

## Faserverlauf sichtbar machen

Ein gleichmäßiger und in sich geschlossener Faserverlauf deutet auf eine faltenfreie Warmumformung von Stahl und damit auf einen einwandfreien Prozessablauf hin. Deswegen sollte er in der Produktion zuverlässig geprüft werden können. Anstelle der heute noch verbreiteten und gefährlichen Makroätzung mit kochender Salzsäure kann eine einfachere Ätzung mit Eisen-III-Chlorid angewendet werden. Sie liefert deutliche Bilder des Faserverlaufs und stellt so eine geeignete Methode zur Qualitätssicherung dar.

AUTOREN



**Prof. em. Dr.-Ing.  
Bozena Arnold**

berät die IFUTECH GmbH in Karlsbad im werkstofftechnischen Bereich



**Dr.-Ing.  
Dirk Odening**

ist technischer Leiter der IFUTECH GmbH in Karlsbad

Bei der Warmumformung von Stählen ist ein charakteristischer Faserverlauf festzustellen. Dieser kennzeichnet eine bestimmte Orientierung der Gefügebestandteile und zeigt die Hauptrichtung des ursprünglichen Walzgefüges auf. Während der Warmumformung kommt es durch den eintretenden Materialfluss zum Umlenken dieser sogenannten Fasern. Bei einwandfreien Schmiedebauteilen treten diese Fasern im Umformbereich nicht aus, ihr Verlauf ist in sich geschlossen. Ein optimaler Faserverlauf erhöht die dynamische Bauteilfestigkeit. Schon deswegen ist die Bestimmung des Faserverlaufs bei warmumgeformten Werkstücken, wie zum Beispiel bei einer Achswelle, von praktischem Interesse (Bild 1). Anhand des Faserverlaufs kann auch der Umformprozess nachvollzogen und überprüft werden. Somit gehört dessen Beurteilung zum unerlässlichen Qualitätsmanagement.

Ein wichtiger Aspekt für die Sichtbarmachung des Faserverlaufs besteht darin, dass diese Fasern elektrochemisch gesehen Bereiche verschiedener Potenziale darstellen und durch geeignete Ätzmittel differenziert angegriffen werden. Die Beurteilung des Faserverlaufs warmumgeformter Metalle erfolgt metallographisch. Dabei können mikroskopische oder makroskopische Methoden angewandt werden, bei denen plangeschliffene und gegebenenfalls polierte Werkstücke mit geeigneten Lösungen

geätzt werden. Für den fertigungsbegleitenden Einsatz in der Produktion sollte die Methode aber schnell und einfach zu handhaben sein sowie ein eindeutiges und zuverlässiges Bild des Gefüges liefern.



Bild 1: Hinterradachswelle eines Motorrrads (Bild: BIW Schonach)

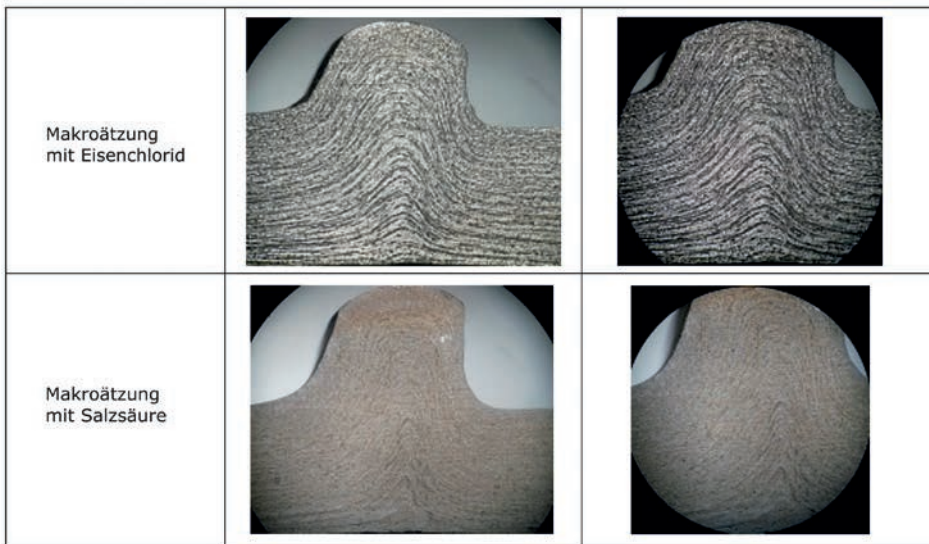


Bild 2: Bilder des Faserverlaufs in einem Flansch nach unterschiedlichen Makroätzungen

