

Spröde, aber nicht widerspenstig

Biegetechnik: Zum Biegen spröder und stark rückfedernder Metalle benötigt der Metallhandwerker viel Erfahrung und Know-how. Wir zeigen Ihnen, wie es geht. Text und Bilder: Roland Müller, Thomas Lieber

Das Biegen ist nach DIN 8586 ein Umformverfahren, bei dem die Formänderung im Wesentlichen durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt wird. Es ist eines der am häufigsten eingesetzten Umformverfahren in der Blechbearbeitung, das sowohl für die Massenfertigung kleinster Werkstücke bis hin zur Einzelfertigung für Teile im Schiff- und Apparatebau geeignet ist. Meist erfolgt das industrielle Biegen als ein Kaltumformvorgang. Eine Werkstoffenerwärmung wird nur in speziellen Fällen, zum Beispiel bei grossen Querschnitten oder sehr kleinen Biege-
radien, durchgeführt, um die Umformkräfte zu minimieren und die Formänderung überhaupt ermöglichen zu können.

Verwenden Sie Abkantpressen mit verstellbarer Bombierung

Unterschieden werden kann insofern, dass beim Biegen einerseits Werkzeugaktivteile nur zum Übertragen der Kräfte beziehungsweise Momente (freies Biegen) genutzt werden und andererseits dass diese auch als Formspeicher für die Definition der Werkstückgeometrie (Gesenkbiegen) zur Anwendung kommen. Beim freien Biegen ergibt sich die Form des Werkstücks aus der relativen Lage der einzelnen Werkzeugteile sowie der Fließkurve und Blechdicke des gewählten Werkstoffes. Beim Gesenkbiegen müssen die spätere Form des Werk-

stücks und die rückfederungsbedingten Formabweichungen bei der Werkzeugkonstruktion berücksichtigt werden. Der Rückfederungsanteil in einem Biegevorgang ist dem elastischen Anteil der Werkstückverformung geschuldet und abhängig vom Werkstoff, vom Spannungszustand, von Vorverformungen und der Umformgeometrie des zu biegenden Bauteils. Zur Vermeidung oder Kompensation beziehungsweise zur Verringerung der Streubreite der Rückfederung können folgende Massnahmen ergriffen werden:

- Einschränken der Toleranzen für die Blechwerkstoffkennwerte $R_{p0,1}$ / $R_{p0,2}$, n -Wert und Blechdicke
- Überbiegen
- Nachdrücken im Gesenk
- anschliessende Umformung unter Zugbeanspruchung zum Erzielen der Endgeometrie
- Überlagerung von Zugspannungen beim Biegen

Beim freien Biegen kommt es beim Einsatz von Abkantpressen entlang der Biegelinie durch das elastische Verformen in der Maschine häufig zu masslichen Abweichungen am Biegeteil. Ursache ist das Oberteil mit den beiden Hydraulikzylindern, das trotz hohem Widerstandsmoment wie ein Träger auf zwei Auflagern wirkt und sich unter Belastung durchbiegt. Zur Verbesserung der Massgenauigkeit sollten Ab-

kantpressen mit verstellbarer Bombierung des Pressentisches eingesetzt werden.

Beachten Sie hochfeste Mehrphasenstähle

In zahlreichen Untersuchungen wurde in den vergangenen Jahren die Rückfederungsproblematik anhand der neu entwickelten hoch- und höchstfesten Mehrphasenstähle, wie zum Beispiel DP, TRIP, CPW, sowohl simulativ als auch experimentell untersucht. Hauptaugenmerk lag dabei meist auf Rückfederungserscheinungen von automobilen Bauteilen. Entsprechend standen auch die dafür am häufigsten eingesetzten Fertigungsverfahren, wie das Tiefziehen und das Biegen, sowie die bei diesen vorherrschenden Einflussgrössen im Mittelpunkt des Interesses. Von Neugebauer und anderen (siehe Literaturverzeichnis) wurde an einem Gesenk-Biegewerkzeug «Gerader Strukturträger» das Rückfederungsverhalten von TRIP-Werkstoffen untersucht. Neben den Geometriedetails Matrizenstufe, Ziehsickenhöhe und Ziehsickenradius sowie der Bodenhöhe und dem Bodenhöhenradius waren die technologischen Grössen «Niederhalterkraft» und «Schmierung» Untersuchungsgegenstand.

Berücksichtigen Sie die geometrischen Verhältnisse

Durch die Einführung einer Stufengeometrie >

APPLICATION PRATIQUE

Fragile, mais pas rebelle

Technique de pliage : le pliage de métaux fragiles et élastiques nécessite expérience et savoir-faire. Nous vous expliquons comment cela fonctionne.

