

技術資料

フェライト系ステンレス鋼板の加工性向上方法

須 釜 淳 史* 船 元 健 太* 三 浦 教 昌* 大 塚 雅 人** 森 川 茂***

Method for Formability Improvement of Ferritic Stainless Steel Sheet

Atsushi Sugama, Kenta Funamoto, Norimasa Miura, Masato Otsuka, Shigeru Morikawa

Synopsis :

At present, the market prices of austenitic stainless steel sheets (γ -SUS) are rising, which is caused by the soaring nickel price. Thus the customer needs for ferritic stainless steel sheets (α -SUS) as substitution is increasing because of lower in price than γ -SUS. On undertaking the substitution of α -SUS for γ -SUS, it is important to examine not only its corrosion resistance but also its formability. This reports on that its formability of α -SUS (NSS430M2, NSS442M3) has been examined in comparing with γ -SUS (SUS304), and that methods for improving its formability of NSS442M3 have also been examined. The results obtained from the examinations are as follows :

- (1) In the process of deep drawing, NSS430M2 and NSS442M3 have the formability on the equivalent or higher level to that of SUS304. Thus, the substitution of NSS430M2 and NSS442M3 is supposed to be possible under the processing condition close to the current condition of SUS304.
- (2) In the mixed process of deep drawing and stretch forming, it has been admitted that the formability of NSS442M3 has improved by the equivalent and higher level to that of SUS304 due to being given W-coat.
- (3) As a result of examining the optimization of die shape using NSS442M3 with W-coat, in the process of forming, the formability has improved.

1. 緒 言

現在、Ni価格高騰の影響から、オーステナイト系ステンレス鋼（以下、 γ 系SUSと記す）の価格は著しく上昇している。そのため市場では、 γ 系SUSから廉価なフェライト系ステンレス鋼（以下、 α 系SUSと記す）への代替ニーズが増加している。

当社は、顧客の耐食性のニーズに応じて多くの α 系SUS鋼種を有しているが、 γ 系SUSから α 系SUSへの切替においては、耐食性だけでなく、切替によって生じる加工不良を回避するため、加工性を検討することが重要である。現在、 γ 系SUSから α 系SUSへの代替ニーズにおける加工形態は、絞り加工や張出し加工が多い。

絞り加工は、フランジ部の材料流入をともなう加工

形態であり、塑性歪み比（以下、 r 値と記す）が大きい材料ほど絞り抜くことができる最大の絞り比（以下、限界絞り比と記す）および最大の加工高さ（以下、限界加工高さ）は高くなる¹⁾。張出し加工は、フランジ部の材料流入をともなわない加工形態であり、材料の全伸びや加工硬化指数（以下、 n 値と記す）が大きいほど、割れの発生する限界加工高さは高くなる²⁾。限界絞り比を超える絞り加工では、絞り比が大きくなるほどフランジ部の変形抵抗が大きくなるため材料が引き込まれ難くなり、割れの発生する限界加工高さは低くなる。

一般的に限界絞り比を超える絞り加工や張出し加工においては、 α 系SUSは γ 系SUSよりも全伸びおよび n 値が低いいため、割れが発生する限界加工高さは低くなる。

そのため、 γ 系SUSが使用されている部品に α 系SUSを適用すると、部品の加工が α 系SUSの限界絞り比を超

*加工技術研究部加工第三研究チーム

**加工技術研究部加工第三研究チーム 主任研究員

***加工技術研究部加工第三研究チーム チームリーダー

える場合、部品の設計高さによっては割れが生じるため、α系SUSの加工性向上を目的として、限界絞り比を向上させる方策や割れ危険部に集中する歪みを緩和させる方策が必要となる³⁾。

本報では、α系SUSおよびγ系SUSの絞り加工性と張出し加工性を総合的に評価するため、ブランク径を変化させた実験にて絞り加工性の調査を行ない、加工可能範囲の検討を行なった。さらにα系SUSの加工性向上策として、潤滑の影響や金型形状の影響について検討を行なったので、結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 供試材

表1に供試材の化学成分を、表2に機械的性質を示す。供試材は当社製品であり、公称板厚0.8mmのものを使用した。γ系SUSとしては汎用鋼種のSUS304を使用し、α系SUSとしては汎用鋼種であるSUS430、SUS304相当の耐食性を有する鋼種であるNSS442M3、高加工用鋼種であるNSS430M2を用いた。各種機械的性質値は、JISZ2241の引張試験方法に準じて求め、n値はJISZ2253に、r値はJISZ2254に準じて求めた。またr値は面内異方性の影響を考慮し、材料の圧延方向に対して0°、45°、90°方向のr値(r₀, r₄₅, r₉₀)を測定し、(1)式より求めた各方向の平均値である平均塑性歪み比(以下、 \bar{r} と記

す)を使用した。

$$\bar{r} = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4 \dots\dots\dots (1)$$

供試材には、裸材にプレス油(日本工作油製#620)を塗布したものと、裸材に膜厚3μmのアルカリ可溶性潤滑処理皮膜を被覆したもの(以下、Wコート材と記す⁴⁾)を使用した。

図1にWコート材を被膜したステンレス鋼板の断面模式図を示す。Wコート材は、潤滑効果を有する有機樹脂粉末を分散させた高酸価特殊樹脂皮膜をステンレス表面に被覆しており、極めて高い潤滑性を有する⁵⁾。

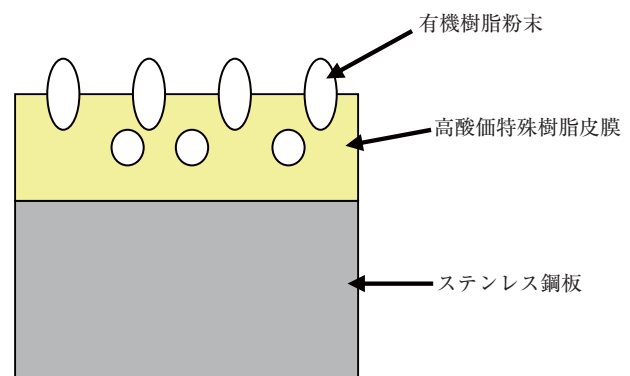


図1 Wコート材を被膜したステンレス鋼板の断面模式図
Fig.1 Schematic illustration of cross section of stainless steel sheet with W-coat.