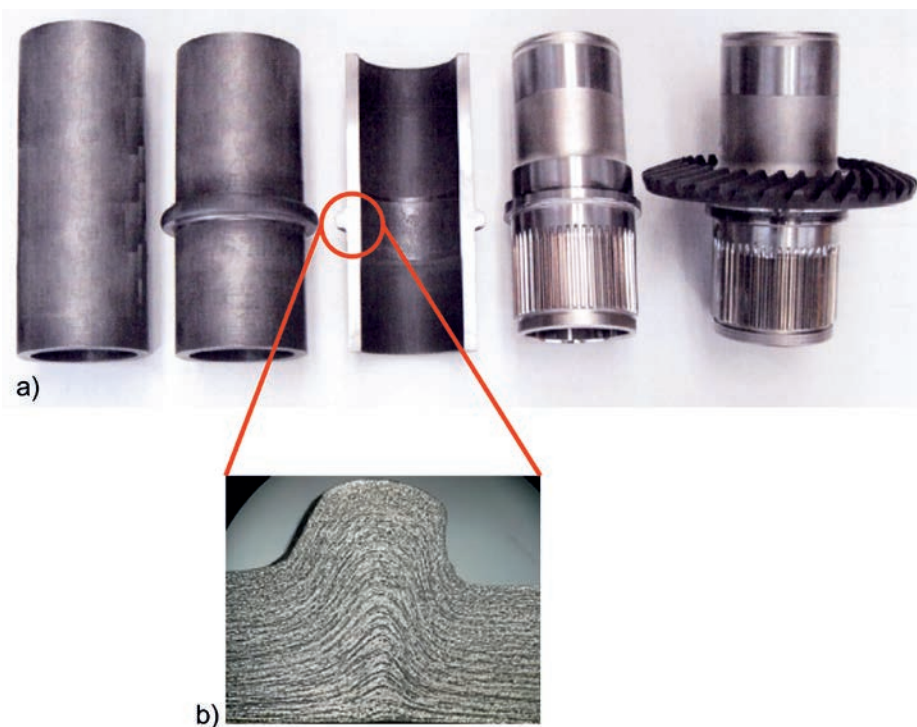


Bild 3: Prüfung des Faserverlaufs bei der Produktion einer Motorradhinterachswelle

- a) Stadiengang ausgehend von einem dünnwandigen Rohr
- b) Optimaler Faserverlauf im Bereich eines Flansches – Makroätzung mit Eisen-III-Chlorid

Bilder: IFUTEK Karlsbad, TF-Tec Karlsbad, BIW Schonach

Bei den mikroskopischen Methoden, wie zum Beispiel bei Ätzung mit dem Ätzmittel Oberhoffer, müssen die Proben aufwendig vorbereitet werden und sind dadurch für eine schnelle Kontrolle des Faserverlaufs in der Produktion nicht geeignet. Hier können nur Makroätzungen behilflich sein.

Von einer Makroätzung (auch Tiefenätzung oder Flächenätzung genannt) wird gesprochen, wenn der Wirkungsbereich der elektrochemischen Potenzialdifferenzen einige Zentimeter bis zirka 0,5 Millimeter beträgt. Durch die Wirkung eines Makroätzmittels entsteht ein Relief der Oberfläche, welches bereits mit bloßem Auge gut ersichtlich ist. Der Einsatz einer Leuchtenlupe beziehungsweise eines einfachen Mikroskops zum Betrachten der Probe mit einer kleinen Vergrößerung verbessert die Prüfung. Die Makroätzung erleichtert die Betrachtung größerer Bereiche und ermöglicht somit eine gute Beurteilung des Faserverlaufs. Im Gegensatz dazu wird die

Oberhoffer-Ätzung an polierten Flächen durchgeführt, was vor allem für die Betrachtung unter einem Auflichtmikroskop vorgesehen ist. Bedingt durch höhere Vergrößerungen können jedoch unter diesem Mikroskop keine größeren Bereiche des Faserverlaufs betrachtet werden.

