

HEATforming als Weiterentwicklung des IHU für bei Raumtemperatur schwer formbare Metalle

Amborn, P. (1)

Das konventionelle Innenhochdruck-Umformen (IHU) stellt ein Verfahren der Rohrumformung dar. Durch Erwärmung ist die Umformung rohrförmiger Halbzeuge aus Metallen, die bei Raumtemperatur nur schwer oder gar nicht formbar sind, wie z.B. einige Messinglegierungen, möglich.

Das HotExpansionAirTechnology (HEAT) -Verfahren ermöglicht die Umformung von Rohren aus schwer formbaren Metallen, welche sich konventionell nur mit Verfahren wie der Gieß- oder Massivumformung verarbeiten lassen. Daher erweitert dieses Verfahren die Grenzen der wirkmedienbasierten Umformung für die meisten Metalllegierungen. Dieser Beitrag ist eine erweiterte Abwandlung der Veröffentlichung [7].

Unter den Verfahren zur Umformung hohlförmiger Halbzeuge stellt die Innenhochdruck-Umformung (IHU) eine Methode mit großen Freiheitsgraden im möglichen Geometriespektrum dar. Die konventionelle Prozessführung bei Raumtemperatur stößt jedoch im Bereich kleiner Radien, großer Umformgrade, dickwandiger Halbzeuge mit kleinem Durchmesser und schwer umformbarer Werkstoffe wie auch der Wirtschaftlichkeit [1] an ihre Grenzen. Eine Möglichkeit zur Erweiterung der Verfahrensgrenzen stellt die Steigerung der Umformtemperatur dar. Eine neuere Entwicklung ist das HEAT-Verfahren, welches durch den möglichen Einsatz im Bereich oberhalb der Rekristallisationstemperatur die Grenzen der konventionellen und halbwarmen (Temperaturbereich zwischen Raum- und Rekristallisationstemperatur) IHU deutlich erweitern kann.

Konventionelle Verfahren zur Umformung von Hohlkörpern

Zur Umformung hohlförmiger Halbzeuge steht heute eine Reihe von

Verfahren zur Verfügung. Vorrangiges Ziel aller dieser Verfahren ist es, den Querschnitt des Halbzeuges in eine gewünschte Form zu bringen. Eine Änderung der Geometrie in Richtung der Längsachse ist in der Regel ein Nebeneffekt. Die Verfahren unterscheiden sich in den prozesseigenen Einschränkungen der Formgebung. Einige Verfahren können

lediglich prismatische Querschnitte erzeugen, während andere weitgehend frei im erreichbaren Geometriespektrum sind. Weiterhin lassen sich die Verfahren nach kontinuierlicher und diskontinuierlicher Prozessführung einteilen. Einige Vertreter der beschriebenen Verfahrensklasse werden im Folgenden kurz in ihren Prinzipien und grundlegenden Eigenschaften beschrieben.

Schmieden / Rundkneten

Im Bereich der Freiformbearbeitung von hohlförmigen Halbzeugen mit Erwärmung besitzt das Rundkneten die größte Bedeutung. Mit diesem Verfahren ist es möglich, den Durchmesser hohlförmiger Halbzeuge inkrementell zu reduzieren, weshalb der Prozess diskontinuierlich abläuft. In Sonderfällen (Radial-Axial-Umformen) können auch lokale Vergrößerungen des Durchmessers erzielt werden.

Auf Grund der oszillierenden Werkzeugbewegungen ist das Verfahren nicht auf prismatische Querschnitte beschränkt, sondern kann über der

Längsachse veränderliche Geometrien erzeugen. Geometriebestimmende Faktoren sind die Form der Stempel sowie deren geradlinige Bewegung. Hinterschnitte in radialer Richtung sind auf Grund dieser Einschränkungen nicht realisierbar.

Vorteile dieser Technologie liegen in der Möglichkeit der Verwendung einfacher, kostengünstiger Rohmaterialien und den erreichbaren hohen Umformgraden bei ausbleibender Materialverfestigung. Die für den Prozess notwendige Erwärmung kann nach durchgeführter Umformung noch für Härte- bzw. Wärmebehandlungsprozesse ausgenutzt werden.

Das Verfahren ist weitgehend auf rotationsymmetrische Formen beschränkt.

