

Bild 1: Standardisierte Prüfung für das Drehen mit EN-GJS-400-18C-LT.

Bild: Aco Guss

GUSSEISEN MIT KUGELGRAPHIT ALS ALTERNATIVWERKSTOFF

Bleilegierte Stähle werden aufgrund ihrer exzellenten Zerspanbarkeit in großem Umfang in der Maschinenbauindustrie eingesetzt. Jüngste Studien verweisen jedoch auf ein **Umwelt- und Gesundheitsrisiko**. Gut, dass bereits eine Alternative in den Startlöchern steht.

William Roberts

In vielen Ländern ist aufgrund der Risiken für Umwelt und Mensch die Produktion von bleilegierten Stählen verboten. Im Gegensatz dazu scheint man in der Maschinenbauindustrie davon auszugehen, dass mit der Verwendung von bleilegierten Automatenstählen keine Risiken verbunden sind.

Neueste Studien legen jedoch nahe, dass die zulässigen Luftgrenzwerte für Blei bei der Trockenbearbeitung mit hohen Schnittgeschwindigkeiten überschritten werden können. Zudem hat die Nassbearbeitung kontaminierte Kühlschmierstoffe und Kosten bei deren Entsorgung zur Folge. Vom Standpunkt des Umweltschutzes gibt es also genügend Gründe, den Einsatz von Bleizusätzen für die Verbesserung der Zerspanbarkeit zu hinterfragen. Gusseisen mit Lamel-

William Roberts ist unabhängiger Berater in Werkstoffkunde bei der Eutectite Consulting AB in 621 40 Visby (Schweden), Tel. (00 46-4 98) 21 97 17, wr.eutectite@gmail.com

lengraphit besitzt eine bessere Zerspanbarkeit als bleilegierte Automatenstähle, jedoch schlechte mechanische Eigenschaften.

EINSATZ VON BLEIZUSÄTZEN BIRGT RISIKEN

Gusseisen mit Kugelgraphit besitzt hingegen in etwa die gleichen oder bessere mechanischen Eigenschaften als die meisten bleilegierten Automatenstähle.

In diesem Artikel wird ein bleilegierter Stahl mit einem Gusseisen mit Kugelgraphit verglichen, um zu klären, ob dieses in Bezug auf die Zerspanbarkeit eine realistische Alternative zu bleilegierten Automatenstählen darstellt.

Die Probekörper für die Zerspanungsprüfung bestanden aus Rundstangen mit einem Durchmesser von 120 mm und aus den folgenden Werkstoffen:

- geglühter Strangguss aus Gusseisen mit Kugelgraphit EN-GJS-400-18C-LT nach EN 16482;

TABELLE 1: MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER WERKSTOFFE

	$R_{p0,2}$, N/mm ²	R_m , N/mm ²	A_5 , %	Härte, BHN
EN-GJS-400-18C-LT	301	427	17,3	144
11SMnPb30	245	387	27,4	119

Quelle: William Roberts, 2016-05-31

- kohlenstoffarmer Automatenstahl 11SMnPb30 nach EN 10277-3. Die geprüften Werkstoffe enthielten 0,29 % Schwefel und 0,27 % Blei.

Die mechanischen Eigenschaften der beiden Werkstoffe sind in der Tabelle 1 gegenübergestellt. Daraus ist ersichtlich, dass Gusseisen mit Kugelgraphit eine etwas höhere Härte besitzt. Die Schliffbilder (Bild 3) zeigen das Metallgefüge der beiden Werkstoffe.

