

Ü/413

Klubovič, V. V.; Komlik, L. K.; Chrenov, O.V.:

**Ziehen von Rohren aus Aluminiumlegierungen über einem
Pendelziehdorn mit Ultraschall**

Deutsche Vollübersetzung aus:
Plastičnost' i obrabotka metallov davleniem. Moskva, 1974, S. 58-62.

Russ.:
Волочение труб из алюминиевых сплавов на самоустанавливающейся оправке с
ультразвуком
Voločenie trub iz aljuminievych splavov na samoustanavlivajuščejsja
opravke s ul'trazvukom

Um Rohre mit engen Toleranzen für Durchmesser und Wandung zu bekommen, nutzt man den Ziehprozeß über einem festen und einem Pendelziehdorn oder einem fliegenden Dorn. Beim Ziehen über festem Dorn kann man keine aufgerollten Rohrknüppel durchziehen. Diesen Mangel hat der Rohrziehprozeß über Pendelziehdorn nicht. Erste Ausarbeitungen und Forschungen dazu wurden in der UdSSR von P. I. Orro durchgeführt. Mit diesem Verfahren zieht man sehr lange Rohre mit einer hohen Geschwindigkeit und folglich auch mit hoher Produktivität.

Um die Ziehkraft zu verringern, den Formänderungsgrad zu vergrößern, die Zahl der Stichabnahmen und des Zwischenglühens zu verringern und die Qualität der Erzeugnisse zu verbessern, werden in der Sowjetunion und im Ausland Forschungen zur Untersuchung des Ziehprozesses unter Anwendung von Ultraschallschwingungen durchgeführt.

In dieser Arbeit werden Ergebnisse des Ziehens von Aluminiumrohren über einem Pendelziehdorn mit Ultraschall aufgeführt.

Die Untersuchungen zum Ziehen wurden auf einer Kettenziehbank mit Geschwindigkeiten von 4,8 - 36 m/min durchgeführt. Die maximale von der Ziehbank entwickelte Zugkraft betrug 5 t bei einer Ziehgeschwindigkeit von bis zu 4,8 m/min und 1,5 t bei einer Steigerung der Ziehgeschwindigkeit auf bis zu 36 m/min. Das Registrieren der Ziehkraft auf der Ziehbank erfolgte mit Hilfe der Druckkraftmeßdose, die an der Matrizenhalterung befestigt war und über den Dehnungsmessungsverstärker TA-5 mittels Aufzeichnung von Diagrammen auf einem Gerät des Typs N 320-5M, die anschließend ausgewertet wurden. Vorher wurde die Meßdose auf der Universalwerkstoffprüfmaschine KIM-50 kalibriert.

Für das Ziehen wurde ein spezieller magnetostriktiver Umformer mit einer durchgehenden Öffnung für den Durchgang des zu ziehenden Materials verwendet. Das Ziehhol wurde im Bewegungsbauch des Konzentrators gepreßt. Als Elektroenergiequelle diente der Ultraschallgenerator UZG-10U mit stufenweiser Frequenzregulierung. Die Schwingungsintensität wurde durch die Regulierung der Anodenspannung und der Ausgangsspannung des Generators UZG-10U verändert. Der Wirkungsgrad der Ultraschalleinwirkung wurde nach der Beziehung

$$n = \frac{P_b - P_u}{P_b} \quad ^1$$

beurteilt, wobei P_b und P_u die Zugkräfte ohne bzw. mit Einkopplung von Ultraschallschwingungen bei Gleichheit der übrigen Bedingungen sind. Vor dem Ziehen wurden auf die Außenfläche des Rohres zwei Verbeulungen aufgebracht, der Innendurchmesser geschmiert (mit Zylinderöl), der Dorn eingesetzt, das Rohr auf die notwendige Größe angespitzt, die Außenfläche des Rohrs geschmiert und an der Rohrringel eingespannt. Der Versuch, über dem Ziehdorn Rohre mit Ultraschall ohne vorheriges Aufbringen von Verbeulungen zu ziehen, führte immer zum Nichterfassen des Dorns infolge des Ausschlagens der letzten Ultraschallschwingungen beim Einschalten.