Rollen / Zylinderdrückwalzen

Das Rollen oder Zylinderdrückwalzen ist ein Verfahren der Massivumformung, welches zur Durchmesserreduktion hohlförmiger Halbzeuge eingesetzt wird. Es handelt sich um ein diskontinuierliches, inkrementelles Verfahren, bei dem das mögliche Formenspektrum auf rotationsymmetrische Geometrien beschränkt ist. Das Verfahren beschränkt sich nicht auf prismatische Querschnitte. Auf Grund der innenliegenden formgebenden Elemente (Dorn) sind jedoch keine Hinterschnitte in radialer Richtung realisierbar.

Die Wandstärke wird bei diesem Verfahren willentlich verändert. Durch den Materialfluss verändert das Bauteil während der Umformung seine Ausdehnung in axialer Richtung. Vorteile dieser Technologie sind der einfache Werkzeugaufbau und die kurzen Maschinenrüstzeiten, wodurch das Zylinderdrückwalzen eine flexible Fertigung ermöglicht.

Innendruck - Umformung

Die Innendruck - Umformung bietet ein großes Spektrum an darstellbaren Formfeatures durch Expansion des Halbzeuges. Dieses diskontinuierliche Verfahren ermöglicht die umformende Fertigung von asymmetrischen Bauteilen mit über der Längsachse variablen Querschnitten, die auch Hinterscheidungen aufweisen können. Geometrie einschränkende Faktoren sind insbesondere kleine Radien und große Umformgrade.

Die Umformung mittels Innendruck kann in verschiedenen Temperaturbereichen stattfinden, wobei sich die Temperaturen von Halbzeug und Werkzeug unterscheiden und innerhalb der Körper inhomogene Profile aufweisen können.

Innenhochdruckumformung (IHU) bei Raumtemperatur

Die größten Einschränkungen der IHU liegen, wie vorhergehend beschrieben, einerseits in der Ausformung von Formelementen, die enge Radien aufweisen. Für die Ausformbarkeit von Radien kann keine allgemeingültige Richtlinie gegeben werden, sie hängt vielmehr von der Halbzeuggeometrie (Durchmesser und Wandstärke) sowie den Werkstoffeigenschaften (Streckgrenze und Bruchdehnung) ab. Andererseits sind die erreichbaren Umformgrade begrenzt, da die Werkstoffe in diesem Temperaturbereich durch die Umformung eine Verfestigung erfahren, die das Formänderungsvermögen begrenzt.

Halbzeuge / Umformgrade / Materialien

Für die IHU kommen geschweißte oder gezogene Rohre, Doppelwandrohre, Strangpressprofile und geschweißte Platinen zum Einsatz [2]. Werkstoffe, die über einen hohen Verfestigungsexponenten verfügen, eignen sich in besonderer Weise für dieses Verfahren, da mit der Verfestigung während der Umformung ein Widerstand gegen lokales Einschnüren und damit Versagen einhergeht. Zusätzlich ist im Sinne angestrebter hoher Umform-

grade eine möglichst große Bruchdehnung des Werkstoffes von Vorteil. Aus den genannten Gründen eignen sich Kupferlegierungen und innerhalb dieser Gruppe das reine Kupfer in besonderem Maße für dieses Verfahren. Die Messinglegierungen sind dagegen nur sehr schwer umformbar.

Anlage und Werkzeugkosten

Die konventionelle IHU bei Raumtemperatur erfordert Pressen mit großen Schließkräften, um die beiden Werkzeughälften während der Umformung geschlossen zu halten. Die Mindestschließkraft F_{\min} lässt sich aus dem maximalen Innendruck $p_{i,\max}$ während des Prozesses, multipliziert mit der in die Werkzeugtrennebene projizierten Gravurfläche A_{proj} bestimmen:

$$F_{\min} = p_{i,\max} \cdot A_{\text{proj}} \quad (1)$$

Hieraus ergeben sich klare Limitationen hinsichtlich der realisierbaren Bauteilgröße. Eine Beispielrechnung verdeutlicht dies: Bei realistisch angenommenen Werten von 2.000 bar für den maximalen Prozessdruck (Kalibrierdruck) und 30.000 kN maximaler Pressenschließkraft ergibt sich eine theoretisch maximal zulässige projizierte Bauteilfläche von 0,15 m²!

