に伴うもので不可避であると言われていたが、一定の規則性を有していることを見いだした。

1 はじめに

精密金型等に使用される合金鋼を熱処理して、高機能化(高耐摩耗性)すると、形状変形が起こる。

これまでの研究で、長方形の金型では、同量の変形比率で、長手方向に膨張、縦方向に収縮する。孔があれば、楕円形となる。円柱型では、直径が膨張、長さが収縮して球形化する。形状変形に一定の方向性があることを究明した。

この成果を基に、孔の位置を移動して変形の推移を追求した。

2 実験方法

図1のように、1:1、2:1、3:1の比率で孔の位置を移動して、形状変形を追求した。図2は本実験での試験片の形状寸法と測定位置である。

図3は、凸凹型一対の試験片である。

熱処理における昇温及び冷却(ガス冷)は真空中で行った。真空度は550℃以下の温度範囲では、0.01Torr、赤熱化する550℃以上では1Torrに真調整して処理した。

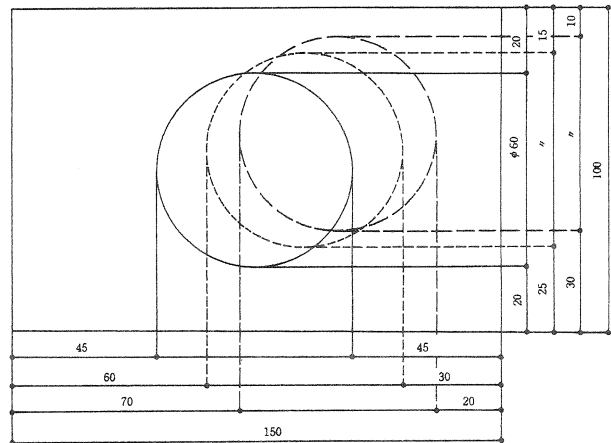


図1 孔の位置(母材部の対比1:1、2:1、3:1)の軌跡による形状変形の追求

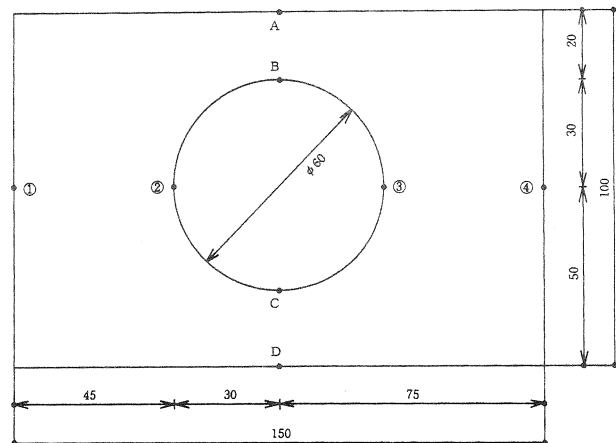


図2 形状寸法と測定位置の一例(1:1試験片)

