

## Heiß geht es leichter ...



Bild 1: Anlage zum Ziehen von Titanlegierungen.  
Hier erfolgt die Erwärmung des Drahts durch Induktion.  
Bilder: Kieselstein

Die stetige Entwicklung von neuen Werkstoffen und die Erweiterung der Anforderungen an deren Eigenschaften erfordern eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologien zu deren Verarbeitung. Ein gutes Beispiel hierfür sind Verfahren zur Veredelung von Oberflächen und neue Technologien zur Wärmebehandlung von Drähten, um deren Eigenschaften anwendungsbezogen einstellen zu können. Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte verlangen gleichzeitig eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit unter Schonung von Ressourcen. Dadurch entstehen Anlagenkonzepte, welche die Zusammenführung von einzelnen, bisher unabhängigen Prozessschritten, in kombinierte Anlagen zum Ziel haben. Diese Entwicklungen gelten selbstverständlich auch für die Drahtindustrie beim Ziehen von Draht. Besonders Drähte mit einem geringen Umformvermögen schränken eine wirtschaftliche Produktion auf existierenden Maschinen und Anlagen ein. Auf Grund fehlender Vielfalt an Ausgangsdraht-Abmessungen sind für viele Anwendungen zahlreiche Umformstufen notwendig, um die angestrebten Fertigdrahtabmessungen zu erreichen. Dieses Spannungsfeld aus gerin-

gem Umformvermögen der Werkstoffe und dem Verhältnis von Ausgangsmaterial zur Fertigdrahtabmessung erfordern zusätzliche Prozessschritte, um das Umformvermögen wiederherzustellen beziehungsweise aufrechtzuerhalten. Letztlich bedeutet das eine Kombination von mehreren Ziehvorgängen – meist Verarbeitung auf einstufigen Ziehanlagen – mit geringen Querschnittsabnahmen und anschließenden Wärmebehandlungen.

### Stand der Anlagentechnik

Bereits seit Jahren wird das Warmumformen beim Drahtziehen von schwer kaltumformbarem Material wie Wolfram, Molybdän angewandt. In verschiedenen Veröffentlichungen wurde auf die Vorteile dieser Technologie eingegangen. Im Folgenden werden der aktuelle Stand der Anwendung des Warmziehens von Draht und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten aufgezeigt und der Stand der Anlagentechnik vorgestellt. Im Allgemeinen wird unter Warmziehen das Umformen eines vorgewärmten Drahts verstanden. Das heißt, der Draht wird zunächst auf eine Temperatur – in Abhängigkeit von seinen konkreten Materialeigenschaften – erwärmt und anschließend gezogen. Wirt-

schaftlich sinnvoll ist eine Erwärmung direkt in der Ziehlinie. Eine weniger wirtschaftliche und ressourcenbelastende Alternative stellt das Erwärmen in einem separaten Ofen dar. Bild 1 zeigt eine Anlage zum Ziehen von Titanlegierungen. In diesem Fall erfolgt die Erwärmung des Drahts durch Induktion. Alternativen sind die Gaserwärmung oder die kontaktierende Erwärmung unter Nutzung des elektrischen Widerstandes. Durch die Erwärmung ändern sich die Werkstoffeigenschaften: Das Umformvermögen wird erhöht. Zum Beispiel entstehen dadurch zusätzliche Gleitebenen, wodurch die Querschnittsreduzierung je Umformschritt deutlich erhöht werden kann. Bei einer gezielten Steuerung des Verfahrensverlaufs wird gleichzeitig die Kaltverfestigung des Drahts verhindert. Dadurch können die Drähte, ohne Zwischenbehandlung direkt weiter gezogen werden. Bei einigen Ziehfolgen steht als letzter Prozessschritt ein Kalibrieren durch Kaltziehen – Umformen bei Raumtemperatur – des Drahts, um Maßhaltigkeit zu erreichen. Selbstverständlich ist dieser letzte Schritt vom Drahtwerkstoff abhängig und es werden dabei nur geringe Querschnittsabnahmen erzielt. Wie erwähnt, wird das Warmziehen seit

vielen Jahren bei der Herstellung von Wolfram- und Molybdendrähten angewandt. In den letzten Jahren sind vermehrt Titan- und Titanlegierungen hinzugekommen. Es sind nicht nur schmelzmetallurgisch hergestellte Werkstoffe, die durch Warmumformung umgeformt werden, sondern auch pulvermetallurgische Werkstoffe. Auch lassen sich Titan-nickellegierungen, so genannten Memory-Legierungen mit einem pseudoelastischen/pseudoplastischen Werkstoffverhalten durch Warmziehen sehr gut umformen.