Der Innendruck p_i bedingt einerseits die maximale Bauteilgröße, andererseits beschränkt der maximal einstellbare Druck das zulässige Verhältnis von Wandstärke s : Durchmesser D des Halbzeuges. Damit initiales Fließen (Fließspannung k_f wird erreicht) auftritt, gilt:

$$k_f = \frac{p_i \cdot D}{2s} \quad (2)$$

Die Kesselformel (Gl.2) besitzt ihre Gültigkeit nur für dünnwandige Rohre. Werden die Spannungen in dickwandigen Körpern berechnet, kann die Wanddicke nicht vernachlässigt werden und die Formel erweitert sich zu

$$k_f = \frac{p_i \cdot (D - 2s)}{2s} \quad (3)$$

Die Betrachtung dieses Zusammenhangs zeigt, dass bei großen Ver-

hältnissen s/D der notwendige Druck, um Fließen einzuleiten, noch höher liegt, als die Kesselformel ergibt. Dies verdeutlicht die anlagentechnischen Herausforderungen bei der konventionellen Innendruckumformung dickwandiger Halbzeuge.

Bei den für die IHU eingesetzten Werkzeugen handelt es sich gewöhnlich um aus konventionellem Werkzeugstahl gefräste Gesenke, die in der Regel oberflächengehärtet werden. Auf Grund der hohen Prozesskräfte müssen diese Werkzeuge sehr massiv ausgeführt werden, was zu Kosten im Bereich > 100.000 EUR für ein Werkzeug führen kann.

Taktzeiten/Stückkosten

Die erreichbaren Taktzeiten bei der konventionellen Innenhochdruckumformung liegen im Bereich 25 bis 30 s. In Verbindung mit dem Anlageninvest, der für eine Anlage, wie sie im vorhergehenden Abschnitt für die Beispielrechnung herangezogen wurde, bei 2 bis 3 Mio. EUR liegt, und den hohen Werkzeugkosten ergeben sich verhältnismäßig hohe Stückkosten. Daher eignet sich dieses Verfahren nur für Großserienfertigung komplexer Geometrien.

Möglichkeiten der Hohlkörperumformung mit dem HEATforming (HotExpansion-AirTechnologyforming)

Das HEATforming ist die konsequente Weiterentwicklung des IHU um die Wirtschaftlichkeit und Umformbarkeit der Hohlkörper mit Innendruck zu verbessern. Einerseits brachte der Zwischenschritt mit der Warmumformung mit heißen Fluiden den gewünschten Erfolg nicht. Andererseits ist die superplastische Umformung von Metallen nur auf dafür entwickelte Werkstoffe begrenzt. Auch die Wirtschaftlichkeit für größere Stückzahlen ist aufgrund der langen Taktzeiten (oft Stunden bis Tage pro Bauteil) nur selten gegeben. Der Vorteil der superplastischen Umformung ist in dem langsamen Kriechen des Materials an der Werk-

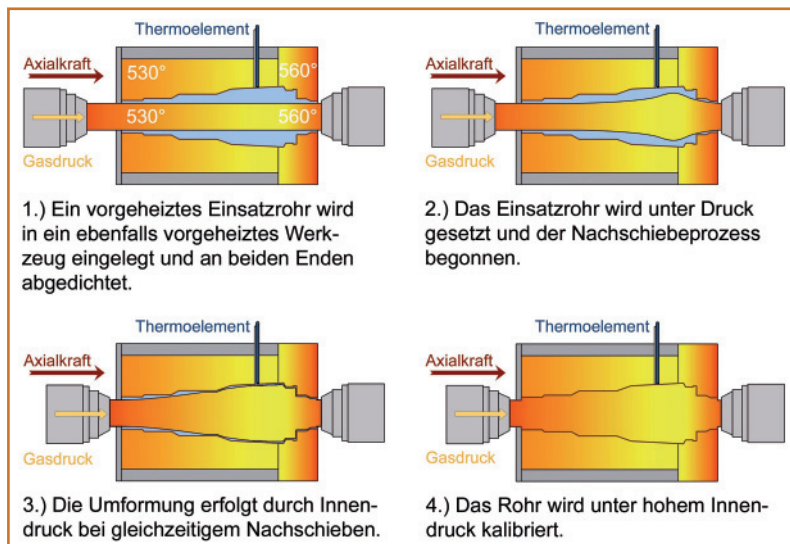


Bild 1: Verfahrensprinzip des HEATformings

zeugwand ohne Stauchkraft zu sehen. Für sehr dünnwandige Bauteile ist es oft die einzige Herstellmöglichkeit.