表1 供試材の化学成分

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Nb	Cu
SUS304	0.07	0.42	0.84	0.032	0.006	8.04	18.22	-	-	-
SUS430	0.07	0.46	0.86	0.029	0.001	0.10	16.28	-	-	-
NSS442M3	0.01	0.58	0.28	0.026	0.007	0.10	18.37	-	0.42	0.42
NSS430M2	0.01	0.38	0.24	0.023	0.001	0.13	16.51	0.20	-	-

表2 供試材の機械的性質

鋼種	公称板厚 (mm)	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	全伸び (%)	n値*	\bar{r} 値**	硬さ (HV5)
SUS304	0.8	293	683	65	0.53	1.2	167
SUS430	0.8	394	545	30	0.18	1.3	163
NSS442M3	0.8	402	498	29	0.15	1.5	163
NSS430M2	0.8	342	448	33	0.17	1.7	136

*n値: JIS13B号試験片にて歪み量5%から15%の範囲で算出
** \bar{r} 値: JIS13B号試験片にて歪み量10%で算出

プレス油塗布材とWコート材の摺動性を比較するため、動摩擦係数の測定を、表3と図2に示すようなピンオンディスク方式⁶⁾にて行なった。図3にNSS442M3

表3 動摩擦係数の測定条件

Table 3 Conditions of measurement for dynamic coefficient of friction

諸元	条件
試験機	(株)レスカ:FPR-2100
負荷荷重(N)	3~30
試料回転速度(rpm)	20
測定範囲r(mm)	10
測定ステップ(mm/s)	1
押付け圧子	SUJ2ボール(球径:4.75mm)

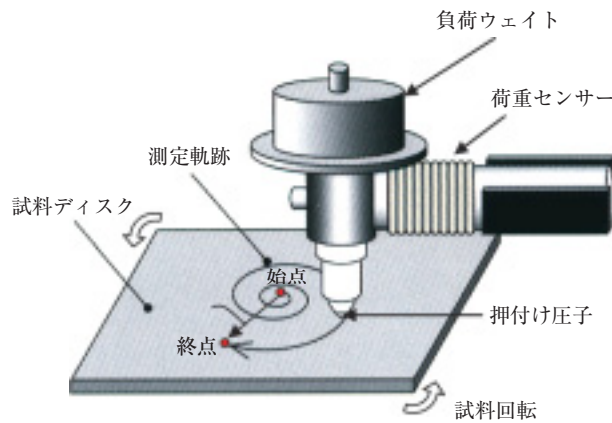


図2 動摩擦係数の測定方法

Fig. 2 Measurement of dynamic coefficient of friction.

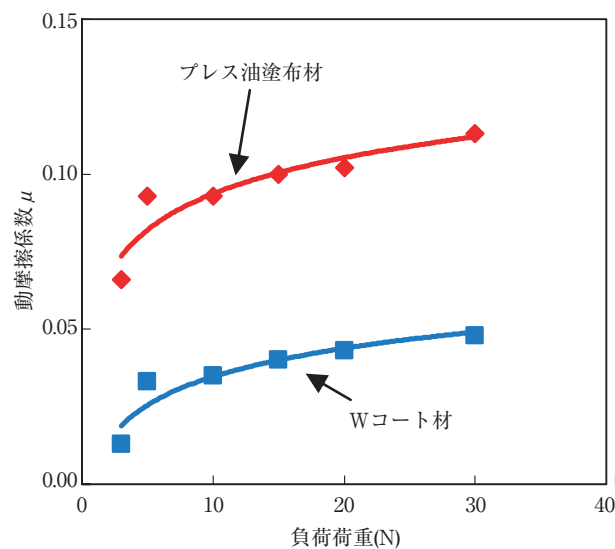


図3 NSS442M3の動摩擦係数におよぼす潤滑剤の影響

Fig. 3 Effect of lubricant on dynamic coefficient of friction of NSS442M3.

の動摩擦係数におよぼす潤滑剤の影響を示す。Wコート材の動摩擦係数は、プレス油塗布材に比べ低く、Wコート材は優れた潤滑性を有する。

2.2 絞り加工試験

表4に絞り加工試験条件を、図4に絞り加工試験方法を示す。絞り加工性は、加工力196kNのエリクセン試験機を用い、平頭パンチによる円筒絞り加工により評価した。絞り加工性の優劣は、ネッキングが発生しない最大のブランク径(Db)とパンチ径(Dp)から求める限界絞り比(Db/Dp)によって評価した。

表4 絞り加工試験条件

Table 4 Conditions for deep drawing test

諸元	条件
パンチ径(Dp)	40mm
ダイス径(Dd)	42mm
クリアランス(C)*	1mm
パンチ肩半径(Rp)	5mm
ダイス肩半径(Rd)	5mm
しわ押え力(BHF)	ジーベルの半理論式で補正**
加工速度(Vp)	60mm/min
ブランクサイズ(Db)	60~120mm
潤滑剤	①プレス油 (No.620(粘度60mm ² /s),日本工作油製) ②Wコート

*クリアランス(c)=(Dd - Dp)/2

**ジーベルの半理論式

$$p = A \left[\left(\frac{D_b}{D_d} - 1 \right)^2 + \frac{D_d}{100 \cdot t_0} \right] \cdot TS$$

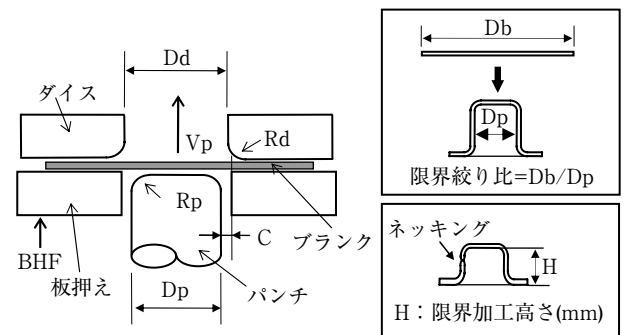


図4 絞り加工試験方法

Fig. 4 Schematic diagram of deep drawing test.