¹ P_b russisch "bez ul'trazvuka", deutsch : ohne Ultraschall

P_u russisch "ul'trazvuk", deutsch: Ultraschall (Anmerkung des Übersetzers)

Im Verlauf des Rohrziehens befinden sich alle Glieder des akustischen Systems (der Konzentrador, das Ziehhol, das Rohr usw.) in beanspruchtem Zustand. Das führt zu einer Veränderung der Kristallgitterparameter, der physikalisch-mechanischen Eigenschaften und der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen in den Metallen, aus denen die Systemglieder hergestellt sind. Infolgedessen verändern sich auch die Resonanzbedingungen des akustischen Systems. Deshalb ist das akustische Resonanzsystem im beanspruchten Zustand eine notwendige Bedingung, um einen maximalen Wirkungsgrad des Rohrziehens mit Ultraschall zu erreichen. Zu diesem Zweck wurde im Anfangsmoment des Ziehens auf dem Diagramm des Gerätes N 320-5M der Beginn des stabilen Ziehprozesses fixiert, die Ziehbank zum Stillstand gebracht und abschließend das System auf Resonanzbedingung abgestimmt.

Als Ziehgut verwendete man Rohre mit einem Durchmesser von 17 mm und einer Wandstärke von 1,2 mm in verfestigtem Zustand aus Aluminium AD 1 (Knetaluminium) und der Legierung AD 31.

Die Ergebnisse der Ziehversuche mit den oben angeführten Werkstoffe unter konventionellen Bedingungen und beim Einkoppeln von longitudinalen Ultraschallschwingungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1
Rohrziehen beim Einkoppeln von longitudinalen Ultraschallschwingungen

Übergang	Werkstoff	Streckung, μ	Kraft beim Ziehen, kp		Wirkungsgrad der Ultraschalleinwirkung
			unter konventionellen Bedingungen, P_b	mit Ultraschall, P_{II}	
$\emptyset 17,0 \times 1,2 \rightarrow$	AD1	1,51	374	275	26,5
$\rightarrow 13,6 \times 1,0$	AD31	1,51	517	385	25,5
$\emptyset 13,6 \times 1,0$	AD1	1,44	264	181,5	31,2
$\rightarrow \emptyset 9,95 \times 0,97$	AD31	1,44	374	269,5	28
$\emptyset 9,95 \times 0,97 \rightarrow$	AD1	—	115,5	88	24
$\rightarrow 8 \times 0,97$	AD31	—	165	132	20
Vollprofilziehen					

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, ist der Wirkungsgrad der Ultraschalleinwirkung bei den gezogenen Legierungen AD 1 und AD 31 unterschiedlich. So ist die Ziehkraftabnahme beim Hohl- und Vollprofilziehen für Aluminium AD 1 etwas größer als für die Legierung AD 31. Eine charakteristische Besonderheit des Prozesses ist die Veränderung des Wirkungsgrades der Ultraschalleinwirkung beim Rohrziehen am ersten und zweiten Übergang: Mit der Verringerung der Rohrwandstärke erhöht sich die Ziehkraftverminderung für alle Werkstoffe. Das ist offensichtlich verbunden mit einer Steigerung der spezifischen Schalleistung, die auf eine verschobene Volumeneinheit in der Umformzone kommt.

Tabelle 1 zeigt auch, daß das Rohrziehen mit Ultraschall über einem Pendelziehdorn effektiver ist als das Vollprofilziehen. Der Ziehkraftabfall um einen Wert, der größer ist als beim Vollprofilziehen, kann durch eine Senkung der Reibungskräfte nicht nur zwischen Ziehhol und Rohr, sondern auch zwischen Rohr und Dorn erklärt werden. Einer der Hauptfaktoren, die den Grad der Senkung des Metalldrucks auf das Ziehhol beim Ziehen mit Ultraschall bestimmen, ist die Schwingungsintensität, die bei konstanter Frequenz durch den Amplitudenwert bestimmt wird. Beim Ziehen mit longitudinalen Ultraschallschwingungen des Ziehholts kann man, indem man die Amplitude reguliert, die kinematischen Bedingungen in der Umformzone und die Größe der tangentialen Wechsellspannungen in breiten Grenzen verändern, d.h. man kann eine unterschiedliche Effektivität der Ultraschalleinwirkung erreichen.

