

Titel

Anwendung von Plasmaborierverfahren zur Steigerung der Belastbarkeit von Schmiedegesesenken

IGF-Nr.: 19553 N

Forschungseinrichtungen

Forschungseinrichtung 1: Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe,
Remscheid (IFW)

Forschungseinrichtung 2: Leibniz Universität Hannover
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM)

Forschungseinrichtung 3: Fraunhofer-Gesellschaft e.V.
Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST)



Danksagungen

Das IGF-Vorhaben 19553 N der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. – FGW, Papenberger Straße 49, 42859 Remscheid wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ausgangssituation

Die bestimmenden Faktoren für die Wirtschaftlichkeit eines Warmmassivumformprozesses setzen sich aus den Materialkosten, Werkzeugkosten, Rüst- und Anlaufkosten, Fertigungskosten, Ausschuss und Nacharbeit sowie Verwaltungs- und Betriebskosten zusammen. Die Werkzeugkosten nehmen dabei einen Anteil von bis zu 17 % ein. Aufgrund des in den letzten Jahren stark zugenommenen Automatisierungsgrads, der steigenden Prozesssicherheit sowie der preislichen Bindung an die Stahlerzeuger bleiben den Unternehmen der Branche oft nur die Werkzeugkosten als signifikanter Faktor zur Steigerung der wirtschaftlichen Effizienz. Der Verschleiß der formgebenden Werkzeugelemente spielt dabei eine entscheidende Rolle, da dieser die Ursache für 46 % aller Werkzeugausfälle darstellt, wodurch Prozessunterbrechungen hervorgerufen werden. Damit beeinflusst der Werkzeugverschleiß nicht nur die Werkzeugkosten, sondern auch die Fertigungskosten, Rüst- und Anlaufkosten sowie die Kosten für Ausschuss und Nacharbeit.

Zur Reduzierung des Werkzeugverschleißes wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Maßnahmen erprobt. Etabliert hat sich das Nitrieren der üblicherweise aus Warmarbeitsstählen hergestellten Werkzeuge. Weiteren Verbesserungen hinsichtlich der Standmenge sind jedoch durch die begrenzte thermische Stabilität der Nitrierzone enge Grenzen gesetzt. Durch Borieren lassen sich prinzipiell thermisch höher belastbare Werkzeuggrandschichten erzielen. Die technische Umsetzung scheiterte bisher an der fehlenden Verfügbarkeit geeigneter Boriervorgängen, die eine porenfreie Behandlung von Warmarbeitsstählen erlauben. Mit der Weiterentwicklung der Plasmaboriertechnik, insbesondere durch die Kombination mit einer effektiven Prozessüberwachung, haben sich neue Möglichkeiten für die Realisierung dieses Lösungsansatzes ergeben. An dieser Stelle setzte das Projektvorhaben an.

Borieren ist ein thermochemisches Diffusionsverfahren, bei dem durch Eindiffundieren von Bor in die Werkstoffoberfläche harte und verschleißbeständige Borierschichten erzeugt werden. Beim Borieren von Stahl sind nach herkömmlichen Methoden und je nach Legierungszusammensetzung Temperaturen zwischen 840 °C bis 1050 °C erforderlich, wobei in Abhängigkeit vom Grundwerkstoff Härten bis über 2000 HV möglich sind. Hohe Schichthärten werden auch bei unlegierten Stählen durch Bildung von Eisenboriden (Fe_2B) erreicht. Dies führt zu einem sehr hohen Widerstand gegen abrasiven Verschleiß. Bekannt sind ferner ein hoher Widerstand gegen adhäsiven Verschleiß sowie ausgeprägte Selbstschmiereffekte. Entscheidend für den Schutz der Schmiedegesenke vor Härteverlust durch lokale Überhitzung ist jedoch die hohe thermische Beständigkeit der Borierschichten sowie deren sehr gute Verzahnung mit dem Grundwerkstoff.

Nachteil der Borierverfahren mit gasförmigen Borspendern sind die korrosiven Angriffe der Oberfläche der gasförmigen Spendermedium wie Bortrichlorid (BCl_3). Erst durch die Verwendung von Gasgemischen mit Stickstoffanteilen, die Absenkung des Prozessdrucks und die Verwendung von Plasmen zur Aktivierung des Gasgemischs konnte eine weitgehend porenfreie Borierschichtbildung erreicht werden.