Einführung in das Verfahren

Wie ein Glasbläser erhitztes Glas in die gewünschte Form bringt, so lassen sich mit dem HEATforming Metalle umgestalten. Das Verfahren nutzt als Druckmedien Luft, Stickstoff oder Argon und erlaubt die Umformung von erwärmten ($> 350\text{ °C}$) metallischen Hohlkörpern, Rohren und Profilen mittels Innendruck sogar mit Umformgraden von über 270 % Umfangsänderung in einem Prozessschritt und kurzen Taktzeiten. Entsprechend dem Bild 1 wurde ein erwärmtes Werkzeug und Hohlkörper mit höchster Temperatur im Bereich der größten Umformung angewendet. Die Werkzeugtemperatur wurde mit einem Thermoelement überwacht und geregelt (Hellgrau=links=ca. 30 °C niedriger als im Bereich des Thermoelementes=Dunkelgrau) Die gewünschte Temperatur entlang des Hohlkörpers wurde mit Hilfe der Induktiverwärmung erreicht.

Grundlagen des HEATformings

Die Technologie des HEATformings wurde im Wesentlichen mit Rohren aus Aluminiumlegierungen entwickelt. Anschließend wurden Umformungen von Messing, Titan und

Stahl durchgeführt. Für die Grundlagenschaffung wurden Rohre ausgewählt mit einem Ausgangsaußendurchmesser von 20 mm, wobei die Wanddicken zwischen einem und zwei Millimeter betragen. Der relativ kleine Durchmesser wurde aufgrund der Kesselformelabhängigkeit, siehe Gleichung (2) und (3), die für kleine Rohrquerschnitte höheren Innendruck fordert, gewählt. Mit diesem recht kleinem Durchmesser sind scharfe Ecken, enge Radien usw. mit einem Innendruck unterhalb 300 bar dargestellt worden. Damit wurden alle wesentlichen Umformungen mit größeren Ausgangsrohrdurchmessern mit dem Druckbereich unterhalb 300 bar nachgewiesen.

Bei verschiedenen Bauteilen aus verschiedenen Metallen (Al, Ms) konnte auch bei Umformgraden von ca. 300 % nahezu gleichbleibende Wanddicke dargestellt werden. Wenn es gelingt, rechtzeitig das gerade umformende (sich dehnende) Material durch Materialnachschieb in diesen Bereichen auszugleichen, dann sind sehr hohe (unendliche = waagerechte Fließlinie) Umformgrade theoretisch möglich. In der Praxis scheitert dies aber oft an hoher Reibung zwischen dem Hohlkörper und Werkzeugwand als notwendiger Materialnachschieb zur richtigen Zeit oder der Eulerschen Knickung bei langen Rohren, die die Materialstauchkraft limitiert oder, oder... Wie auch immer, diese neuen

Freiheitsgrade werden noch mit Hilfe von Forschungsanstrengungen oberhalb der 300 % erschlossen.

Wirkmedium

Da Gase eine niedrige spezifische Wärmekapazität besitzen (Luft $c_v = 0,71$, Stickstoff $c_v = 0,75$, Argon $c_v = 0,33$ [KJ/kgK]) im Vergleich zu Wasser $c = 4,183$ [KJ/kgK] kann das Gas kalt in den erwärmten Hohlkörper eingeleitet werden ohne wesentliche Abkühlung des Umformbereiches. Somit kann auf die Vorerwärmung der Gase verzichtet werden.

Für Messing ist Luft als Druckgas ausreichend. Bei verzunderungsanfälligen Metallen wie Kupfer wird Stickstoff verwendet.