Makroätzungen werden bei unlegierten und niedriglegierten Stählen üblicherweise mit technischer zirka 30-prozentiger Salzsäure durchgeführt. Die Säure ergibt erst bei Siedetemperatur (zirka 100 °C) den gewünschten Angriff. Der Umgang mit solch kochender Säure ist zwangsläufig sehr gefährlich und stellt eine enorme Belastung für Mensch und Umwelt dar. Bei der IFUTEK GmbH in Karlsbad wurde eine alternative Methode erprobt und positiv getestet, die bisher unter anderem im Kunsthandwerk oder bei der Platinenherstellung angewandt wird. Bei dieser deutlich sanfteren Methode wird als Ätzmittel das Eisen-III-Chlorid eingesetzt.

Bei allen Makroätzungen laufen bestimmte elektrochemische Reaktionen ab, die durch kathodische und anodische Bereiche gekennzeichnet sind. Eisenchlorid (genauer gesagt die  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen) hat ein hohes elektrochemisches Potenzial und kann somit als wirkungsvolles Oxidationsmittel fungieren. Bei Stählen wird Eisen aus den ferritischen Körnern zu zweiwertigen  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen oxidiert, die dann mit dem Sauerstoff aus der Luft schwarzes Eisenoxid bilden. Dieses setzt sich in den anodischen Vertiefungen ab und verstärkt dadurch das Reliefbild wie in Bild 2, oben ersichtlich. Das Bild zeigt das Ergebnis der Makroätzung eines niedriglegierten Stahls mit dem Eisen-III-Chlorid. Der Faserverlauf ist deutlich erkennbar und lässt sich gut beurteilen. Der Flansch ist in diesem Beispiel optimal ausgeformt.

Das Eisen-III-Chlorid ätzt ruhig und gleichmäßig und ist bereits bei Raumtemperatur aktiv. Für schnelle Ergebnisse ist jedoch eine Erwärmung auf 45 bis 50 °C erforderlich. Das Ätzmittel wird von einigen Firmen als eine fertige Ätzlösung (gegebenenfalls mit wirkungsverstärkenden Additiven) angeboten. Die Lösung kann auch selbstständig aus einem Granulat von kristallinem Eisen-III-Chlorid Hexahydrat zubereitet werden.

Ob eine angesetzte und bereits genutzte Eisen-III-Chlorid-Ätzlösung weiter einsetzbar ist, kann mithilfe ihrer elektrischen Leitfähigkeit geprüft werden. Die Leitfähigkeit einer gebrauchsfähigen Ätzlösung sollte im Bereich 60 bis 90 mS/cm liegen.

Die Vorteile der Makroätzung mit dem Eisen-III-Chlorid im Vergleich zur Ätzung mit der Salzsäure sind:

- deutlicheres Bild des Faserverlaufs (Bild 2)
- einfachere Durchführung der Ätzung, insbesondere wegen der niedrigeren Temperaturen
- größere Sicherheit für Mitarbeiter wegen der deutlich geringeren Dampfbildung und Umweltbelastung
- niedrigere Kosten wegen der mehrmaligen Verwendbarkeit der Ätzlösung

Die Makroätzung mit Eisen-III-Chlorid wird in der Produktion von Motorradhinterachswellen erfolgreich eingesetzt (Bild 3). Diese Achswelle wird aus einem Rohr aus einem niedriglegierten Stahl mithilfe des firmeneigenen und patentierten Verfahrens warmgeformt. Das Rohr wird dabei partiell erwärmt und axial gestaucht. Dabei wird ein Flansch faltenfrei ausgeformt. Diese Faltenfreiheit muss nach der Einstellung der Parameter des mit Industrieroboter automatisierten Umformprozesses geprüft werden. Die Makroätzung mit dem Eisen-III-Chlorid hat sich in der Praxis bereits bestens bewährt.



IFUTEC GmbH  
Ingenieurbüro für Umformtechnik  
Draisstr. 19, 76307 Karlsbad  
Ansprechpartner: Dr.-Ing. Dirk Odening  
Tel.: +49 7202 9312-0  
info@ifutec.de  
www.ifutec.de