STAHL UND GUSSEISEN IM VERGLEICH

Die Zerspanbarkeitsprüfung des Automatenstahls und des Gusseisens mit Kugelgraphit wurde im Hinblick auf die Verfahren Drehen und Bohren verglichen. Die Prüfung erfolgte in zwei Schritten: 1. Eine standardisierte Prüfung, in der unbeschichtete Werkzeuge älterer Bauart eingesetzt wurden. 2. Eine optimierte Prüfung mit modernen beschichteten Werkzeugen, die für die Zerspanung aller Werkstoffsorten geeignet sind. Alle Prüfungen für das Drehen wurden auf einer

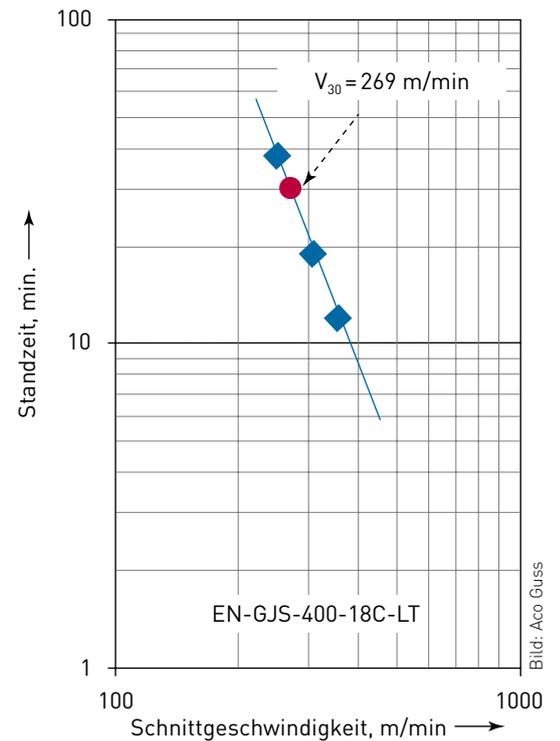


Bild 2: Taylor Diagramm für Gusseisen mit Kugelgraphit.

Oerlikon-Boeringer-Drehmaschine VDF 180 durchgeführt. In der Standardprüfung wurden eine unbeschichtete P30-Carbid-SPGN-Schneidplatte verwendet. Die Trockenbearbeitung wurde mit einer Schnitttiefe von 1 mm und einem Vorschub von 0,125 mm pro Umdrehung ausgeführt (Bild 1). Für jeden Werkstoff wurde ein Taylor-Diagramm erstellt, mit dem die Schnittgeschwindigkeit V30 für eine Standzeit von 30 min bestimmt wurde. Das Ausschlusskriterium für die Standzeit betrug 0,3 mm Freiflächenverschleiß.

In den werkzeugspezifischen Prüfungen betrug die Schnitttiefe 2 mm, der Vorschub 0,25 mm pro Umdrehung,

wobei eine 8%ige Öl-Kühlemulsion eingesetzt wurde. Auch hierfür wurde für einen Freiflächenverschleiß von 0,3 mm die Schnittgeschwindigkeit V30 bestimmt. Die folgenden Schneidplatten wurden gewählt:

Für Stahl: SECO CN-MG 120408-M6-TP2500 (ISO P10-P30 mit mehrlagiger Beschichtung aus Ti(C,N)-Al₂O₃-TiN). Für Gusseisen mit Kugelgraphit: Sandvik CNMG 120408-KM-3205 (ISO K01-K15 mit einer ähnlichen Beschichtung wie oben, jedoch mit einer dickeren Al₂O₃-Schicht).

Für die Bohrprüfung wurde ein Modig-7200-CNC-Bearbeitungszentrum eingesetzt, wobei für die Schmierung eine

12%ige Emulsion mit einem Druck von 20 bar verwendet wurde.

Die Werkstoffe wurden zunächst in einer Standardprüfung mit einem Schnellarbeitsstahl-Bohrer (HSS) und dann in einer Ergänzungsprüfung mit einem PVD-beschichteten Vollhartmetallwerkzeug ausgeführt. Rundstangenrohlinge mit entsprechender Dicke lieferten eine ebene Oberfläche.

Für die Standardprüfung wurde ein unbeschichteter Double-X-HSS-Spiralbohrer, Ø 5 mm, von Wedevåg verwendet, in deren Verlauf die Schnittgeschwindigkeit für eine durchschnittlich gebohrte Länge von 1000 mm (V1000) bestimmt wurde. Der Vorschub betrug 0,15 mm pro Umdrehung, die Bohrtiefe 12,5 mm und als Verschleißkriterium wurde das Versagen des Werkzeugs angenommen.