絞り加工と張出し加工の複合領域の加工性は、限界絞り比を求めたブランク径よりも大きく、最大φ120（絞り比3.0）までのものを用いて絞り加工を行い、ネッキングが発生した時の加工高さ（以下、限界加工高さHと記す）によって評価した⁷⁾。なお、純粋張出しは材料流入がまったくないので、絞り比は無量大となる（以下、絞り比∞と記す）。

2.3 張出し加工試験

表5に張出し加工試験条件を、図5に張出し加工試

表5 張出し加工試験条件

Table 5 Conditions for stretch forming test

諸元	条件
パンチ径(Dp)	40mm
ダイス径(Dd)*	42mm
クリアランス(C)**	1mm
パンチ肩半径(Rp)	5mm
ダイス肩半径(Rd)	5mm
しわ押え力(BHF)	90kN
加工速度(Vp)	5mm/min
ブランクサイズ(Db)	92mm
潤滑剤	①プレス油 (No.620(粘度60mm ² /s), 日本工作油製) ②Wコート

*ダイスはビード付き。

**クリアランス(c)=(Dd-Dp)/2

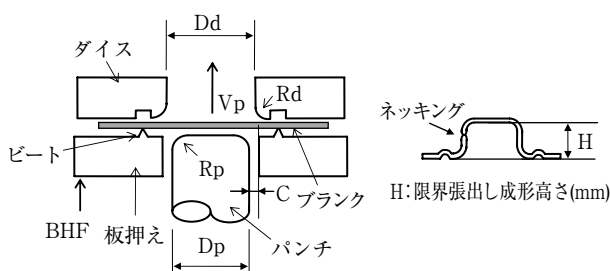


図5 張出し加工試験方法

Fig. 5 Schematic diagram of stretch forming test.

験方法を示す。張出し加工性は、エリクセン試験機にビード付のダイスとブランクホルダーを用い、平頭パンチによる円筒張出し加工を行ない、ネッキングが発

生した時の加工高さ（以下、限界張出し加工高さHと記す）により評価した。

2.4 張出し加工における適正金型形状の検討

表6に張出し加工における適正金型形状の検討を行なうための試験条件を示す。試験方法は前節の図5に準じ、張出し加工におよぼす金型形状の影響を確認するためパンチ肩半径、ダイス肩半径、クリアランスを変化させ、限界張出し加工高さHにより加工性の評価を行った。

表6 張出し加工における適正金型形状の検討を行なうための試験条件

Table 6 Conditions for examining proper die shape in stretch forming test

諸元	条件
パンチ径(Dp)	40mm
ダイス径(Dd)*	42mm~58mm
クリアランス(c)**	1mm~9mm
パンチ肩半径(Rp)	5~20mm
ダイス肩半径(Rd)	5~15mm
しわ押え力(BHF)	90kN
加工速度(Vp)	5mm/min
ブランクサイズ(Db)	92mm
潤滑剤	プレス油 (No.620(粘度60mm ² /s), 日本工作油製)

*ダイスはビード付き。

**クリアランス(c)=(Dd-Dp)/2

3. 実験結果

3.1 α系SUSの加工性の検討

3.1.1 絞り加工性

潤滑剤にはプレス油を使用して限界絞り比の検討を行った。

図6に各種ステンレス鋼板の限界絞り比を示す。汎用鋼種であるSUS430の限界絞り比は、SUS304と同等であり、NSS442M3とNSS430M2の限界絞り比はSUS304よりも大きかった。

以上の結果から、SUS304の代替としてα系SUSの使用を想定すると、NSS430M2とNSS442M3の絞り加工性がSUS304よりも良好なことから、NSS430M2とNSS442M3の絞り加工用途への切り替えは可能と考えられる。ただ

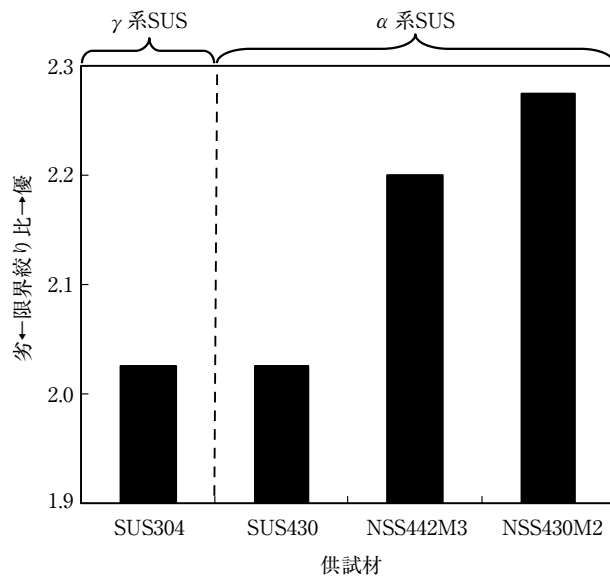


図6 各種ステンレス鋼板の限界絞り比
Fig. 6 Limiting drawing ratio of the stainless steels used.

し、α系SUSへ切り替えを行なう際は、使用される腐食環境を十分に考慮する必要がある。

一般的にステンレス鋼の耐食性は、クロム含有比率およびモリブデン含有比率から構成される下記(2)式の孔食指数によって示すことができ、孔食指数が高いほど耐食性に優れる⁸⁾。

$$\text{孔食指数} = \text{Cr} + 3\text{Mo} \dots \dots \dots (2)$$

NSS430M2の絞り加工性は各種α系SUSの中で最も良好であったが、Cr含有比率はSUS304よりも少ないため、現行のSUS304の耐食性が過剰性能の場合においてNSS430M2を適用できるものと考えられる。一方、NSS442M3はNSS430M2よりもCr含有比率は大きく、NSS430M2よりも高腐食環境下での使用が可能と考えられる。

なお、α系SUSはγ系SUSに比べ隙間腐食が発生し易いため、隙間構造を有さない環境下での使用が必要である。

図7に各種ステンレス鋼板の限界絞り比と \bar{r} 値の関係を示す。一般に、絞り加工性は \bar{r} 値に大きく影響されることが知られており、本結果においても、図7のように \bar{r} 値の高い材料ほど絞り加工性が優れていた。

3.1.2 絞り加工と張出し加工の複合領域の加工性

潤滑剤にはプレス油を使用し、プランク径が限界絞り比より大きく絞り抜けが起こらない加工形態(絞り加工と張出し加工の複合領域)にて加工性の調査を行った。

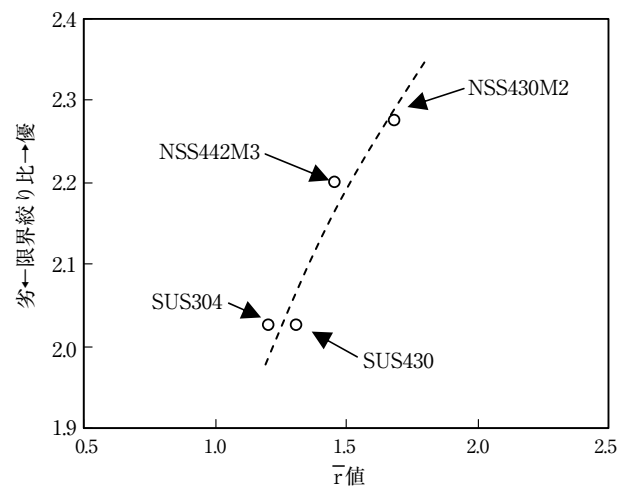


図7 各種ステンレス鋼板の限界絞り比と \bar{r} 値の関係
Fig. 7 Relation between limiting drawing ratio and \bar{r} value of the stainless steels used.

