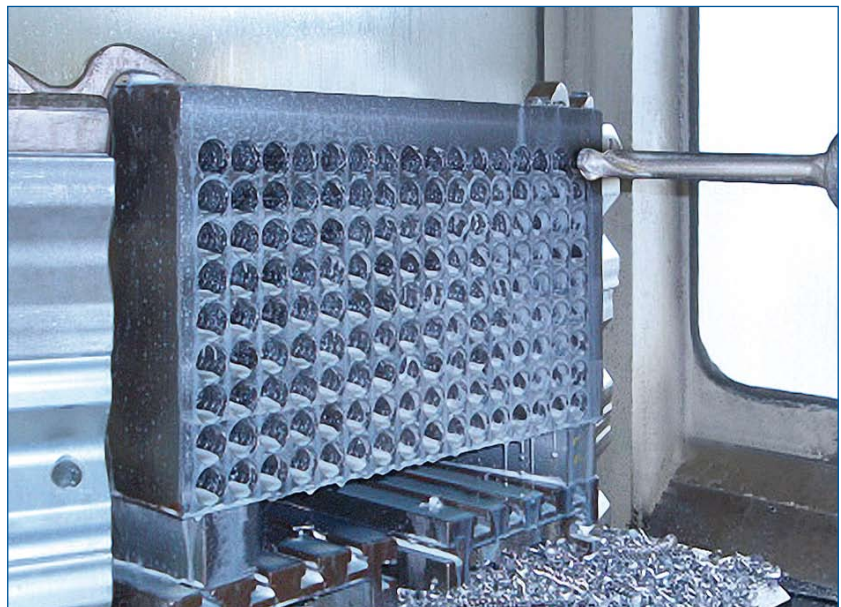


Doppeleffekt durch schnelleres Bohren bei geringerem Werkzeugverschleiß – mehr Fertigteile pro Maschine und Schicht

1 Einleitung

Längere Lieferzeiten durch das Erreichen der Kapazitätsgrenze bei gleichzeitigen Kostensteigerungen im Bereich Rohstoffe und Energie, stellen für viele Unternehmen die Schwerpunktprobleme für 2011 dar. Dem gegenüber schaffen Auftragseingänge, weit über der aktuellen Kapazität, neue Chancen. Entsprechend befassen sich Unternehmen intensiv mit der Optimierung von Maschinen, Werkzeugen und den zu zerspanenden Werkstoffen und schaffen sich somit Wettbewerbsvorteile. Wie in **Bild 1** dargestellt, ergibt sich ein Optimum von Werkzeug und Maschinenkosten je nach Werkstoff und der daraus resultierenden Schnittgeschwindigkeit.



Als traditionsreiche Gießerei in Siegen, hat sich Gontermann-Peipers immer mit dem qualitativ hochwertigeren Guss-eisen beschäftigt. Diese Tradition wird seit Jahren auch im Bereich Strangguss fortgeführt, wo das Unternehmen für sich in Anspruch nimmt, als einziger Europäischer Hersteller z.B. EN-GJS-400-15U und artverwandte Qualitäten ausschließlich ferritisierend gegläht anzubieten [1]. Die daraus resultierende hervorragende Bearbeitbarkeit im Bereich Zerspanung, wird besonders von Herstellern unterschiedlichster Hydraulikblöcke geschätzt. Der zu mindestens 98% ferritische Sphäroguss setzte Benchmarks in Punkto möglicher Spanleistung beim Bohren oder Fräsen. Das hierbei gleichzeitig Festigkeitswerte und eine Bruchdehnung erreicht werden, die Forderungen der Norm EN DIN 1563 deutlich übersteigt, wissen

die Anwender/Kunden schon länger zu schätzen. Für die gewachsenen Anforderungen z.B. in der heutigen Hydraulikindustrie, die Nenndrücke von bis zu 460 bar fordern, reichen diese jedoch nicht mehr aus. Zwangsläufig wird für solche Anwendungen auf Stahlqualitäten mit höheren mechanischen Eigenschaften zurückgegriffen [2,3]. Die hierbei zu verzeichnenden geringeren Schnittdaten und der höhere Werkzeugverschleiß mussten dabei in Kauf genommen werden [3]. Speziell entwickelte Stahlwerkstoffe mit kurz brechendem Span reduzieren vereinzelt diese Probleme.