Die Prüfungen mit Vollhartmetallbohrern wurden wie unten dargestellt durchgeführt.

Werkzeug: Werkzeuge von DOF P+, Ø 5 mm, mit Kühlkanälen. Bohrtiefe: 25 mm, ohne Zurückziehen. Schnittgeschwindigkeit: 200 m/min (12.730 min⁻¹). Vorschub: 0,4 mm pro Umdrehung (5090 mm/min) entsprechend 0,3 s pro Bohrung.

Werkzeug: Werkzeuge von DOF P+, Ø 13,4 mm, mit Kühlkanälen. Bohrtiefe: 40 mm, ohne Zurückziehen.

Schnittgeschwindigkeit: 300 m/min (7075 min⁻¹). Vorschub: 0,8 mm pro Umdrehung (5090 mm/min), entsprechend 0,4 s pro Bohrung.

ERGEBNISSE DER ZERSPANBARKEITSPRÜFUNG

Prüfung für das Drehen: Die standardisierte Prüfung mit einer unbeschichteten Hartmetallschneidplatte ergab die folgenden Ergebnisse für V30:

- Automatenstahl 11SMnPb30: 311 m/min,
- Gusseisen mit Kugelgraphit, EN-GJS-400-18C-LT: 269 m/min.

Der bleilegierte Automatenstahl schneidet in diesem Test um 15 % besser ab. Das in der Abbildung 2 dargestellte Taylor-Diagramm wurde für Gusseisen mit Kugelgraphit erstellt. Die Prüfungen mit geeigneten CVD-beschichteten Werkzeugen ergaben die folgenden V30-Schnittgeschwindigkeitswerte:

- Automatenstahl, 11SMnPb30: 500 m/min,
- Gusseisen mit Kugelgraphit, EN-GJS-400-18C-LT: 442 m/min.

Auch in diesem Test schneidet der Automatenstahl um 15 % besser ab.

Prüfung für das Bohren: In der standardisierten Prüfung mit einem unbeschichteten Bohrer aus Schnellarbeitsstahl, Ø 5 mm, wurden die folgenden Ergebnisse für V1000 ermittelt:

- Automatenstahl, 11SMnPb30: 225 m/min,
- Gusseisen mit Kugelgraphit, EN-GJS-400-18C-LT: 150 m/min.

Das bessere Ergebnis für den Stahl war zu erwarten, da bekannt ist, dass das Vorhandensein von Blei einen positiven Einfluss insbesondere auf die Zerspanung mit HSS hat.

Bei den Prüfungen mit beschichteten Hartmetallbohrern wurden die folgenden Werte ermittelt.

Ø 5 mm, Schnittgeschwindigkeit 200 m/min, Bohrtiefe 25 mm

- Automatenstahl 11SMnPb30: 2408 Bohrungen, Gesamtbohrungslänge 60,2 m,
- Gusseisen mit Kugelgraphit, EN-GJS-400-18C-LT: 2408 Bohrungen, Gesamtbohrungslänge 60,2 m.

Die Prüfung wurde nach dieser hohen Anzahl an Bohrungen beendet. Der Freiflächenverschleiß betrug nur etwa 0,1 mm und die Bohrer waren noch uneingeschränkt einsetzbar. Die begrenzten Maschinenspindelgeschwindigkeiten für die Bearbeitung dieser Durchmesser schlossen eine Prüfung für höhere Schnittgeschwindigkeiten aus. Stattdessen wurden die höheren Schnittgeschwindigkeiten durch Wahl eines Bohrers mit einem größeren Durchmesser erzielt.

Ø 13,4 mm, Schnittgeschwindigkeit 300 m/min, Bohrtiefe 40 mm

- Automatenstahl 11SMnPb30: 1576 Bohrungen, Gesamtbohrungslänge 63 m,
- Gusseisen mit Kugelgraphit, EN-GJS-400-18C-LT: 1499 Bohrungen, Gesamtbohrungslänge 60 m.