Um möglichst schnell konkrete Aussagen zu den möglichen Vorteilen des Warmziehens treffen zu können, nutzt Kieselstein International einen selbst entwickelten Versuchstand für technologische Vorversuche, Bild 2. Anhand dieser Versuche und deren Ergebnisse können die erreichbaren Reduzierungen bestimmt und die Drahteigenschaften



Bild 2: Detail der Versuchseinrichtung für Magnesiumdraht.

ten nach dem Warmziehen ermittelt werden. Diese Einrichtung steht Interessenten zur Verfügung. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nur wenige Meter Draht gebraucht werden, um erste Aussagen treffen zu können. So konnte im Vorfeld eines Maschinenauftrages für eine Ziehanlage zum Ziehen von Titanlegierungen nachgewiesen werden, dass sich die Querschnittsreduzierung gegenüber der Umformung bei Raumtemperatur um das Dreifache steigern lässt. Dabei wurden unterschiedliche Temperaturen getestet, um die optimalen technologischen Parameter für das Warmziehen zu finden. In einer Kooperation mit einer regionalen Forschungseinrichtung und einem Unternehmen, welches auf die Untersuchung der mechanischen Materialeigenschaften spezialisiert ist, wurden die spezifischen Werkstoffkennwerte ermittelt.

#### Aufbau der Versuchsanlage

Im Ergebnis entfällt für den Anwender eine Vielzahl von Umformstufen. Durch Entfestigungsvorgänge während des Umformvorgangs lag der Wert der Zugfestigkeit des Drahts nach dem Ziehen in einem ähnlichen Bereich wie beim Ausgangsmaterial. Dadurch konnte unmittelbar im Anschluss ein weiterer Ziehvorgang durchgeführt werden und aufwendige Zwischenglühprozesse entfallen. Aufgrund des deutlich schnelleren Durchlaufs durch reduziertes Handling und wegfallende Zwischenglühprozesse kann die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von Titan- und Titanlegierungen deutlich gesteigert werden. Zusätzlich sinkt beim Warmziehen der Ziehkraftbedarf für die Querschnittsreduzierung, wodurch die Antriebsleistung der Ziehanlage reduziert werden kann.

Anhand der Ergebnisse der Warmziehversuche entstand ein überarbeitetes Maschinenkonzept, das den technischen Herausforderungen Rechnung trägt. Die Verbindung von induktiver Drahterwärmung mit Automatisierung ermöglicht hohen Durchsatz. Dabei wurde auf maximale Sicherheit für das

Bedienpersonal Wert gelegt. Die Anlage hat eine automatische Einziehzange, die den Kontakt mit dem Draht ersetzt. Gleichwohl gibt es eine Vortreibeinrichtung, um das Ziehgut während des Einziehvorganges gesteuert durch den Ofen und durch den Ziehstein zur Einziehzange zu führen. Die Messeinrichtungen wurden in die Anlage integriert; unter anderem zur kontinuierlichen Temperaturüberwachung von Draht und Richtprozesses vor der Erwärmungseinheit sowie der Ziehkräfte. Die Kontrolle der Drahttemperatur nach dem Verlassen der Erwärmungseinheit und der Temperatur im Einlauf in den Ziehstein sind für einen stabilen Prozess von Bedeutung. Während des Einziehens ist die Kontrolle der tatsächlichen Temperatur entscheidend, um Drahtbrisse zu vermeiden. Der Ziehstein in der Anlage ist beheizt und wird später im Prozess über eine Temperaturüberwachung gleichwohl gekühlt. Damit wird maximale Standzeit des Werkzeugs erreicht. Die Anlage ist im Bereich höherer Temperaturen mit einer Speziallackierung versehen. Komponenten wie Hydraulikzylinder, Schläuche und Kabel sind in den entsprechenden Schutzklassen ausgeführt, um ihre Haltbarkeit zu gewährleisten. Das Maschinenkonzept gestattet es, die Anlage später durch zusätzliche Erwärmungseinheiten zu erweitern. Es ist modular gestaltet, wodurch die Möglichkeit zur spanenden Warmbearbeitung durch Nachrüsten einer Zieherschäuleinheit besteht. Auf dieser Basis können Warmziehanlagen in unterschiedlichen Baugrößen entsprechend der Drahtabmessungen angeboten werden.

Jens Kieselstein und Gerald Walter, Kieselstein International GmbH

**Kieselstein International GmbH**  
 Erzbergerstraße 3, 09116 Chemnitz  
 Ansprechpartner ist Jens Kieselstein  
 Tel.: + 49 371 9104103  
 j.kieselstein@kieselstein.com  
 www.kieselstein.com