Le pliage selon DIN 8586 est un procédé de déformation qui repose essentiellement sur un effort de flexion. Très utilisé dans l'usinage de la tôle, ce procédé convient à la fois pour la production en grande série de petites pièces et la fabrication

individuelle de pièces destinées à la construction navale et d'appareils. Le pliage industriel s'effectue généralement à froid. Le matériau est réchauffé uniquement dans certains cas, par ex. sections importantes ou petits rayons de courbure, pour mini-

miser les forces de déformation et permettre un changement de forme.

Utilisez des presses plieuses avec bombage réglable

Il est possible de faire une distinction lors du pliage dans la mesure

où des composants actifs d'outils sont utilisés d'une part uniquement pour la transmission des forces ou des couples (pliage non guidé) et de l'autre en tant que mémoire de forme pour déterminer la géométrie des pièces à usiner (cintrage). Pour



Die Rückfederung muss beim Biegen besonders bei stark federnden Materialien genau berücksichtigt werden. Steuerungs- und Sensortechnik helfen dabei.

Le retour élastique doit être minutieusement pris en compte lors du pliage, notamment avec des matériaux très élastiques. Les appareils de commande et les capteurs peuvent s'avérer utiles à cet égard.

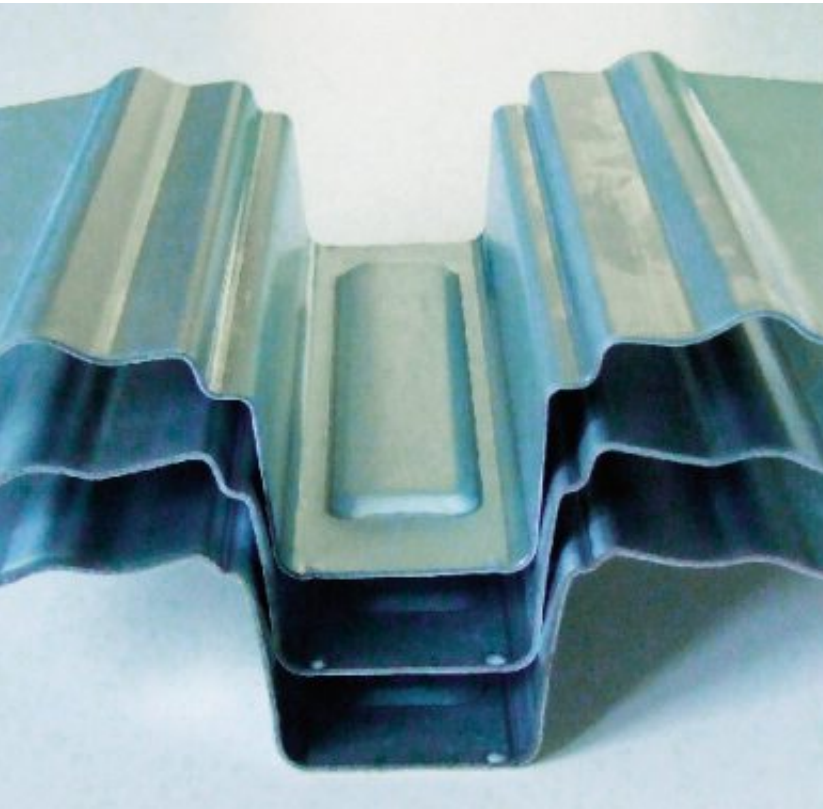
le pliage non guidé, la forme de la pièce résulte de la position relative des différentes parties de l'outil, de la courbe d'écoulement et de l'épaisseur de la tôle. Pour le cintrage, la future forme de la pièce et les tolérances élastiques des formes doivent être prises en compte lors de la conception de l'outil.

Dans le cadre d'un procédé de pliage, le taux de retour élastique est dû à la partie élastique de la dé-

formation de la pièce et dépend du matériau, de l'état de contrainte, des pré-déformations et de la géométrie de déformation du composant à plier. Les mesures suivantes permettent d'éviter, de compenser ou de diminuer la différence de retour élastique :

- restriction des tolérances pour les caractéristiques des tôles $R_{p0,1}$ / $R_{p0,2}$, valeur n et épaisseur des tôles

>



Der Einfluss der Geometrie und der Prozessparameter auf das Rückfederungsverhalten eines Hutprofils lässt sich am besten mit Versuchen ermitteln. L'influence de la géométrie et des paramètres opérationnels sur le retour élastique d'un profilé chape se détermine dans l'idéal par le biais d'essais.