Vorerwärmung der Hohlkörper und Wärmeprofil des Hohlkörpers

Diese o.g. Eigenschaft der Gase ermöglicht es, die Hohlkörper mit einem Wärmeprofil mittels Vorerwärmung zu versehen. Das heißt, der Hohlkörper wird über die Länge mit unterschiedlicher Erwärmungsenergie beaufschlagt. Die höchste Temperatur sollte an den Stellen der höchsten Umformgrade, oder der Stelle an der die Umformung auf jeden Fall beginnen muss, erzeugt werden, um in diese Bereiche gezielt das notwendige Material nachschieben zu können. Dabei sollten die zu dieser Umformzeit nicht umzuformenden Bereiche des Hohlkörpers nicht beeinflusst werden. Mit dem Temperaturgradienten wird die örtliche Materialaufdickung bestimmt. Bei recht langen Rohren, die zunächst keinen Kontakt zu der Werkzeugkavität haben, muss das Wärmeprofil auch aus der Sicht der Eulerschen Knickung betrachtet werden. Dieses Wärmeprofil im Hohlkörper bleibt bis zur Berührung an die Werkzeugwandung unter Gasinnendruck im wesentlichen auf Grund der kurzen Taktzeiten bestehen. Wenn die Umformung im größten Umformquerschnitt beginnt und das hierzu notwendige „Nachschubmaterial“ gezielt hinein transportiert werden kann. So wird beispielsweise auch die Reibung zwischen Halbzeug und Werkzeugwandung minimiert.

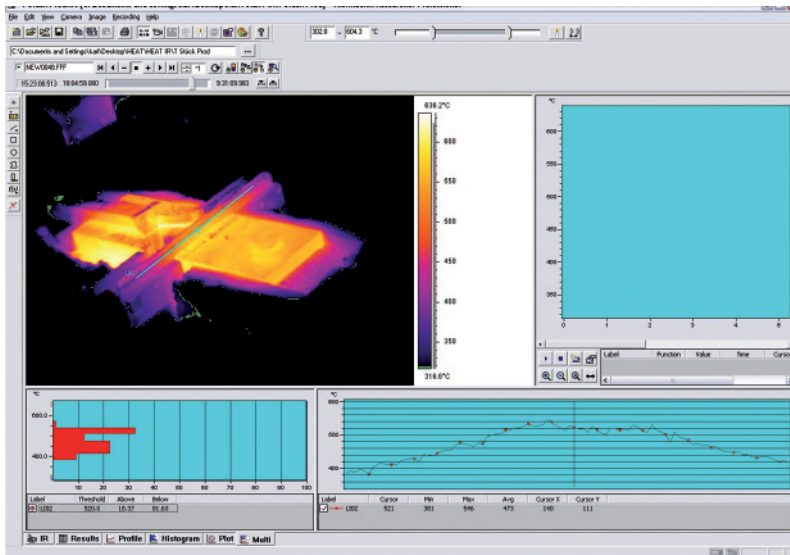


Bild 2: Wärmeprofil eines T-Stückwerkzeugs anhand einer angeschlossenen Wärmekamera und deren Auswertung

Das Wärmeprofil des Halbzeuges kann auch für eine partielle Umformung eines Bauteiles genutzt werden, wobei das Umformwerkzeug nur für den erwärmten = umzuformenden Bereich des Halbzeuges ausgelegt werden muss. Das Wärmeprofil im Halbzeug wird über eine Induktivheizung eingestellt.

Werkzeugheizung und Wärmeprofil der Werkzeugkavität

Mit Hilfe von geeigneten Heizelementen wie Patronen oder Flächenheizungen kann über eine Steuerung gezielt ein Wärmeprofil in einem Werkzeug eingestellt werden. Dies lässt sich auch gut mit einer Wärmekamera visualisieren, siehe Bild 2.

In der Kombination des Wirkens des Wärmeprofils im Halbzeug wie auch im Werkzeug, können Bauteile in einem Prozessschritt realisiert werden, die sonst gar nicht oder nur mit hohem Aufwand realisiert werden können, siehe Bild 3 (Handgriff). Das heißt, dass mit Hilfe der Werkzeugwärme der Ablauf der Umformung mit beeinflusst werden kann. Dies bezieht sich auf den Umformablauf wie auch auf Wandstärkenverteilung am Umfang und Länge. Die Bereiche, die nicht viel umgeformt werden, können beispielsweise höhere Temperatur erfahren um besser Material an die hoch umzuformenden Bereiche abzugeben usw.