図8に各種ステンレス鋼板の限界加工高さ(絞り比2.45)を示す。α系SUSは、限界絞り比と同様に、限界加工高さはSUS430、NSS442M3、NSS430M2の順に高かった。一方、α系SUSの限界加工高さはSUS304よりも低かった。これは、本加工領域が絞り加工と張出し加工の複合加工領域の中でも、張出し要素の強い領域にて加工が行われたためであり、n値が高いSUS304に優位性が現れたものと考えられる。

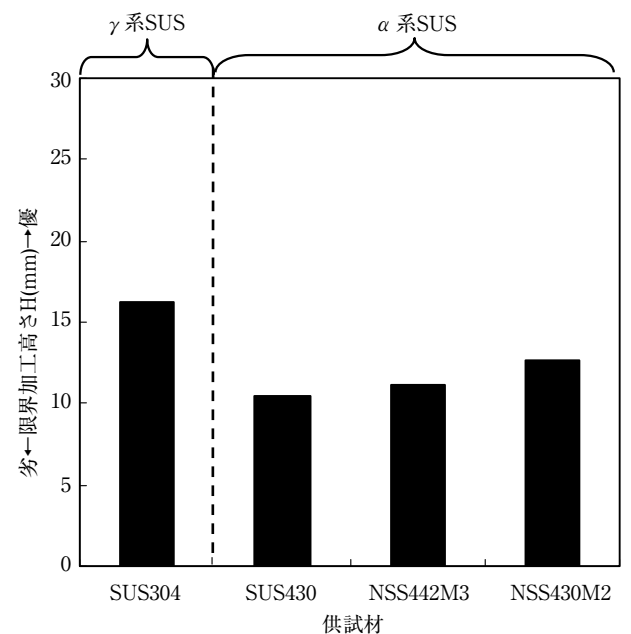


図8 各種ステンレス鋼板の限界加工高さ(絞り比2.45)
Fig. 8 Limiting forming height of the stainless steels used. (drawing ratio 2.45)

3.1.3 張出し加工性

潤滑剤にプレス油を使用して限界張出し加工高さの検討を行った。

図9に各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さ（絞り比 ∞ ）を示す。 α 系SUS鋼種の限界張出し加工高さは各供試材ともほとんど差がなく、SUS304の6割程度であった。図10に各種ステンレス鋼板の限界張出し加工

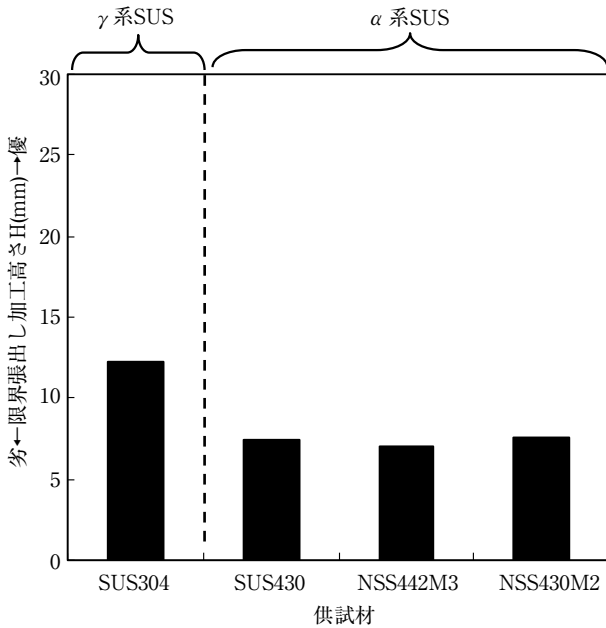


図9 各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さ（絞り比 ∞ ）
Fig. 9 Limiting stretch forming height of the stainless steels used. (drawing ratio ∞)

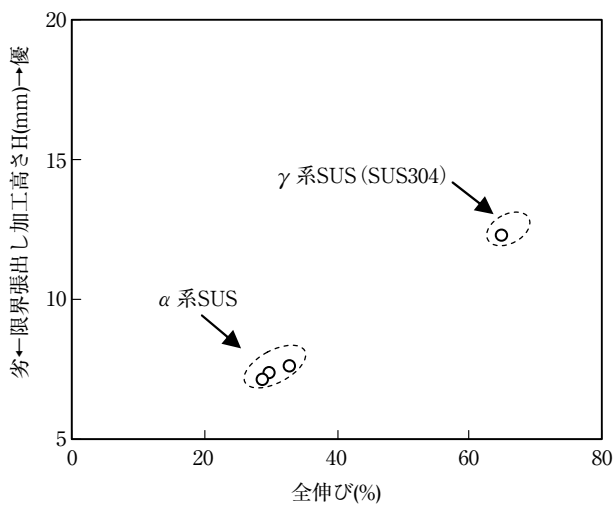


図10 各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さ（絞り比 ∞ ）と全伸びの関係
Fig.10 Relation between limiting stretch forming height and total elongation of the stainless steels used.

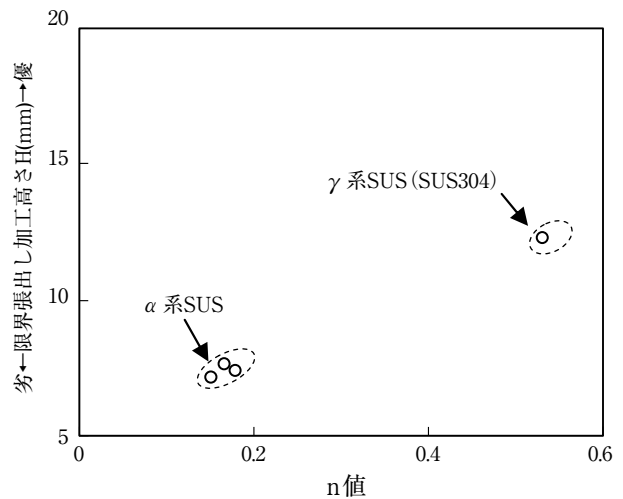


図11 各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さ（絞り比 ∞ ）とn値の関係
Fig.11 Relation between limiting stretch forming height and n value of the stainless steels used.