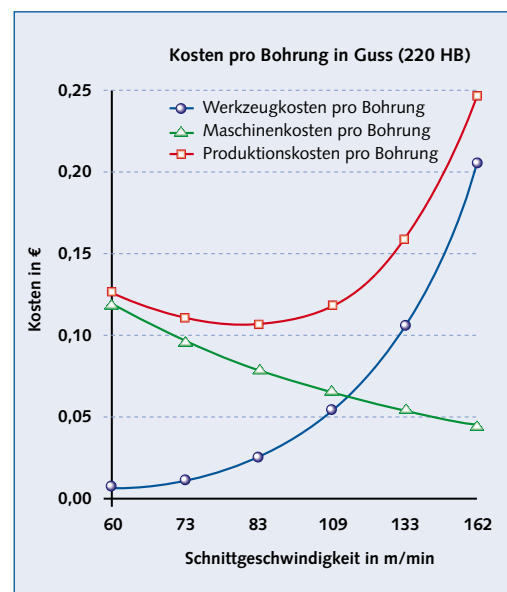


Bild 1

Schnittleistungen analog ferritischem Sphäroguss und die damit einhergehenden hohen Werkzeugstandzeiten sind jedoch mit diesen Stahlqualitäten nicht zu erreichen.

Mit dem GOPAG® C 500 F (EN-GJS-500-14U) brachte Gontermann-Peipers Ende 2009 ein serienreifes Produkt auf den Markt, was die bekannten Vorzüge des ferritischen EN-GJS-400-15U mit mechanischen Eigenschaften von Hydraulik-Stählen vereint. Somit steht der Hydraulikindustrie ein hervorragend zu bearbeitender Werkstoff zur Verfügung, der Applikationen in der Hydraulik für Drücke bis 460 bar ermöglicht. Gleichzeitig eröffnen sich hiermit neue Einsatzfälle in der gesamten verarbei-

tenden Industrie, wo jetzt verschiedene Stahlqualitäten durch eine moderne Spärogussqualität (hohe Zerspanungsleistungen bei geringem Werkzeugverschleiß, außergewöhnlich hohe Dehnung bei sehr guten Festigkeitswerten, niedrigeres spezifisches Gewicht) ersetzt werden können [4]. Während der Durchführung von Bohrversuchen bei verschiedenen Kunden zeigte sich, dass die Datenblätter von Werkzeugherstellern kaum spezifische Angaben zu den maximal möglichen Vorschüben und Schnittgeschwindigkeiten unterschiedlicher Gusswerkstoffe enthalten. Da diese in den letzten Jahren (im Stranggussbereich nicht zuletzt durch Gontermann-Peipers) jedoch erheblich weiterentwickelt wurden und die Un-

terscheidung zwischen geglühten und ungeglühten Werkstoffen bisher nicht berücksichtigt wurde, werden bis heute erhebliche Leistungspotentiale bei der Zerspanung von Sphäroguss verschonkt. Erfreulicherweise erklärte sich der Werkzeughersteller Kennametal bereit, im Entwicklungszentrum Fürth optimale Schnittdaten und Standzeiten von Werkzeugen für verschiedene Werkstoffe mit professionellen Maschinen und Methoden zu ermitteln.

2 Bohr-Benchmarking von Stahl- und Gusswerkstoffen

Neben der Untersuchung von Gusswerkstoffen – hier GJS 400-15U und GOPAG® C 500 F (EN-GJS 500-14U) – war es weiterhin Ziel, in der Hydraulik häufig eingesetzte Stähle vergleichend zu testen. Ausgewählt wurden hierzu die Schmiedestähle C45 E und Hyt 60, welche häufig in der europäischen Hydraulikindustrie und Fluidtechnik im Nenndruckbereich von 320 - 460 bar eingesetzt werden. Zur Verfügung standen jeweils Blöcke im Format von ca. 300 x 330 x 450 mm.

Da pro Werkstoff nur ein Block zur Verfügung stand, ergaben sich für KenTip Bohrungen mit Ø 25 mm ein maximaler Gesamtbohrweg von 43,2 m und für den VHM Tieflochbohrer mit Ø 4 mm ein maximaler Gesamtbohrweg von 61,20 m. Aus diesem Grund wurden höhere Standwege auf Basis des ermittelten Verschleißes hochgerechnet.