Innendruck

Für die Umformungen wird als Standard Innendruck bis zu 300 bar angewendet. Für gesonderte Anforderungen kann Innendruck mit einem Industriekompressor bis zu 450 bar realisiert werden. Für den Materialnachschieb werden relativ niedrige Innendrucke gewählt und für die Endausformung entsprechend den Wunschradien, scharfen Übergängen, Eckausbildungen, Gewinden usw. wird Kalibrierdruck im Normalfall bis zu 300 bar angewendet. In Sonderfällen können Kompressoren für Drücke von 500 bar und 1.000 bar für Kalibrierdrucke genutzt werden.

Abdichtung der Hohlkörper

Die Abdichtung der Halbzeuge kann auch außerhalb des Umformwerkzeuges stattfinden. Dies ist während des Materialnachschiebs sehr vorteilhaft. Hierbei entstehen keine umformbeeinflussenden Reibkräfte zwischen Halbzeug und Werkzeugwandung. Damit wird auch die Prozesssicherheit deutlich verbessert.

Wärmeprofil Halbzeug, Werkzeug und Innenhochdruck

Durch die partielle Erwärmung des Ausgangsrohres wird die schwächste Stelle (= wärmste Stelle) bestimmt, an der die Umformung beginnt. Die Bereiche, die nicht umgeformt wer-

den sollen, können bei Raumtemperatur belassen werden. In der Regel ist der Umforminnendruck so eingestellt, dass die erwärmten Rohrbereiche umgeformt werden, jedoch nicht die kalten. Damit reicht es aus, lediglich die erwärmten Rohrbereiche im Werkzeug zu kapseln. So lassen sich Umformungen auch an langen Bauteilen kostengünstig durchführen, siehe z. B. Bild 6: Mäander.

Schließkraft der Anlage

Auf Grund der geringen Umformdrücke, der partiellen Umformung und der Möglichkeit Druck durch Temperatur zu substituieren, können die Anlagen sehr kompakt gehalten werden, so dass sie leicht in eine Fertigungslinie integriert werden können. Verglichen mit der Standard-IHU kann die Aussage getroffen werden, dass die Zuhaltkräfte zwischen Faktor 10 - 30 geringer ausfallen werden.

Halbzeuge

Die Anforderungen an Halbzeuge sind minimal. So können sowohl geschweißte, gezogene, extrudierte oder sonst (Ziehen, Schweißen, Gießen, Schmieden, Vorwärts- und Rückwärtsfließpressen, Tiefziehen, Rollen, Hämmern) hergestellte Hohlkörper umgeformt werden. Nachgewiesen wurden bereits Umformungen an Querschnitten zwischen 8 und 50 mm Durchmesser mit Wanddicken zwischen 0,7 und 6 mm. Da die Halbzeuge im Temperaturbereich ohne wesentliche Materialversprödung geformt werden, kann z. B. auf die Glühoperation nach dem Biegen oder Ziehen des Halbzeuges völlig verzichtet werden.

Die Anforderung an die Oberfläche des Ausgangshalbzeuges hängt nur von der Anforderung an die Oberfläche des Endproduktes ab. Für Produkte mit sehr hohen Anforderungen an die umgeformte Oberfläche (z. B. Hochglanz oder Verchromen) kann auch das Rohrherstellverfahren von Bedeutung sein, um mögliche Fließlinien oder partielle Oberflächenrauheiten (Orangenhauteffekt) nach dem veredeln zu vermeiden. Dies gilt auch für extrudierte Halbzeuge.



Bild 3: Handgriff

Materialien, Legierungen

Messing

Messinglegierungen können mit hohen Umformgraden umgeformt werden. Für hohe Umformgrade, bei denen Material an der Werkzeugwandung gleiten muss, ist es vorteilhaft, das Umformwerkzeug mit Stickstoff zu fluten, um die Schmiermittel im Temperaturbereich von ca. 750 °C zu schützen. Auch beim Messing sind direkt polierbare Oberflächen erzielbar.

Kupfer

Kupferumformungen sind je nach Materialzusammensetzung zu bewerten. Grundsätzlich eignen sich alle Kupferlegierungen. Derzeit wird die Entwicklung in dem Bereich von 850 °C bzw. 900 °C vorangetrieben. Für diese Temperaturbereiche sollte das Halbzeug vorteilhafter Weise mit Stickstoff innen und außen geflutet sein, um die Verzunderung des Materials zu verhindern.