高さ（絞り比 ∞ ）と全伸びの関係を示す。一般的に、張出し加工性は全伸びおよびn値が強く影響することが報告されている。本結果も同様に全伸びとn値の高いSUS304が張出し加工性に優れていた。

3.1.4 加工可能範囲

図12に加工可能範囲の例を示す。鋼板の各種絞り比における加工性を表す指標として、図12のような加工可能範囲が一般的に用いられる⁹⁾。加工可能範囲は絞り抜け発生時の加工高さ、限界張出し加工高さ、複合加工

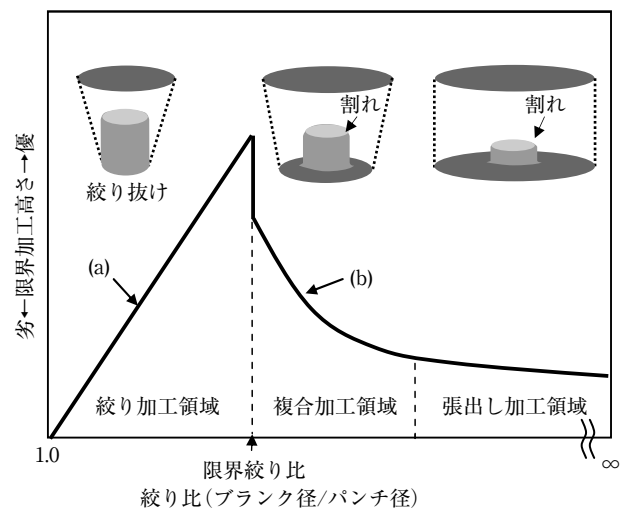


図12 加工可能範囲の例
Fig.12 Example of formable range.

工領域の限界加工高さを繋ぎ、あらたに「限界加工高さ」として一指標に統一し表される。図中の直線 (a) は、各種絞り比の条件において絞り抜けた時の高さを表しており、図中の曲線 (b) は、各種絞り比の限界加工高さを表している。絞り比 ∞ の曲線 (b) は限界張出し加工高さを表している。限界絞り比以下の領域を絞り加工領域、絞り比が限界絞り比よりも大きく、限界加工高さがカーブを描く終点までの絞り加工と張出し加工の複合する領域を複合加工領域、限界加工高さのカーブ終点から絞り比 ∞ までの領域を張出し加工領域と称される。

前項までSUS304と各種 α 系SUSの絞り加工性、複合加工領域の加工性、張出し加工性を比較評価してきた。本項ではSUS304と α 系SUSの代表としてNSS442M3の加工可能範囲を作成し加工性の比較評価を行った。

図13にNSS442M3とSUS304の加工可能範囲を示す。図中ではNSS442M3の絞り加工領域を線分 (a)、NSS442M3の複合加工領域を線分 (b)、NSS442M3の張出し加工領域を線分 (c) で示し、SUS304の絞り加工領域を線分 (a')、SUS304の複合加工領域を線分 (b')、SUS304の張出し加工領域を線分 (c') にて示した。

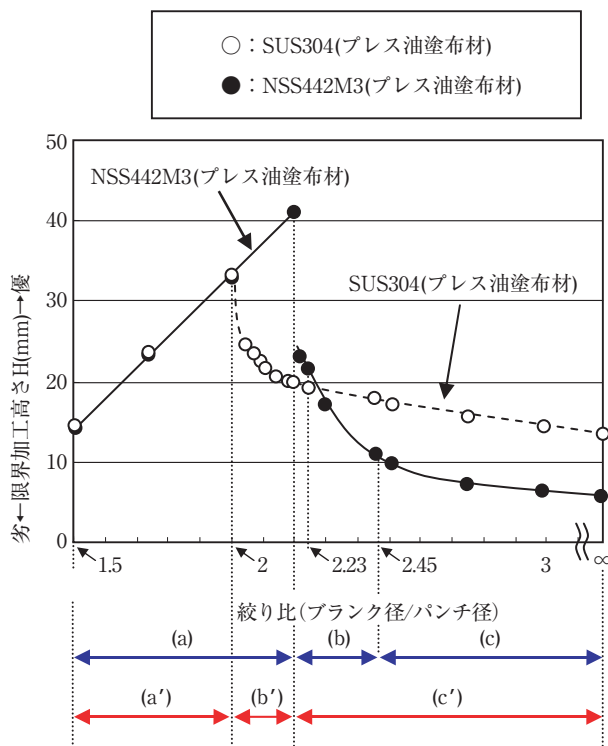


図13 NSS442M3とSUS304の加工可能範囲
Fig.13 Formable range of NSS442M3 and SUS304.

NSS442M3のプレス油塗布材における絞り領域に相当する絞り比では、NSS442M3の限界加工高さはSUS304よりも高いため、現行に近い加工条件でのリブレースが可能と考えられる。

NSS442M3のプレス油塗布材における複合加工領域に相当する絞り比では、絞り比2.2から2.23までの範囲におけるNSS442M3の限界加工高さは、SUS304よりも若干高い。しかしながら、絞り比2.23から2.45までの範囲では、NSS442M3の限界加工高さは、SUS304よりも低い。

NSS442M3のプレス油塗布材における張出し領域に相当する絞り比では、NSS442M3の限界加工高さは、SUS304よりも著しく低い。

このように、NSS442M3のプレス油塗布材における複合加工領域および張出し加工領域の高さは、SUS304のプレス油塗布材よりも低い。次節ではこれら領域における限界加工高さを向上させることを目的に、Wコート適用を検討した。