Alle Werkstoffe wurden zuvor im akkreditierten Labor der Gontermann-Peipers GmbH untersucht. Folgende Materialeigenschaften wurden dabei ermittelt:

	Probenlage im Block	Zugfestigkeit Rm	Streckgrenze Rpo,2	Bruchdehnung A5	Härte
		(Mpa)	(Mpa)	(%)	HB
GOPAG® C 500 F	Außen	494	381	23	172 - 177
	Mitte	482	371	22,5	171 - 176
GJS-400-15U (kg)	Außen	458	294	12	154 - 157
	Mitte	433	282	20	153 - 156
C 45 E	Außen	650	322	16,5	180 - 200
	Mitte	640	304	20	165 - 185
Hyt 60	Außen	677	408	8,5	185 - 205
	Mitte	681	409	11,5	170 - 185

Tabelle 1:

		Grundgefüge			Graphit (nach EN ISO 945)	Größe	Entartung
		Ferrit	Perlit	Zementit	Form		
GOPAG® C 500 F	Außen	100%	o	o	IV V VI	(5) 6 7 8	Keine
	Mitte	100%	o	o	IV V VI	(5) 6 7 8	Keine
GJS-400-15U (kg)	Außen	97%	1%	2%	IV V VI	5 6 7 8	Keine
	Mitte	89%	11%	o	IV V VI	6 6 7 (8)	Keine
C 45 E	Außen	55%	45%	o	-	-	-
	Mitte	55%	45%	o	-	-	-
Hyt 60	Außen	95%	5%	o	-	-	-
	Mitte	40%	60%	o	-	-	-

Tabelle 2:

3 Versuchsaufbau und Werkzeuge

Die Untersuchungen wurden im KMT T&D Center Fürth (Kennametal) auf einer Deckel-Maschine DC55 mit IK 40 bar durchgeführt. Pro Werkstoff wurden Bohrungen mit \varnothing 25 mm (modular) und \varnothing 4 mm (Tiefloch) eingebracht (**Bild 2**). Vor dem Tieflochbohren wurden Pilotbohrungen gesetzt. Die Bohrer wurden in zeitlichen Abständen mehrfach ausgespannt und optisch vermessen.

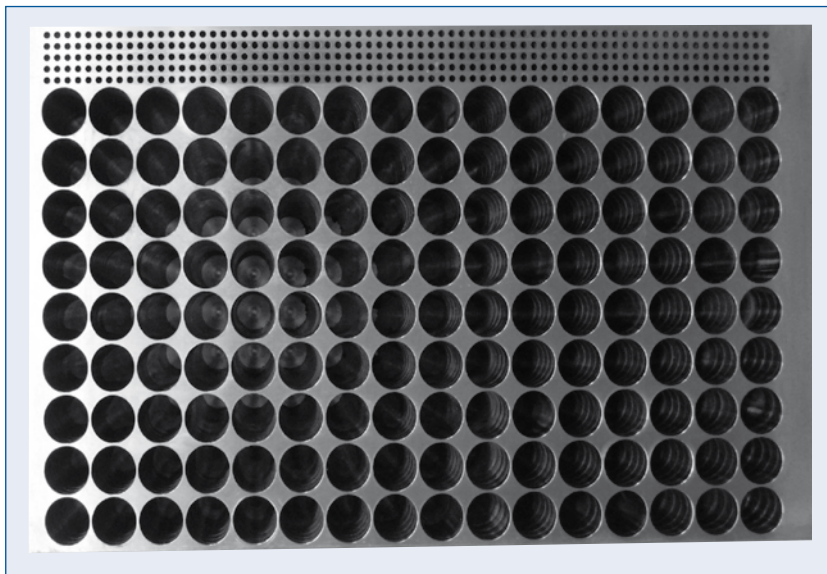


Bild 2:

Bei den Tests wurden folgende Werkzeuge eingesetzt:

VHM Bohren (\varnothing 4 mm) **Bild 3**:
 B274Z04000HPG KC7425
 Pilotbohrer 3xD B976A04000 KC7315

Mod Bohren (\varnothing 25 mm) **Bild 4**:
 KTIP2500HPM KC7315
 Träger KenTIP:
 KTIP250R8SCF25M

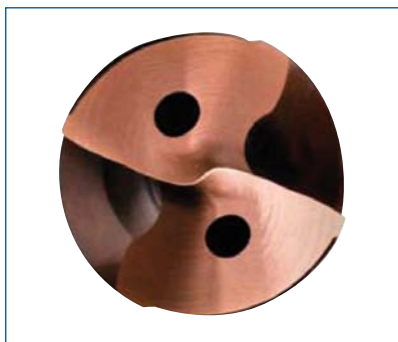


Bild 3



Bild 4

4 Ergebnisse Kennametal [5]

4.1 Schnittleistungen

Während der Versuche erwiesen sich die in **Tabelle 3** aufgeführten Schneidparameter als optimal:

Werkstoff	Tieflochbohren *) 4 mm				Modulares Bohren 25 mm			
	Vc **)	entspr. N:	f	entspr. Vf	Vc	entspr. N:	f	entspr. Vf
	(m/min)	(U/min)	mm/U	mm/min	(m/min)	(U/min)	mm/U	mm/min
GJS 400-15U (kg)***	70	5573	0,20	1115	150	1910	0,45	860
GOPAG® C 500 F	70	5573	0,20	1115	150	1910	0,45	860
C45 E	70	5573	0,16	892	90	1146	0,35	401
Hyt 60	70	5573	0,16	892	90	1146	0,35	401

*) Pilotbohrung 3xD mit Unidrill B976A04000 in KC7315

***) höhere Vc wegen Drehzahlbegrenzung der Spindel nicht möglich

***) kg = Kurzglühung unter 800 °C

Tabelle 3:

4.2 Werkzeugverschleiß [5]

Der Verschleiß der eingesetzten Werkzeuge wurde optisch ermittelt und fotografisch festgehalten (Bild 5)



Bild 5

Im Endergebnis ergaben sich für die unterschiedlichen Werkstoffe bei o.g. Schnittdaten folgende Standzeiten:

C45 E

(Schmiedestahl, entspannt, homogenes Gefüge, vereinzelte nichtmetallische Einschlüsse mit Carbidausscheidungen. Stellenweise liegt Perlitzeiligkeit vor) [6]

Verschleiß: VHM – Freiflächenverschleiß von 0,05 mm
KentIP – leichte Markierungen an den Führungsfasen

Standweg: VHM Tieflochbohren 61,2 m – Standzeitende bei ca. 80 m zu erwarten
KentIP 43,2 m – Standzeitende bei ca. 80 m zu erwarten

Der Schmiedestahl C45 – zeichnete sich durch eine konstant gute Spanbildung aus, was Voraussetzung für eine hohe Leistungsfähigkeit der Werkzeuge ist. Der Verschleiß war sowohl beim Tieflochbohren als auch beim modularen Bohren auf gleichmäßig, geringem Niveau. Das Standzeitende war bei beiden Werkzeugen noch nicht erreicht, so dass die zu erwartende Leistung auf Grundlage des festgestellten Verschleißes hochgerechnet wurde.

Hyt 60

(Schmiedestahl, mit Legierungselementen für kurzen Spanbruch optimiert, im Block stark schwankendes Perlit/Ferrit-Verhältnis, sonst homogen mit vermehrten nichtmetallischen Ausscheidungen, im Randbereich abgekühlt) [7]

Verschleiß: VHM – Freiflächenverschleiß von 0,2 mm
KentIP – deutliche Markierungen a.d. Führungsfasen - 0,7 mm

Standweg: VHM Tieflochbohren 61,2 m – Standzeitende hier bereits überschritten, maximal 50 m Standweg bei sauberem Bohrbild erreichbar.
KentIP 43,2 m – Standzeitende ebenfalls bei maximal 50 m zu erwarten.

Der Schmiedestahl Hyt 60 – zeigte sich im Test mit identischen Schnittparametern zu C45 als weniger homogen. Die Spanbildung war je nach Bereich des Testwerkstückes sehr unterschiedlich, was beim Tieflochbohren zu Problemen führen kann (Spanklemmen, Spantransport). Der Freiflächenverschleiß war beim Tieflochbohren (\varnothing 4 mm) mit 0,2 mm nach 61,2 m Bohrweg über Limit. Beim KentIP (\varnothing 25 mm) lag der Verschleiß an den Führungsfasen nach 43,2 m ebenfalls deutlich höher als beim C45.

Das Standzeitende wurde beim Tieflochbohren bereits überschritten. Beim modularen Bohren wäre wegen des einmaligen Einsatzes (kein Nachschleifen) ein etwas höherer Standweg möglich.