Umformanlage

Die Anlagen werden in einem Baukastensystem konstruiert in Abhängigkeit von der erforderlichen Bauteilfamiliengröße und der dazu notwendigen Schließkräfte. Die Peripherie um die Anlage ist selbstverständlich auch von den umzuformenden Metallen abhängig:

Die Warmumformanlage ist für alle Metalle, die bis zu 1.000 °C umformbar sind (Buntmetalle, Cu), konzipiert. Die notwendigen Zuhaltekräfte richten sich nach den jeweiligen Anforderungen oder dem Bauteilspektrum des Betreibers.

Werkzeug

Das Werkzeug wird den Kundenanforderungen entsprechend definiert:

Werkzeugheizung

Das Werkzeug wird in der Regel mit Heizpatronen elektrisch auf eine Temperatur von ca. 750 bis 900 °C für Ms, Cu und deren Legierungen aufgeheizt und auf der Umformtemperatur gehalten werden, Toleranz ± 10 °C.

Abkühlstrecke

Nach dem Umformvorgang werden die Werkstücke durch das Be- und Entladehandling in der Abkühlstrecke abgelegt. Durch die Puffergröße werden die Teile auf unter 50 °C in der Abkühlstrecke gekühlt, bevor sie manuell entnommen werden.

Realisierte Umformungen mit Gasmedium

Die realisierten und unten aufgeführten Bauteile aus Aluminium sind aus heutiger Sicht auch aus Messinglegierungen darstellbar.

Handgriff

Das umzuformende Al-Rohr wurde vorgebogen, auf ca. 500 - 600 °C induktiv erhitzt und in eine Werkzeugform (Kavität), die die endgültige Form des umzuformenden Bauteils bestimmt, eingelegt.

Durch Einbringung von einem Luftdruck von 20 - 60 bar dehnte sich das Ausgangsrohr, während Material nachgeschoben wurde, in die Werkzeugform aus. Im ersten Umformabschnitt wurde die Mitte mit Hilfe des Wärmeprofiles im Rohr vorgeformt, wobei das Nachschubmaterial durch den kleinsten Querschnitt geschoben wurde. Nach der Ausformung der Mitte wurde das Wärmeprofil des Umformwerkzeuges für das faltenfreie Materialnachschieben genutzt. Die Taktzeit für dieses Bauteil beträgt ca. 25 Sekunden.

T-Stück

Das umzuformende Al-Rohr wurde auf ca. 500 - 600 °C induktiv erhitzt



Bild 4: T-Stück

und in die Werkzeugform eingelegt. Über Axialzylinder wird bei gleichzeitiger Einbringung von Luftdruck (20 - 100 bar) das Rohr gedehnt und weiteres Material in den Bereich der maximalen Ausformung geschoben, bis das T-Stück ausgeformt ist, vergleiche Bild 4.

„Scharfe Ecke“

Das umzuformende Al-Rohr wurde vorgebogen, auf ca. 500 - 600 °C induktiv erhitzt. Durch Einbringung von einem Luftdruck von 20-60 bar dehnt sich das Ausgangsrohr in die Werkzeugform aus. Die Taktzeit für dieses Bauteil beträgt ca. 20 Sekunden.



Bild 5: Scharfe Ecke

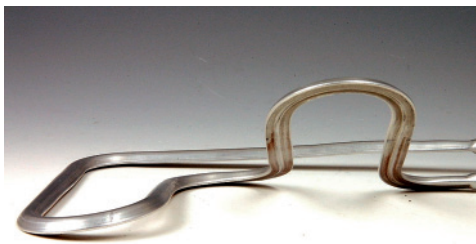


Bild 6: Mäander angeflacht

Mäander

Aus einem runden Al-Ausgangsrohr wurde ein Mäander entsprechend der Werkzeugkontur vorgebogen. In diesem Fall wurde der vorgebogene Mäander durch das Werkzeug auf die Umformtemperatur erwärmt und anschließend mit einem Innendruck von ca. 20 bar ausgeformt (Bild 6).