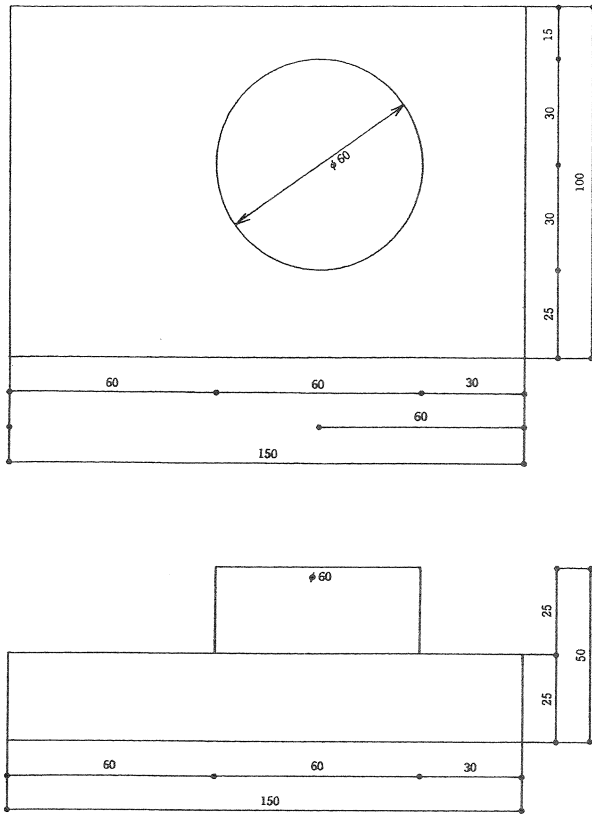


図 3 凹凸一对試験(2:1試験片)

3 実験結果及び考察

金型に利用される代表的な高合金鋼であるSKD11鋼を、150×100mmの長方形試験片にφ60の孔を一定比率で図のように穿って、熱処理による形状変形の推移を追求した。板厚はJISの熱処理基準である25mmに統一した。

3-1) 形状変形比率が型全体に影響し、規則的な形状・数値となるケースを想定

金型に起こる形状変形は、円柱型では直径が膨張、長さが縮小する「ずんぐりむっくり」の球形変形となる。その変形比率は次式のようにになる。

$$(D-D')/D \cdot 100 + (L-L')/L \cdot 100 = \text{球形化率}$$

高合金鋼では、収縮型球形化で絶対値で0.12%Maxとなる。

角形(長方形縦横2:3、2:1の位置孔有り)のものでは、同量の変形比率(39μm/100mm)で、長手方向に膨張、縦方向に収縮する。孔の変形比率は母材部の1/2、同傾向の変形方向を示す。必然的に円孔は楕円

形となる。

図4のAB間のような薄肉部(先に冷えて縮み、後で全体が冷えてくると引っ張られる反転現象)があると肉厚部CD間の1/2の変形比率となる。

空孔の影響が型全体に及び、かつ、比率が規則的な数値を示す位置を想定し、2:1形状を設定した。その結果として起きた形状変形比率は、1/2となる。これを2・1変形と名付け、この2・1変形をベースとして実験を進めた。

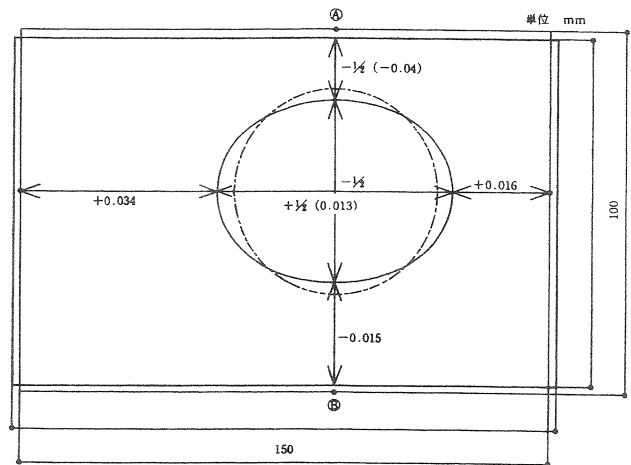


図 4 2:1型試験片の形状変形の例
(点線○→実線・楕円形、細線→太線)

3-2) 変形比率が型全体へ影響を及ぼさないよう空孔を隅位置へ設置

① 3:1の位置に円孔を設置した同形の型

同量の変形比率(50μm/100mm)で長手方向に膨張、縦方向に収縮する。孔も同量の変形比率で楕円形となる。図5のようにAB間ではなく③④間に反転現象が起り、2/3の変形比率となる。AB間は逆に③④間に引っ張られ絶対量が小さいので影響がなくなる。母材部の変形比率も2/3に近似値となる。これを3・2変形と仮に名付ける。これを基に次ぎのステップとして二乗倍の型で追求する。