Forschungsziel

Um das Potenzial des Plasmaborierens von Schmiedegesenken nutzen zu können, wurden die folgenden drei Forschungshypothesen aufgestellt und im Forschungsprojekt validiert:

1. Auf Warmarbeitsstählen wie 1.2343 (X37CrMoV5) und 1.2367 (X37CrMoV5-3) lassen sich belastbare Plasmaboridschichten erzeugen.
2. Das Plasmaborieren ist ein dem Pasten- und Pulverböreren äquivalentes Verfahren.
3. Plasmaborierte Gesenke besitzen eine höhere Verschleißbeständigkeit als vergütete.

Vorgehensweise und Forschungsergebnisse

Zunächst wurden Testsubstrate in Form von Rundflachproben für die Schichtcharakterisierung und Flachstauchbahnen für die Verschleißcharakterisierung hergestellt und plasmaboriert. Der Plasmaborierprozess wird bei Temperaturen oberhalb von 700 °C durchgeführt. Bei acht von 11 untersuchten Legierungen konnte eine gut haftende Boridschicht erreicht werden. Unabhängig von den Eingangshärten führt die thermische Entfestigung zu dem Ergebnis, dass ein nachgeschalteter Vergütungsprozess zur gezielten Einstellung der Arbeitshärten erforderlich ist. Die metallographischen Ergebnisse, samt mikro- und nanoskopischer Härteprüfungen zeigten keinen Einfluss der Diffusionsglühbehandlung. Die ermittelten nanoskopischen Härtewerte zeigen nach dem Borieren samt Nachvergütungsprozess Werte von mehr als dem Vierfachen bei einem vergüteten Stahl 1.2367. Das Plasmaborieren liefert vergleichbare Schichten wie das Pasten- oder Pulverböreren, ohne dass anschließend die Werkstücke gereinigt werden müssen.

Abgeleitet aus diesen Ergebnissen wurden thermisch und tribologisch belastete Werkzeuge aus den Stählen 1.2343 und 1.2714 im vergüteten, nitrierten und borierten Behandlungszustand hergestellt und in Serienschmiedeversuchen im Technikum unter praxisähnlichen Bedingungen und bei zwei Unternehmen getestet.

Die nitrierten und auch die plasmaborierten Werkzeuge zeigen die höchste Formstabilität unabhängig des eingesetzten Stahls. Die Abhängigkeit des Werkzeugverschleißes in Abhängigkeit der Kombination der Stahl-Legierung und der unterschiedlichen Eingangshärten, wurde dargestellt. Es zeigte sich ein erhöhter planimetrischer Verschleißwert beim vergüteten Werkzeug aus dem Stahl 1.2714 im Vergleich zum Stahl 1.2343 nach 750 Schmiedezyklen. Verschleißschutzkonzepte auf Stickstoff bzw. Bor-Basis können unabhängig von der Legierung, jedoch in Abhängigkeit der Schmiedezyklenanzahl und der Gesenkgravur (individuelles Belastungskollektiv), im Vergleich zu reinvergüteten Werkzeugbereichen effektiv vor Formabweichungen schützen. Der Versagenseintritt durch thermisch bedingten abrasiven Verschleiß und plastischer Deformation wird bei der plasmaborierten Variante in Richtung erhöhter Schmiedezyklen oder Losgrößen verschoben (länger anhaltende Formstabilität).

Zusammenfassung

Ziel dieses Vorhabens war es zu zeigen, dass das Plasmaborierverfahren zur Steigerung der Belastbarkeit von Schmiedegesenken eingesetzt werden kann. Dabei wurden die Parameter für den Plasmaborierprozess bei gängigen Warmarbeitsstählen ermittelt und sowohl die mikroskopischen als auch makroskopischen Schicht- und Reibeigenschaften dokumentiert. Aus drei Warmarbeitsstählen wurden Gesenke gefertigt und Praxisversuche durchgeführt. Es war möglich, plasmaborierte Gesenke herzustellen, die im Vergleich zu vergüteten Gesenken durchschnittlich um 20 % höhere Standmenge lieferten.

Ein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.

Eine Langfassung der Forschungsarbeiten kann in Form eines Schlussberichts bei der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V., Papenberger Str. 49, 42859 Remscheid, www.fgw.de, angefordert werden.

Weiter Informationen erhalten Sie bei Herrn Dr. Frank Zobel unter 02191 5921.113.