Biege-Tipps

Beeinflussen Sie die Rückfederung

Beim Gesenkbiegen können folgende Massnahmen mit entsprechenden Erfolgsaussichten ergriffen werden, um die Rückfederung zu minimieren:

- **Matrizenstufe** (Erfolgschancen: sehr gut)
Stufe ermöglicht das Abstrecken in der Bauteilwand gegen Prozessende. Empfohlene Verhältnisse: 1 : 3 : 3.
- **Ziehsicken** (Erfolgschancen: sehr gut)
Ziehsicken erhöhen den plastischen Formänderungsanteil im Bauteil. Ziehsickenradius in Abhängigkeit von der Blechdicke «t».
 $t < 2 \text{ mm}$, Radius = 5 mm, $t > 2 \text{ mm}$, Radius = 8 mm
- **Ausstrecken des Biegeteils** (Erfolgschancen: sehr gut)
Prozesssteuerung so gestalten, dass kurz vor UT (2-5 mm) die Niederhaltekraft gegen Maximum erhöht wird, um ein Ausrecken der Wände zu erreichen.
- **Bodenfeld nach innen gewölbt** (Erfolgschancen: gut)
Bodenfeldhöhe > 5 mm, Bodenfeldradius klein ($> 2 \times t$)
- **Ballige Stempelwand** (Erfolgschancen: gut)
Durch eine Bombierung der Wand wird ein Ausrecken in der gesamten Zarge vorgenommen. Ansatz des Bodenradius nach innen verschieben
- pro 10 mm Wandhöhe 0,1 – 0,3 mm nach innen versetzen.
- **Erhöhung der Niederhaltekraft** (Erfolgschancen: gut)
Durch eine höhere Niederhaltekraft wird ein stärkeres Ausstrecken des Materials bewirkt.
- **Schmierung** (Erfolgschancen: mittel)
Eine Zusatzschmierung bewirkt eine geringere Rückfederung in den Flanschbereichen.

APPLICATION PRATIQUE

- surflexion,
- pression de maintien au niveau de la matrice,
- déformation sous effort de traction pour obtenir la géométrie définitive,
- superposition de contraintes de traction lors du pliage.

En cas de pliage non guidé avec des presses plieuses, des écarts de mesure au niveau de la partie pliée résultant de la déformation élastique dans la machine surviennent souvent le long de la ligne de pliage. L'origine réside dans la partie supérieure avec les 2 vérins hydrauliques, qui fonctionne comme un appui sur deux supports malgré un couple de résistance élevé et se courbe sous la charge. Pour améliorer la précision dimensionnelle, les presses plieuses devraient être utilisées avec bombage réglable du plateau.

Attention aux aciers multi-phases haute résistance

Au cours des dernières années, le problème du retour élastique a été étudié à l'aide des nouveaux aciers

multi-phases haute résistance (par ex. DP, TRIP, CPW) et sous forme de simulation expérimentale. Une attention particulière a été attachée au retour élastique des composants automobiles. Point de mire : les procédés de fabrication les plus courants tels que l'emboutissage et le pliage ainsi que les principaux facteurs d'influence correspondants. Neugebauer et d'autres (cf. bibliographie) ont examiné le comportement élastique de matériaux TRIP au niveau d'un outil de cintrage. Outre les détails géométriques tels que le palier de matrice, la hauteur et le rayon des rainures d'étirement, ainsi que la hauteur et le rayon du plateau, l'étude portait sur les valeurs techniques « force de serrage » et « lubrification ».

Prenez en compte les rapports géométriques

L'introduction d'une géométrie échelonnée influe notamment sur la cornière à bride, le renforcement supplémentaire du composant réduisant le retour élastique de la bride.

Conseils de pliage

Influencez le retour élastique

Lors du cintrage, les mesures ci-dessous peuvent être prises pour minimiser le retour élastique :

- **Palier de matrice** (chances de réussite : très bonnes)
Le palier permet un étirage dans la paroi du composant vers la fin du procédé. Rapports préconisés : 1 : 3 : 3.
- **Rainures d'étirement** (chances de réussite : très bonnes)
Les rainures d'étirement augmentent le taux de déformation plastique du composant. Rayon des rainures d'étirement en fonction de l'épaisseur de la tôle « t ».
 $t < 2 \text{ mm}$, rayon = 5 mm
 $t > 2 \text{ mm}$, rayon = 8 mm
- **Allongement de la pièce pliée** (chances de réussite : très bonnes)
Contrôle du procédé de manière à ce que la force de serrage soit augmentée au maximum peu avant UT (2-5 mm) en vue d'un étirage des parois.
- **Plateau cintré vers l'intérieur** (chances de réussite : bonnes)
Hauteur du plateau > 5 mm, rayon du plateau petit ($> 2 \times t$)
- **Paroi du poinçon bombée** (chances de réussite : bonnes)
Un bombage de la paroi entraîne un étirage dans tout le châssis. Décaler l'agencement du rayon du plateau vers l'intérieur : 0,1 à 0,3 mm pour une hauteur de paroi de 10 mm.
- **Augmentation de la force de serrage** (chances de réussite : bonnes)
Une force de serrage plus élevée entraîne un étirage accru du matériau.
- **Lubrification** (chances de réussite : moyennes)
Une lubrification supplémentaire engendre un retour élastique plus faible au niveau des brides.