3.2 Wコート処理の検討

3.2.1 限界加工高さにおよぼすWコートの効果

図14に各種潤滑条件における各種ステンレス鋼板の

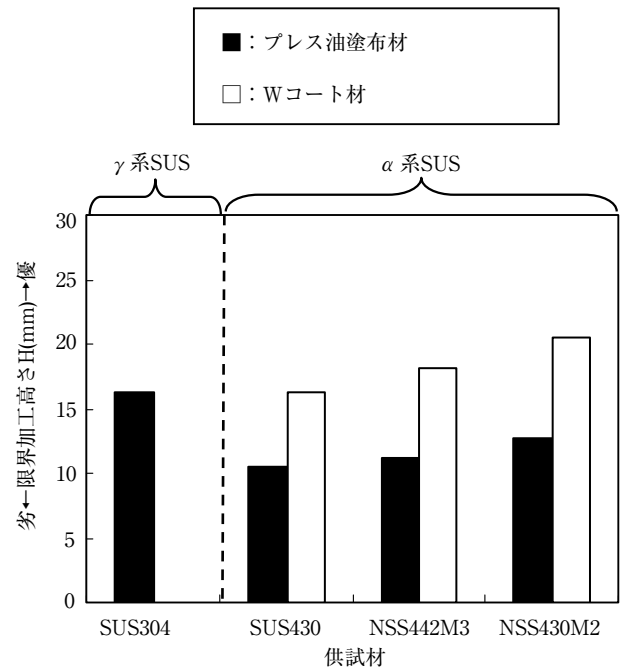


図14 各種潤滑条件における各種ステンレス鋼板の限界加工高さ (絞り比2.45)

Fig.14 Limiting forming height of the stainless steels used with various lubricants. (drawing ratio 2.45)

限界加工高さ（絞り比2.45）を示す。Wコート材の適用により、 α 系SUSの限界加工高さはプレス油塗布材に比べ向上した。一方、SUS430のWコート材は、SUS304のプレス油塗布材と比べると限界加工高さは同等であり、NSS442M3とNSS430M2のWコート材は、SUS304のプレス油塗布材以上の限界加工高さとなった。

図15に各種潤滑条件における各種ステンレス鋼板のフランジ外径（絞り比2.45）を示す。絞り比2.45においてWコート材はプレス油塗布材に比べフランジ外径が小さい。これは図4に示したように、Wコートの使用で摩擦係数が低下し、フランジ部の流入抵抗が低減したことで絞り加工主体の変形形態になったためと考えられる。

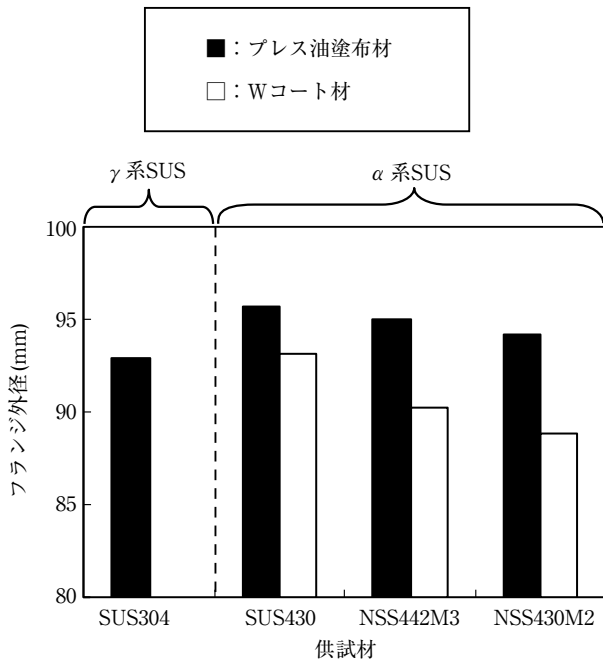


図15 各種潤滑条件における各種ステンレス鋼板のフランジ外径（絞り比2.45）

Fig.15 Flange outside diameter of the stainless steels used with various lubricants. (drawing ratio 2.45)

図16に複合加工領域におけるNSS442M3のWコート材の限界加工高さを示す。NSS442Mのプレス油塗布材における複合加工領域に相当する絞り比において、NSS442M3のWコート材はSUS304のプレス油塗布材よりも限界加工高さは高かった。

図17に絞り比 ∞ における各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さを示す。すべての α 系SUSのWコート材がプレス油塗布材よりも限界張出し加工高さは高くなったが、SUS304のプレス油塗布材相当にまでは至らなかった。

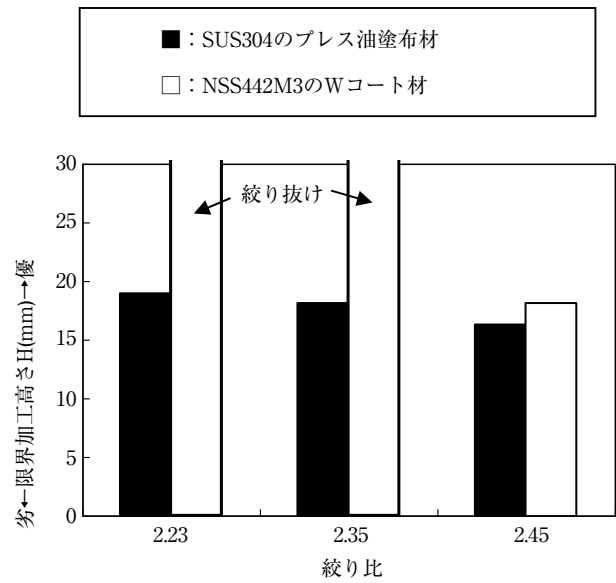


図16 複合加工領域におけるNSS442M3のWコート材の限界加工高さ

Fig.16 Limiting forming height of NSS442M3 with W-coat in a mixed area of forming.

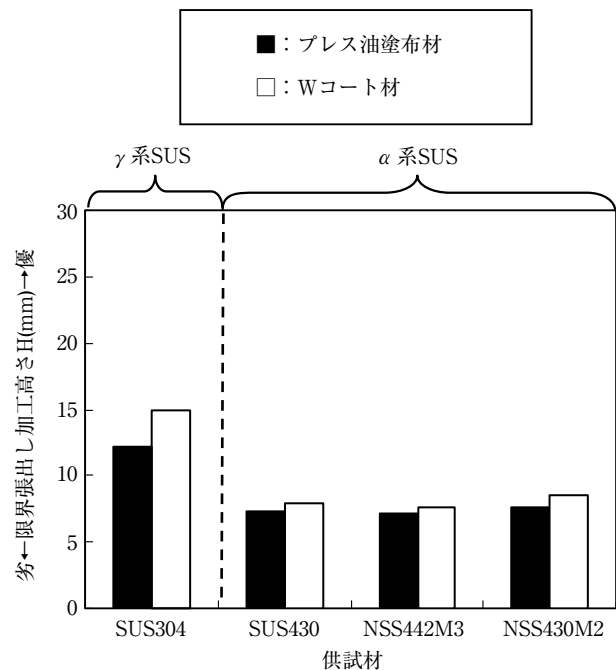


図17 絞り比 ∞ における各種ステンレス鋼板の限界張出し加工高さ

Fig.17 Limiting stretch forming height of the stainless steels used with drawing ratio ∞ .