Folgende Bereiche des Bohrers wurden dabei untersucht (siehe markierte Bezeichnungen in **Bild 6**):

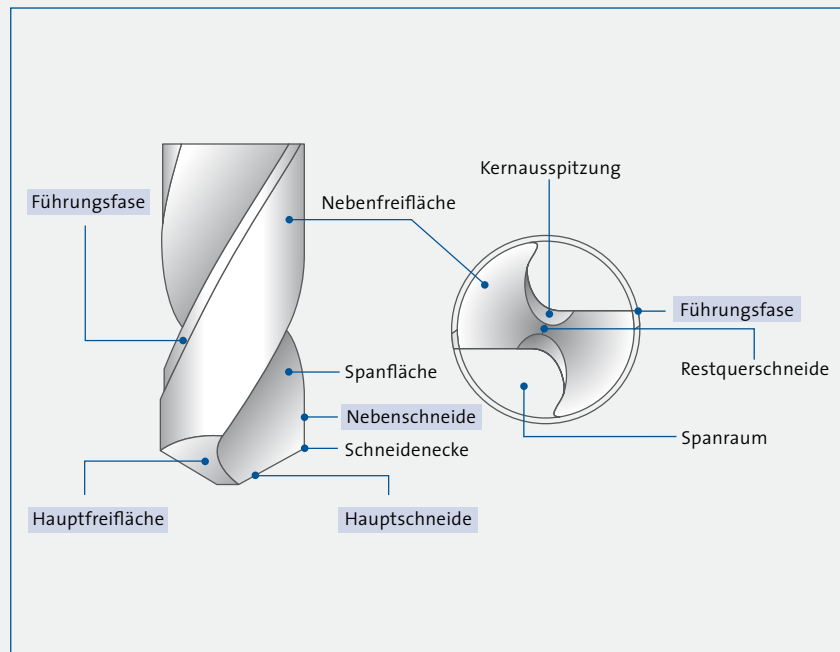


Bild 6

GOPAG® C 500 F (EN-GJS 500-14U)

(Kokillenguss, hochsilizierter Kugelgraphitguss, rein ferritisch, Graphitheterogenitäten <1%) [8]

Verschleiß: VHM Tieflochbohren – Freiflächenverschleiß 0,035 mm
KenTIP – leichte Markierungen an den Führungsfasen

Standweg: VHM Tieflochbohren 61,2 m – Standzeitende bei ca. 120 m - 150 m zu erwarten
KenTIP 43,2 m – Standzeitende bei ca. 120 m - 150 m zu erwarten

GOPAG® C 500 F – Ausgehend vom ferritischen Gefüge, wurden die gleichen Werkzeuge wie im Fall der Stähle, jedoch mit deutlich höheren Schnittwerten, eingesetzt. Dabei wurde deutlich, dass bei einer mehr als doppelt so hohen Vorschubgeschwindigkeit die Leistungsaufnahme beim modularen Bohren lediglich von 9,3kW auf 11,5kW anstieg. Die Spanbildung war hervorragend. Das Standzeitende konnte bei beiden Werkzeugen bei Weitem nicht erreicht werden.

EN-GJS 400-15U

(Kokillenguss kurzgeglüht, daher im Kern nennenswerter Perlitanteil und geringer Anteil an Zementit. Das Material entspricht im Kern einer häufig am Markt anzutreffenden Qualität) [9]

Verschleiß: VHM Tieflochbohren – Freiflächenverschleiß von 0,1 mm
KenTIP – leichte Markierungen an den Führungsfasen, leichter Schneideckenverschleiß

Standweg: KenTIP 43,2 m – Standzeitende war bei ca. 110 m - 120 m zu erwarten
VHM Tieflochbohren 61,2 m – das Standzeitende war ebenfalls bei ca. 110 m - 120 m zu erwarten.

GJS400-15U – das Zerspanungsverhalten lag auf vergleichbarem Niveau wie bei dem ebenfalls sehr gut zerspanbaren Werkstoff GOPAG® C 500 U. Auch hier sehr gute Spanbildung bei deutlich erhöhten Schnittparametern. Lediglich der Verschleiß lag – offenbar bedingt durch den Perlitanteil im Gefüge (11%) – etwas über den Werten des GOPAG® 500. Daher dürfte der zu erwartende Standweg etwas unterhalb liegen. Standzeitende war bei beiden Werkzeugen noch nicht erreicht.

5. Zusammenfassung

5.1 Standzeiten

Vergleichende Äußerungen von zufriedenen Kunden wurden anhand der Untersuchungen bestätigt. Der ferritische GOPAG® C 500 F erreichte im Test die höchsten Standzeiten (**Bild 7, 8**).

