

(235) 熱間押抜き加工における変形と押抜応力

日本鋼管㈱技術研究所 日下部 俊 上野 康
平沢 猛志 ○藤田米章

(I) はじめに 熱間押抜き加工法(エルハルト・ブッシュベンチ法)についての力学的挙動を検討したものは少ない。そこで、Normal-pushingと Sinking のそれぞれについて、材料の流れ、応力分布、押抜荷重を、プラスチックにより検討した。あわせて、理論的な解析も行ってみた。

(II) プラスチックによるモデル実験

1) 実験装置及び条件 実験に用いたプラスチックモデル鋼塊は、16角形、 $98^\circ \times 96^\circ \times 120\text{mm}^h$ のもので、穿孔プレスにより、 $100^\circ \times 50^\circ \times 160\text{mm}^h$ のUカップとし、これを押抜プレスにかけた。押抜基準速度は、 $18\text{mm}/\text{sec}$ とし、工具寸法は、ダイス径 $95\sim 40\text{mm}$ 、マンドレル径 $50\sim 18\text{mm}$ 、ダイス面角 $75^\circ\sim 25^\circ$ と変化させた。また潤滑は、炭酸カルシウム粉末等を用いた。なお、実験は、 18°C (変形抵抗 $\dots 1.8\text{kg}/\text{cm}^2$)で行った。

2) 実験結果 材料の流れ…写真1に、押抜中止時の変形の流れの例を示す。このように、外表面層の剪断変形が明らかで、一様な剪断を受けていないことがわかる。しかし、ダイス面角および摩擦係数が小さい場合は、表面剪断変形が軽減される。押抜時応力分布…図2にその一例を示す。応力のピークでは、Normal-pushingの場合、 $|\sigma_1| > |\sigma_\theta|$ 、Sinkingでは、 $|\sigma_\theta| > |\sigma_1|$ であるが、厚肉管($t/D \geq 25\%$)になると、Normal-pushingは、Sinkingに近い応力状態となる。押抜応力…図3に、その一例を示す。同一減面率においては、押抜応力は、ダイス面角、摩擦係数の影響を受ける。最適ダイス面角は、Normal-pushingよりSinkingの方がやや小さい傾向がある。

(III) 解析的検討 材料の加工硬化の影響も含めて、初等解析法を用いて、解析してみた。その結果、加工時の応力分布等の傾向は、ほぼ実験結果と一致する解が得られた。しかしこの解析法においては、平均的な剪断を、ダイス入口およびダイス出口において仮定しており、特にSinkingにおいて、Normal-pushingの2倍の剪断を仮定している為に、押抜力を過大評価しているようである。このことは実際には、写真1に示すように、剪断変形は表層付近にしか生じていないことから推測できる。現在この点を改善すべく検討中であり将来、数値計算の手法を、加工限界の予測に使いたい。

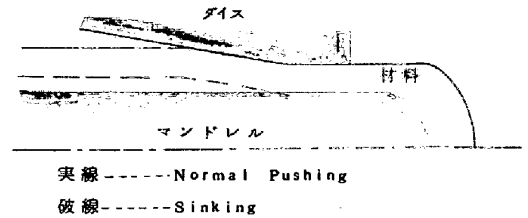


図1 押抜法

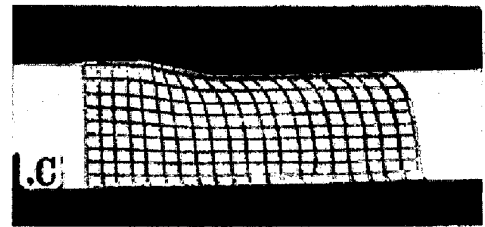


写真1 Normal pushingの変形状態

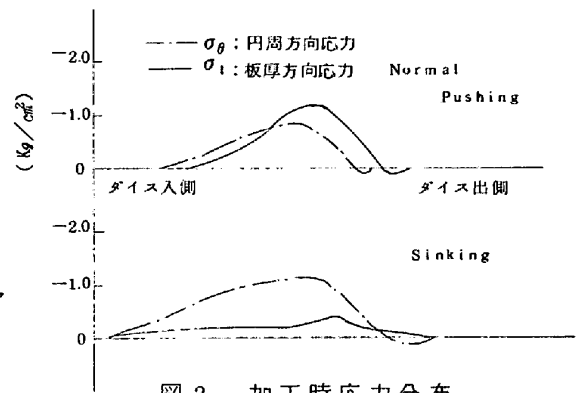


図2 加工時応力分布

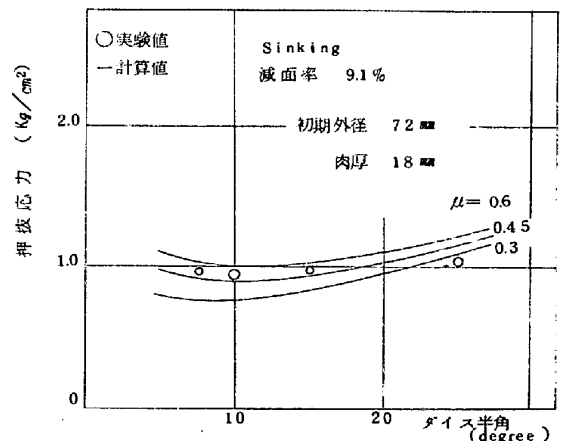


図3 押抜応力の計算値と実験値