② 9:1の位置に円孔を設置した隅孔の型

長さ100mm・幅25mm・厚さ10mmの細長い試験片に隅にセンターが10mmの位置に10mmの孔、図6のような隅1割の極端なケースを設置すると、孔の影響は全く無くなり、母材も孔も同傾向同比率(90μm/100mm)で収縮する。炭化物による収縮型の変形。高合金鋼の典型的なパターンとなる。

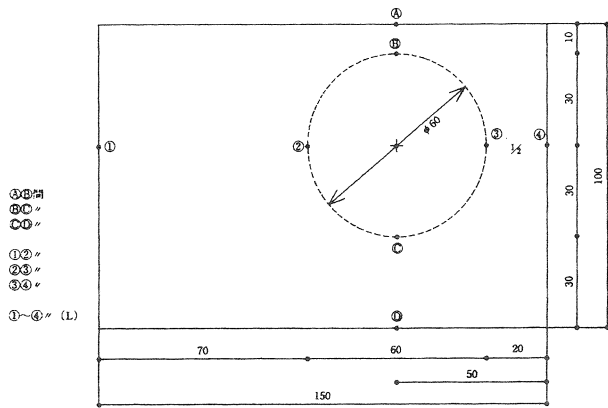


図5 3:1型試験片の測定位置(③④が1/2)

正方形試験片は、パターンが一定しないで何れかの方向に、同比率 ($35 \mu\text{m}/100\text{mm}$) で膨張し、逆に収縮する。変形分だけ長方形になる。プレス等の型としては、固定枠を長方形にして、変形方向を確認して加工する必要がある。

4 おわりに

高合金鋼を熱処理で高機能化すれば、形状変形は変態に伴うもので不可避であると云われているが、本結果を利用すれば、高機能化後に目的の寸法に限りなく近づけることが可能である。

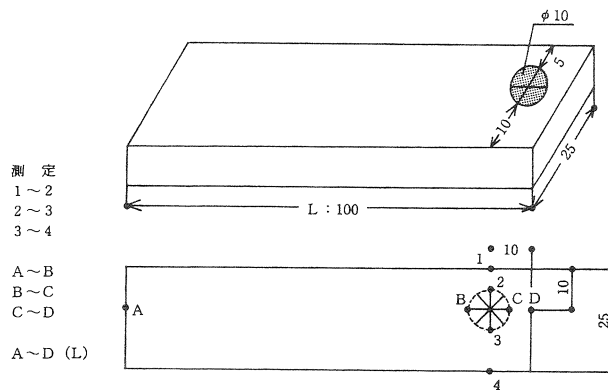


図6 型全体に影響を及ぼさない隅孔試験片の例

本実験に使用した真空熱処理炉及び三次元形状測定機は日本自転車振興会から、競輪収益の一部である。機械工業振興資金の補助を受けて設置したものである。

3-3) 左右対称で形状変形が小さいと想定される中央孔を設定

母材部も孔も同比率 ($50 \mu\text{m}/100\text{mm}$) で変形する。加熱・冷却が均一になる熱処理における理想型で、形状変形の絶対値は小さくなる。

変形の方法は、長手方向に膨張、縦方向に収縮、孔は楕円形となる。2・1、3・2変形等の基本となる。空孔で変態応力が緩和される分、3-4) の孔無しの場合よりも変形はさらに小さくなる。

3-4) 母材部の変形のみで数値的には、大きいと想定される長方形・正方形孔無し型を設定

同比率で長手方向に膨張 ($69 \mu\text{m}/100\text{mm}$)、縦方向に収縮 ($70 \mu\text{m}/100\text{mm}$) する。その変形比率は2・1試験片の母材部と同比率で変形する。母材部の1/2の変形比率の孔が無い分、変形比率は大きくなる。

この形状変形は、数値的に明確で事前加工代で高い精度で是正することが可能である。