Es ist anzumerken, daß sich die Veränderung der Schwingungsamplitude nicht proportional auf die Veränderung der Reibzahl und die Größe der Wechsellspannungen auswirkt, die durch longitudinale Schwingungen des Ziehholts bedingt sind. Sie hängt von den Formänderungsbedingungen ab: von der Intensität des Ultraschalls, der dem Ziehhol zugeführt wird; von der Form der Umformzone; vom spezifischen Druck, der auf das Ziehhol von Seiten des zu verformenden Metalls ausgeübt wird und dem in ihm geschaffenen Spannungspol; vom Flächeninhalt der Kontaktoberfläche; von der Art des Werkstoffes; von der Formänderungsgeschwindigkeit; vom Vorhandensein einer Schmierung und einer Reihe anderer Faktoren. Dabei gelangen mit der Veränderung der Formänderungsbedingungen auf unterschiedlicher Stufe Faktoren zur Auswirkung, die eine Senkung des statischen Metalldrucks auf das Ziehhol bedingen. Deshalb gibt es in der Literatur wenig analytische Daten, die die Abhängigkeit der Ziehkraft von der Intensität der Ultraschallschwingungen charakterisieren. Gegenwärtig bereitet es große Schwierigkeiten, solche Daten zu bekommen.

Der Einfluß der Intensität der longitudinalen Schwingungen auf den Grad der Kraftsenkung beim Hohlprofilziehen wurde an Rohren mit den Ausgangsgrößen von 17,2x1,3 und 17,1x1,25 aus der Legierung AD 31 untersucht. Die entsprechenden Ziehverhältnisse waren gleich 1,64 und 1,57. Die Intensität der Ultraschallschwingungen wurde verändert, indem man die Anodenspannung des Ultraschallgenerators regulierte. Die Versuche wurden bei vier Anodenspannungswerten durchgeführt: 4,5; 6; 7 und 8 KW. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2
Einfluß der Intensität der Ultraschallschwingungen auf die Rohr-Ziehkraft über einem Pendelziehdorn

Anodenspannung in kW	Werkstoff	Kraft beim Ziehen in kp		Wirkungsgrad der Ultraschalleinwirkung
		unter konventionellen Bedingungen P_b	mit Ultraschall P_{11}	
4,5	AD1	412,5	341	17,6
	AD31	544,5	456,5	16,2
6	AD1	412,5	320	21,7
	AD31	544,5	429	21,2
7	AD1	412,5	312	24,3
	AD31	544,5	418	23,2
8	AD1	412,5	295,5	28,4
	AD31	544,5	412	24,2


Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, erhöht sich mit steigender Anodenspannung der Wirkungsgrad der Ultraschallschwingungen - am intensivsten bei der Legierung AD 1.

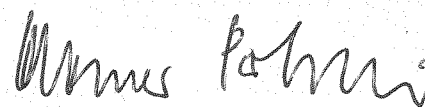
So stieg z.B. die Ziehkraftverringering bei einer Steigerung der Anodenspannung von 4,5 auf 8 KW von 17,6 auf 28,4 %, d.h. sie wuchs um 10,8 %. Dementsprechend erhöhte sich für die Legierung AD 31 die Ziehkraftverringering von 16,2 auf 24,2 %, d.h. sie wuchs um 8 %.

Somit kann im Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen festgestellt werden, daß es das Rohrziehen aus Aluminiumlegierungen über einem Pendelziehdorn unter Einkopplung von longitudinalen Ultraschallschwingungen ermöglicht, die Ziehkraft um 25 - 32 % zu senken und gleichzeitig die logarithmische Formänderung beim Ziehen pro Durchgang zu steigern. Das Rohrziehen mit Ultraschall über einem fliegenden Dorn ist effektiver als das Vollprofilziehen. Die Anwendung von Ultraschallschwingungen mit großer Intensität ist eine notwendige Bedingung für die effektive Senkung der Ziehkraft, besonders bei hohen Prozeßgeschwindigkeiten.

Stuttgart, den 18. 10. 1994

übersetzt von:


(Sören Ludwig)


(Ottmar Pertschi)
Diplom-Übersetzer