Messingbauteil mit geformten Gewinde

Aufgrund der Geheimhaltung der Produktkonstruktion kann nur ein Ausschnitt des Bauteiles gezeigt werden. Das Bauteil selbst wird in Abhängigkeit der gewählten Legierung zwischen 40 und 70 bar geformt, das 1" Gewinde wird im Bereich zwischen 140 und 220 bar kalibriert. Die Taktzeit wird ohne Gewinde unter 20 Sekunden liegen mit Gewinde je nach Legierung zwischen 30 und 40 Sekunden, vergleiche Bild 7.



Bild 7: Messingbauteil mit 1" Gewinde

Messingdemonstrator

Da der derzeitige Stand der Technologie anhand aktueller Bauteile wegen

Kundenschutz nicht aufgezeigt werden kann, wurde ein so genannter Demonstrator mit vielen Schwierigkeitsstufen realisiert (Bild 8).

Vergleich zur Standard IHU

Qualitativ konnten auf Grund der gesammelten Informationen und heruristischen Erfahrungen folgende Unterschiede zur Standard-IHU identifiziert werden:

- Geringere Zuhaltkräfte,
- integration in die Fertigungslinie,
- kleinere Werkzeuge,
- partielle Werkzeuge,
- mehr Prozessparameter, die die Umformung beeinflussen,
- kleinere Radien,
- kürzere Taktzeiten,
- höhere Umformgrade, ohne Zwischenglühen sowie
- größere Wanddicken

Ausblick

Die Entwicklung des HEATverfahrens orientierte sich bisher an dem Nachweis der wirtschaftlichen Umformung von Bauteilgeometrien, die in vielen Bauteilen heute wiederzufinden sind. Allerdings werden in der Regel heute diese Bauteile nicht aus einem Stück geformt, sondern aus verschiedenen Komponenten zusammengefügt bzw. mit Hilfe aufwändiger Technologien realisiert. Dies ermöglicht es Konstrukteuren, mit neuen Ideen und Ansätzen Bauteile zu entwerfen, die aus Rohrprofilen gefertigt werden können.

Die Anwendung der Gase bietet heute viele Vorteile aus der Sicht der möglichen Umformgrade, Konstruktionen und Wirtschaftlichkeit. Da die Anlagen und Umformwerkzeuge auch für den Mittelstand wirtschaftlich sind, keine besonderen baulichen Maßnahmen wie Fundamente benötigt werden, kann auch über kleinere Serienstückzahlen und direkte Integration in den Gesamtproduktfertigungsablauf nachgedacht werden.

Erste Anwender haben diese Chance erkannt und werden in naher Zukunft Formteile fertigen, die bisher aus verschiedenen Elementen zusammen-



Bild 8: Demonstrator aus CuZn37

gefügt wurden bzw. sehr aufwändig realisiert wurden.

Im Rahmen der ersten Serienfertigung werden die bisher erzielten Taktzeiten und das Handling weiter optimiert, so dass die „Boden zu Boden Zeiten“ für die meisten Bauteile unter 20 Sekunden liegen werden.

Literatur

- [1] Liewald, M.: Hydroumformung von Rohren, Strangpressprofilen und Blechen; MAT INFO Werkstoff-Informationsgesellschaft, Frankfurt 2005
- [2] SCHULER Handbuch der Umformtechnik, Springer Verlag 1998. ISBN 3-540-61099-5
- [3] Lange, K.: Umformtechnik Band 1; Springer Verlag Berlin Heidelberg 2. Auflage, 1984
- [4] Groche, P.; Dörr, J.; Erhardt, R.: Halbwarmblechumformung - Werkzeugkonzepte und Verfahrensgrenzen. Tagungsband zum 8. Umformtechnischen Kolloquium Darmstadt, Bamberg: Meisenbach-Verlag, 2003
- [5] Neugebauer, R.; Seifert, M.: Umformgrenzen überwinden mit temperiertem IHU. BLECH InForm 3/2005
- [6] www.konstruktion.de, Code: ke3967
- [7] Heatforming als Weiterentwicklung des IHU an der Schwelle zur Massivumformung Peter Amborn, Karl Kipry (HEATform), Peter Groche, Dirk Elsenheimer (PtU Darmstadt)

(1) Dr.-Ing. Peter Amborn