> wird besonders der Flanschwinkel stark beeinflusst, da diese zusätzliche Bauteilversteifung das Rückfedern des Flansches verringert. Bei der Einführung von Ziehstäben soll durch die Materialumlenkung eine zusätzliche Kraft auf die Bauteilzarge gebracht werden und damit die plastische Dehnung im Bauteil erhöht werden. Zur Verringerung der Rückfederung eines Bauteils sind die angebrachten Ziehstäbe vorrangig in der Höhe zu variieren. Mithilfe von Bodenfeldern soll der Bauteilboden stärker plastisch verformt werden, um einer Verwölbung und einer Verdrillung des Bauteils entgegenzuwirken. Die Grösse ist entsprechend der maximal zulässigen Dehnungen des Blechmaterials im Bodenbereich festzulegen. Der Einfluss des grösseren Bodenfeldradius bewirkt eine zusätzliche Streckziehbeanspruchung des Bodenmaterials. Ein nach innen gewölbtes Bodenfeld bewirkt eine gegenläufige Rückfederung zu den Rückfederungen der Zargen. Die Erhöhung der Niederhalterkraft bedeutet ebenfalls eine höhere plastische Dehnung im Bauteil und führt zu einer verringerten Rückfederung. Die Erhöhung der Niederhalterkraft ist technologisch einfacher durchzuführen als die Änderung der Bauteil- oder Werkzeuggeometrie. Auch hier stellt das Erreichen von Rissen in den Bauteilzargen eine obere Grenze der Niederhalterkraft dar.

Fazit: Biegen Sie mit hoher Qualität

Die rückfederungsbedingten Formabweichungen lassen sich bei hochfesten Blechwerkstoffen beim freien Biegen durch gezieltes Überbiegen kompensieren. Bei spröden Werkstoffen sollte die Biegezone temperiert werden, um das Auftreten von Rissen zu vermindern. Mass- und Formabweichungen, die aus dem Aufbau der Biegemaschine herrühren, können durch gezielte Massnahmen, zum Beispiel einer Bombierung der Werkzeugaufnahme, minimiert werden. Beim Biegen im Gesenk sind die Form der Ziehstäbe, die Bodenfeldgeometrie und die Niederhalterkraft entscheidend für die rückfederungsbedingten Formabweichungen und damit für die Qualität des Blechbiegeteils. ■

Erstveröffentlichung: M&T Ratgeber

Lors de l'introduction de barres de traction, le coudage des matériaux doit conférer une force supplémentaire au châssis du composant et accroître ainsi sa dilatation plastique. Pour réduire le retour élastique d'un composant, la hauteur des barres de traction doit varier. L'aide des plateaux doit permettre une déformation plastique accrue du fond d'un composant afin d'éviter tout gauchissement ou torsion. La taille est déterminée en fonction des dilatations maximales admissibles de la tôle au niveau du plateau. L'influence du rayon max. du plateau engendre une sollicitation d'étirage supplémentaire du matériau du plateau. Un plateau cintré vers l'intérieur engendre un retour élastique inversé par rapport à celui des châssis. L'augmentation de la force de serrage implique aussi une dilatation plastique accrue du composant et entraîne un retour élastique réduit. Il est techniquement plus facile d'augmenter la force de serrage que de modifier la géométrie

du composant ou de l'outil. Là aussi, l'apparition de fissures dans les châssis des composants constitue une limite supérieure de la force de serrage.

Bilan : optez pour un pliage haut de gamme

Les tolérances élastiques des formes peuvent être compensées par une surflexion ciblée pour des tôles haute rigidité en cas de pliage non guidé. Pour les matériaux fragiles, la zone de pliage doit être tempérée pour réduire l'apparition de fissures. Les tolérances de mesures et de formes résultant de la conception de la plieuse peuvent être minimisées par le biais de mesures ciblées, par ex. bombage du raccordement de l'outil. Lors du pliage dans la matrice, la forme des barres de traction, la géométrie du plateau et la force de serrage sont décisives pour les tolérances élastiques des formes et par conséquent pour la qualité de la pièce de tôle pliée. ■

Première publication : M&T Ratgeber