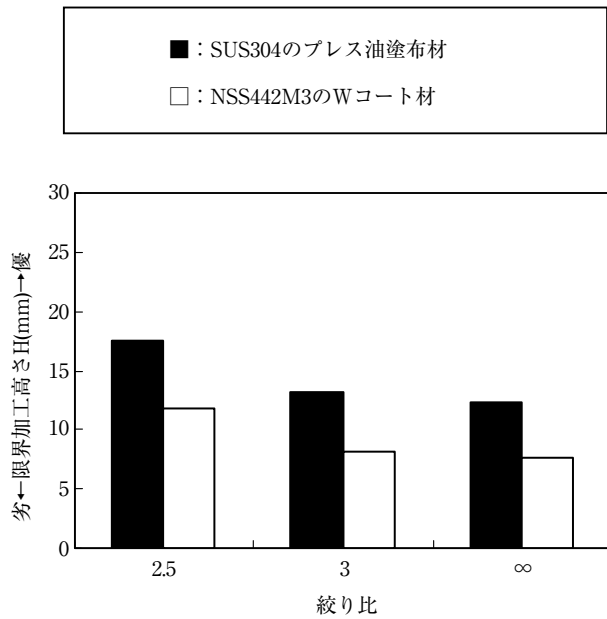


図18 絞り比2.5~∞におけるNSS442M3のWコート材の限界加工高さ
 Fig.18 Limiting forming height of NSS442M3 with W-coat with drawing ratio 2.5~∞.

図18に絞り比2.5~∞におけるNSS442M3のWコート材の限界加工高さを示す。張出し加工領域（NSS442M3プレス油）に相当した絞り比2.5や3でもNSS442M3のWコート材は、SUS304のプレス油塗布材よりも限界加工高さは低かった。

3.2.2 加工可能範囲

図19にNSS442M3のWコート材の加工可能範囲をプレス油塗布材と比較して示す。図中の領域dはWコート材による加工性向上範囲を示している。NSS442M3のWコート材の絞り加工領域は絞り比が2.35以下の範囲であり、複合加工領域は絞り比が2.35から2.5の範囲、張出し加工領域は絞り比が2.5から∞の範囲である。

NSS442M3のWコート材の絞り加工領域は、NSS442M3のプレス油塗布材よりも広く、NSS442M3のWコート材の複合加工領域はNSS442M3のプレス油塗布材よりも狭い。

NSS442M3のプレス油塗布材は、絞り比が2.2から2.45の範囲では複合加工領域であるが、Wコート材は絞り比が2.35以下の範囲では絞り領域となり、この絞り比の範囲において割れは発生せず絞り抜けるため、プレス油塗布材に比べて限界加工高さが高い。また絞り比が2.35から2.45の範囲において、Wコート材に割れが発生するが、

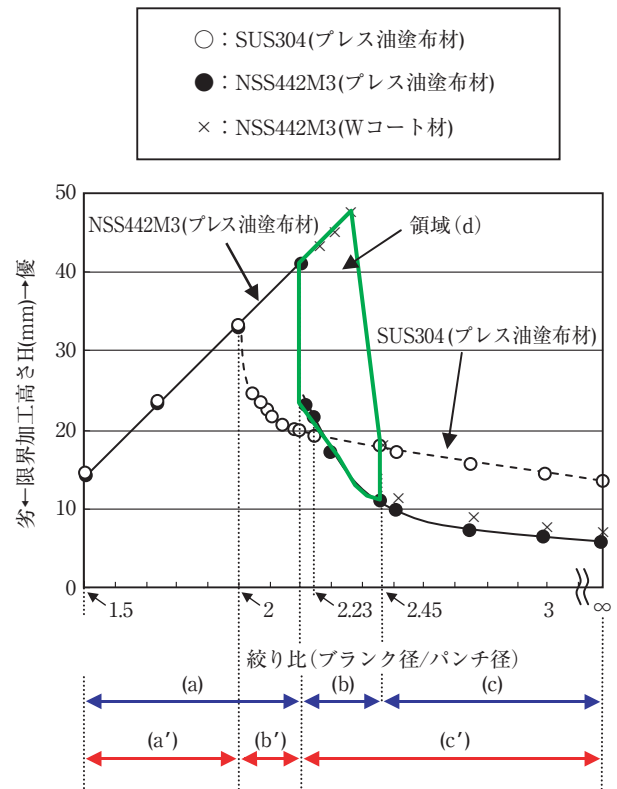


図19 NSS442M3のWコート材の加工可能範囲
 Fig.19 Formable range of NSS442M3 with W-coat.

プレス油塗布材よりも限界加工高さは高く、SUS304と同等である。

以上より、NSS442M3のプレス油塗布材における複合加工領域にNSS442M3のWコート材を使用することで絞り加工性が向上し、現行のSUS304と同等以上の加工高さを得ることが可能となる。

一方、NSS442M3のプレス油塗布材における張出し加工領域では、NSS442M3のWコート材の限界加工高さはSUS304よりも低く、限界加工高さを向上させるためには金型形状の適正化や工程の変更など加工面からの対策が必要と考えられる。次項では加工面からの加工性向上策の一例として、適正金型形状の検討結果を示す。

3.2.3 張出し加工における適正金型形状の検討

図20にNSS442M3のWコート材の限界張出し加工高さにおよぼす金型形状の影響を示す。検討の結果、金型のパンチ肩半径、ダイス肩半径、クリアランスを拡大することで限界張出し加工高さが向上する結果となった。

