

JIS Z2254:2021に準拠した r 値の測定 (参考規格 ISO 10113:2020)

藤田 祐輝

ユーザーベネフィット

- ◆ 精密な r 値を測定することでシミュレーションの精度向上に貢献することができます。
- ◆ JIS Z2254:2021に準拠した r 値の測定が可能です。
- ◆ r 値測定装置を使用することで、引張強さなど他の力学的特性が測定可能な試験方法3を選択することができます。

■はじめに

自動車などの輸送機器産業では、燃費改善の一策として高張力鋼材などの薄い材料を用いた車体設計が注目されています。しかし、高張力鋼材はプレス成形後の形状不良が起きやすく、プレス金型の製作時に、多大な時間とコストを要するという課題がありました。近年、CAE (Computer Aided Engineering) 解析技術の進歩やPCの計算速度の向上により、高張力鋼材の高精度なプレス成形のシミュレーションが行えるようになりました。これによりプレス成形品の理想形状を予測することができ、プレス金型の開発時間の短縮と大幅なコスト低減が達成できます。

高精度なプレス成形シミュレーションを実現するためには、板金のプレス成形性を表す指標の一つであるランクフォード値 (r 値) を正確に与える必要があります。 r 値は材料の厚み方向の伸びやすさを定量的に表す指標であり、プレス成形性に大きく寄与する材料の絞り性に大きく関与します。2021年JIS Z2254が改定され新たに3種類の r 値測定方法 (試験方法1、2、3) が規格化されました。このうち、試験方法1は伸び計・幅計を使わない方法、試験方法2は伸び計のみを使用する方法であり、 r 値測定のために特定の塑性ひずみを与えた後に、クロスヘッドホルドまたは試験力解放をする必要があります。一方、試験方法3では伸び計・幅計を使用する方法であり、JIS Z2241に準拠した標準的な金属引張試験終了後に、任意の塑性ひずみに対して r 値を算出することが可能です (補足参照)。したがって、他の引張特性値 (引張強さ等) を併せて求める際に非常に有効です。

本稿では、精密試験機オートグラフAGX-V2および r 値測定装置を使用し、新たな規格の試験方法3に準拠した r 値評価を実施した事例を紹介します。

■測定システム

表1に試験構成を示します。今回の測定では、島津精密万能試験機AGX-V2および r 値測定装置を使用しました。

表2に試験片情報を示します。試験片形状は、特に既定のない限りJIS Z2241の5号、13A号、13B号が推奨されています。また最大試験力以前に僅かな局所的ネッキングを示す材料の場合、平行部長さは原幅の6倍以上とすることが求められています。

試験条件と試験の様子を、表3および図1に示します。本試験の速度は標準的な金属引張試験の規格であるJIS Z2241: 応力増加速度に基づいた試験方法に準拠しています。圧延方向に対して異なる角度で採取した3種類の試験片 (0°、45°、90°) について、それぞれ5本ずつ試験を行いました。

表1 装置構成

精密万能試験機	: AGX-100kNV2
ロードセル容量	: 100 kN
つかみ具	: 100 kN 手動式定位置くさび形つかみ具
伸び・幅計	: r 値測定装置 (DT-50-50-25、SW-4)
ソフトウェア	: TRAPEZIUM™X-V

表2 試験片情報

形状	: JIS Z2241:5号試験片
平行部寸法	: 長さ 120 mm × 幅 25 mm × 厚さ 1 mm
材質	: SUS304CP
圧延方向に対する角度	: 0°、45°、90°

表3 試験条件

試験速度	: 【V1】 10 MPa/sec (V2超過でV1→V2) 【V2】 5 %/min (伸び計ひずみ1 %でV2→V3) 【V3】 40 %/min
標点距離	: 50 mm
つかみ具間距離	: 260 mm
試験数	: n=5

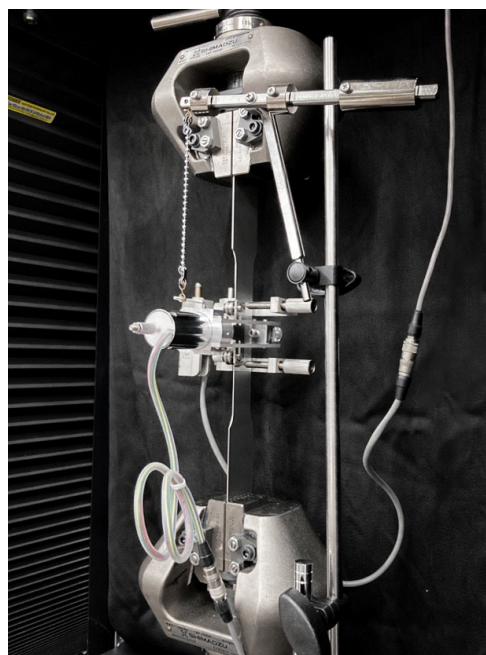


図1 試験の様子

■ 試験結果

本試験で得られた応力-ひずみ線図の一例を図2に示します。r値を計算するために30%のひずみを与えた後、伸び計および幅計を取り外し、破断まで引張試験を行いました。表4に試験結果の平均および標準偏差を示します。これらの値は、引張試験終了後に専用ソフトウェアTRAPEZIUMX-V上で自動的に算出されます。