Der Freiflächenverschleiß betrug am Ende dieser Prüfung für beide Werkstoffe 0,25 mm; die Bohrer waren noch einsatzfähig, jedoch war das Ende ihrer Standzeit bei etwa 70 bis 75 m erreicht. Die Ergebnisse legen den Schluss nah, dass beim Drehen des kohlenstoffarmen, bleilegierten Automatenstahls 11SMnPb30 eine etwas bessere Zerspanbarkeit gegen-

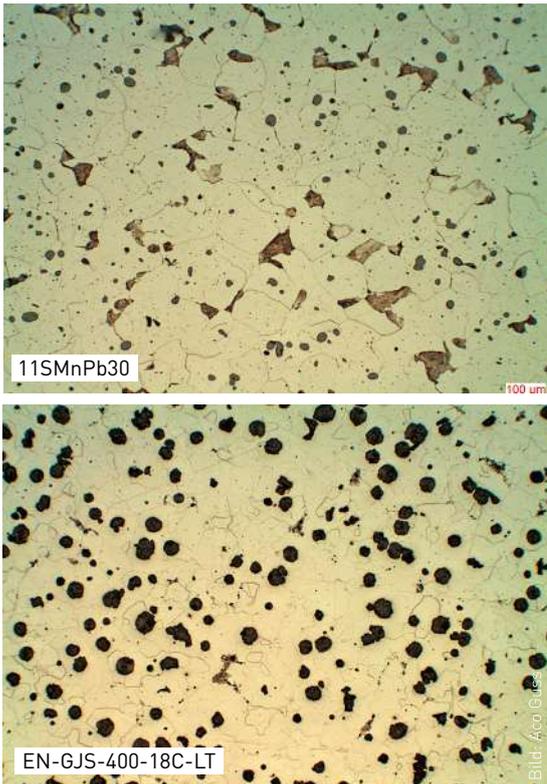


Bild 3: In den Schlibbildern ist das Metallgefüge der beiden Werkstoffe erkennbar.

über Gusseisen mit Kugelgraphit mit ferritischem Grundgefüge (EN-GJS-400-18C-LT) erzielt wird. Jedoch besitzen beide Werkstoffe beim Bohren mit Hartmetallwerkzeugen die gleiche Zerspanbarkeit. Beim Vergleich der Zerspanbarkeit der Werkstoffe sollte beachtet werden, dass Gusseisen mit Kugelgraphit eine etwas höhere Härte als Stahl besitzt. Für Stähle ist erwiesen, dass zerspanungsfördernde Zusätze wie Schwefel und Blei ihre größte Wirkung bei Verfahren entfalten, bei denen ein permanenter Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück, wie zum Beispiel beim Drehen, besteht. Ihr positiver Einfluss ist jedoch insbesondere bei Verfahren mit unterbrochenem Schnitt, also beim Bohren oder Fräsen, geringer. Die Daten legen nahe, dass Gusseisen mit Kugelgraphit aus EN-GJS-400-18C-LT ohne nennenswerte Nachteile für die Produktivität oder Standzeit als Alternativwerkstoff für bleilegierte Automatenstähle in der spanenden Bearbeitung verwendet werden kann. Das bedeutet, dass im Prinzip die gleichen Schnittgeschwindigkeiten, Vorschübe und Schnitttiefen verwendet werden können und dass bei Gusseisen und bei Gusseisen mit Kugelgraphit ein passendes Werkzeug mit entsprechendem Härtegrad und passender Schneidgeometrie verwendet werden muss.

Ein weiterer Vorteil ist die Verwendung von Werkzeugen, die auf Siliziumnitrid und Sialonkeramik basieren. Der hohe Siliziumgehalt des Gusseisens wirkt dem Diffusionsverschleiß bei hohen Temperaturen an der Schneidkante entgegen; in der spanenden Bearbeitung von Stahl können diese Werkzeugwerkstoffe wegen des Verschleißes nicht eingesetzt werden.

Aus dem Ersatz von bleilegierten Stahllegierungen durch Strangguss aus Gusseisen mit Kugelgraphit ergeben sich noch weitere Vorteile, wie bessere mechanische Eigenschaften, Reduzierung des Gewichtes um 10 %, bessere Dämpfungseigenschaften sowie eine einfach erzielbare Oberflächenhärte gegenüber der direkten Wärmebehandlung. 