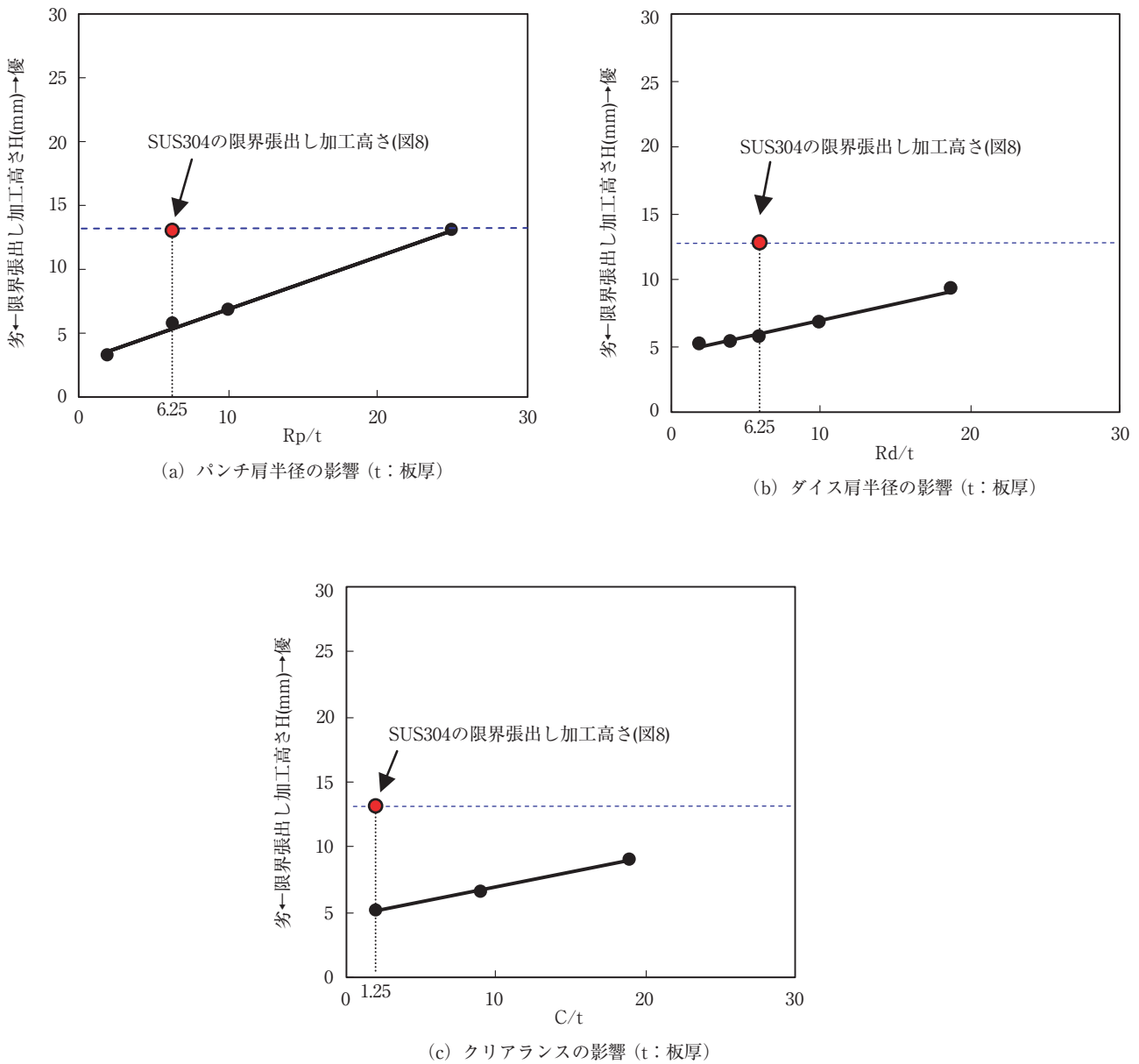


図20 NSS442M3のWコート材の限界張出し加工高さにおよぼす金型形状の影響 (絞り比 ∞)
 Fig.20 Effect of die shape on limiting stretch forming height of NSS442M3 with W-coat. (drawing ratio ∞)

一般的に鋼板の限界張出し加工高さHは(3)式で表すことができ、パンチ肩半径が拡大するほど、ダイス肩半径が拡大するほど、クリアランスが拡大するほど限界張出し加工高さが高くなる¹⁰⁾。これは、各種金型形状の拡大により、歪み域が拡大され、割れ発生部位の板厚減少が緩和されるためであり、本試験においても歪み域の拡大効果が現れたものと考えられる。

$$H = \alpha Dd - \beta Dp + \gamma Rd + \delta Rp + \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

(ただし $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$: 材料定数)

以上の結果から張出し加工領域(NSS442M3プレス油)においては、製品の設計形状の変更が許容される場合、パンチ肩半径、ダイス肩半径、クリアランスを拡大させることで限界加工高さを向上させることが可能と考えられる。

4. 結 言

本報では、 α 系SUSおよび γ 系SUSの絞り加工性と張出し加工性を総合的に評価するため、ブランク径を変化させた実験にて絞り加工性の調査を行ない、加工可能範囲の検討を行なった。さらに α 系SUSの加工性向上策として、潤滑の影響や金型形状の影響について検討を行なった。得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 絞り加工領域では、NSS430M2およびNSS442M3はSUS304と同等以上の加工性を有しており、現行のSUS304に近い金型条件でNSS442M3への代替が可能と考えられる。
- 2) NSS442M3のプレス油塗布材における複合加工領域では、NSS442M3にWコート処理することで、SUS304と同等以上の限界加工高さを付与することができるため代替が可能と考える。
- 3) 張出し加工領域では、NSS442M3にWコート処理を行っても限界加工高さはSUS304におよばないため、同一金型条件において代替は困難と推察する。
- 4) 張出し加工領域においてNSS442M3のWコート材は、パンチ肩半径、ダイス肩半径、クリアランスを拡大させることで限界加工高さが向上する。

参考文献

- 1) 薄鋼板加工技術研究会：プレス加工難易ハンドブック第3版，日刊工業新聞社(2007)，211.
- 2) 中川威雄，阿部邦夫，林豊：薄板のプレス加工，実教出版(1985)，161.
- 3) 中川威雄，阿部邦夫，林豊：薄板のプレス加工，実教出版(1985)，156.
- 4) 山本雅也，古川伸也，武津博文：日新製鋼技報，82(2001)，71.
- 5) 中村尚文，河村航，首藤努，石川半二，森川茂：日新製鋼技報，83(2002)，21.
- 6) 薄鋼板加工技術研究会：プレス加工難易ハンドブック第3版，日刊工業新聞社(2007)，453.
- 7) 薄鋼板加工技術研究会：プレス加工難易ハンドブック第3版，日刊工業新聞社(2007)，179.
- 8) 矢沢好弘，宇城工，佐藤進：ステンレス鋼の耐食性と素材の選定方法，日本鉄鋼協会(1995)，112.
- 9) 薄鋼板加工技術研究会：プレス加工難易ハンドブック第3版，日刊工業新聞社(2007)，179.
- 10) 新プレス加工データブック編集委員会：新プレス加工データブック，日刊工業新聞社(1993)，223.