20% r値に着目すると、圧延方向に対する試験片の角度に対して異方性を示していることが分かります。平均塑性ひずみ比は0.961となりました（補足参照）。

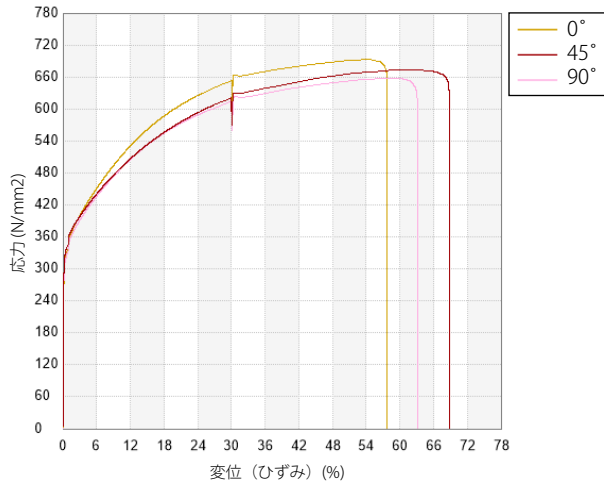


図2 応力-ひずみ線図

表4 試験結果の平均と標準偏差 (n=5)

	20% r値*	0.2% 耐力 [MPa]	引張強さ [MPa]
0°	0.859 ±0.012	317 ±2.6	696 ±2.9
45°	1.08 ±0.011	311 ±1.4	654 ±2.8
90°	0.827 ±0.0079	326 ±0.93	674 ±2.3

※ 20% r値は塑性ひずみ20%時点で作られたr値を指します。
 ※ JIS Z2254:2021では、r値は小数点以下第1位に丸めることが規定されていますが、本稿では参考のために有効数字3桁で提示しています。

■ まとめ

島津精密万能試験機AGX-V2およびr値測定装置を使用することで、JIS Z2254:2021に準拠したr値の測定を行えます。本稿では伸び計および幅計を用いる試験方法3の測定例を紹介しました。専用ソフトウェアTRAPEZIUMX-Vは新たなr値算出方法に対応しており、「単一点による方法」または「回帰による方法」（補足参照）を適用したr値や、他の標準的な引張特性値を測定後に自動的に得ることができます。さらに平均値や標準偏差などの統計値を算出することができます。

本稿では紹介していませんが、より簡易的にr値を算出する試験方法1および2も、上述の装置およびソフトウェアを用いて行うことができます。

■ 補足・r値の測定方法

r値は、試験片に単軸引張応力を負荷することによって生じた、試験片の板厚方向真塑性ひずみに対する幅方向真塑性ひずみの比で表されます。厚方向のひずみを精確に測定することは困難なため、式(1)に示すように体積一定条件を用いて幅方向の真塑性ひずみ ($\epsilon_{p,b}$) と引張方向の真塑性ひずみ ($\epsilon_{p,L}$) から算出します。

$$r = -\frac{\epsilon_{p,b}}{\epsilon_{p,b} + \epsilon_{p,L}} \dots\dots\dots (1)$$

JIS Z2254:2021では、伸び計の有無により以下の3種類のr値測定方法が規格化されています。なお特に指定のない限り、付加する引張方向の塑性ひずみ量は10~20%です（ただし最大試験力時の塑性ひずみより小さい）。

- ・試験方法1 [伸び計を使用しない方法]
- ・試験方法2 [伸び計だけを使用する方法]
- ・試験方法3 [幅計および伸び計を使用する方法]

試験方法1は伸び計・幅計を使用しないため、 $\epsilon_{p,b}$ または $\epsilon_{p,L}$ を得るために特定の塑性ひずみを与えた後試験力を解放する必要があります。また試験方法2は幅計を使用しないため、 $\epsilon_{p,b}$ を得るために特定の塑性ひずみを与えた後試験力を解放またはクロスヘッドをホールドする必要があります。一方で試験方法3は伸び計・幅計を使用するため、弾性域の変形量を補正することができ、試験力を解放せずに $\epsilon_{p,b}$ および $\epsilon_{p,L}$ を得ることができます。したがって試験方法3は、他の引張試験特性（最大試験力など）を求めするための標準的な引張試験方法と併せて使用できるという利点があります。

試験方法3は2種類のr値算出方法が用意されています。1つ目は、式(1)を用いてすべてのデータ列（力、伸び計伸びおよび幅計の減衰値）に対してr値を算出する方法です。これは「単一点による方法」と呼ばれており、本稿の測定結果算出の際に使用しています。

一方で、塑性領域で不連続的な変形を示す材料（例えば、Portevin-Le Chatelier効果を示す材料）に対しては、評価範囲全体の $\epsilon_{p,b}$ vs $\epsilon_{p,L}$ に対し直線回帰を適用し、r値の平均を算出する方法が有効です。これは「回帰による方法」と呼ばれています。この算出方法が適用可能という点が試験方法3のもう1つの利点です。

圧延方向に対する試験片を採取した方向によって、r値が変化する場合があります。試験片を板面の圧延方向に対して平行、45°および90°の各方向から採取し加重平均をとることで、平均塑性ひずみ比 (\bar{r}) を得ることができます（式(2)）。

$$\bar{r} = \frac{r_0 + 2r_{45} + r_{90}}{4} \dots\dots\dots (2)$$

rの添え字は圧延方向に対する試験片の角度を示します。

オートグラフ、AGX、TRAPEZIUMは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

＞ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



＞ オートグラフ AGX-
V2 シリーズ
精密万能試験機

関連分野

＞ 工業材料・マテリアル

＞ 金属材料

＞ 自動車

＞ 実測定とシミュレーションのV&V

＞ 価格お問い合わせ

＞ 製品お問い合わせ

＞ 技術お問い合わせ

＞ その他お問い合わせ