Bei 11% Perlitanteil im kurzgeglühten EN-GJS 400-15U wurde ein 15% höherer Verschleiß, wie bei einem rein ferritischen Werkstoff, festgestellt. Marktüblich finden sich bis zu 30% Perlit in den nicht geblühten Werkstoffen, die dann den Verschleiß an den Werkzeugen bis 40% und höher anschwellen lassen.

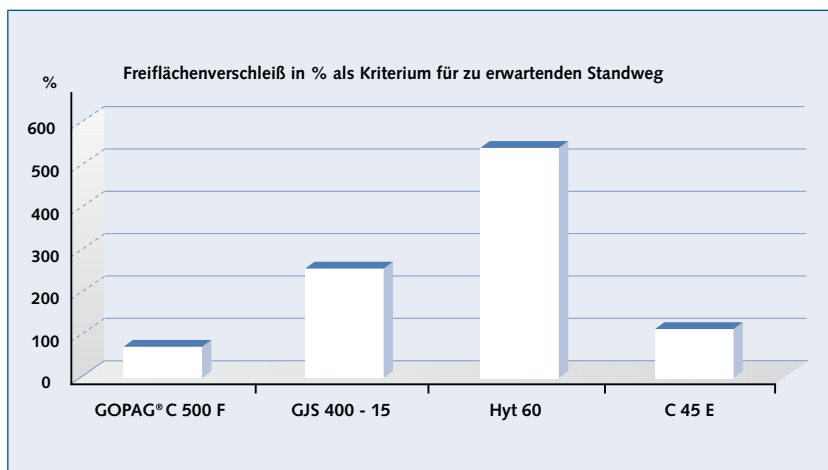


Bild 7

Diese Übersichten der Standzeiten und des Werkzeugverschleißes, sind bei der Reduzierung von Werkzeugkosten ein wichtiger Aspekt. Er dient zur Stabilisierung der Prozesse, hat aber keine große Auswirkung auf die Produktionskosten.

Bei einer Steigerung der Standzeit von 50% oder einer Reduzierung der Werkzeugkosten um 30% werden die Kosten pro Bauteil normalerweise nur um ca. 1% gesenkt, weil die Werkzeugkosten durchschnittlich nur 3 bis 5% der Produktionskosten ausmachen [10].

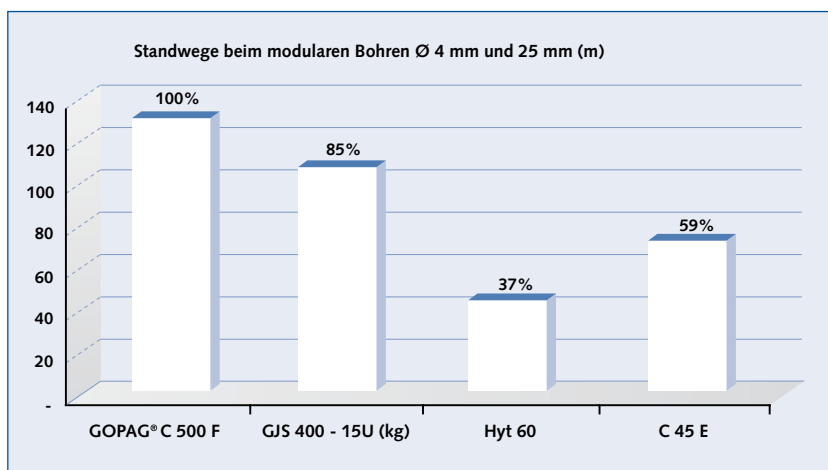


Bild 8

5.2 Schnittleistung

Erhöhte Schnittleistung und Prozessverbesserungen können die Kosten pro Bauteil senken und somit die Rentabilität des Unternehmens steigern [10]. In dem untersuchten Fall konnte die Schnittleistung in Gusswerkstoffen bei dem 25 mm Bohrer um 100% gesteigert werden (siehe **Bild 9**) und bei dem 4 mm Bohrer um 23% wie in **Bild 10** dargestellt.

Bei einer 20%igen Erhöhung der Schnittleistung werden die Stückkosten, je nach Kostenstruktur, um mehr als 10% verringert. Diese Verbesserung bewirkt eine direkte Beeinflussung der Maschinen- und Bediener-, sowie der Overheadkosten [10].

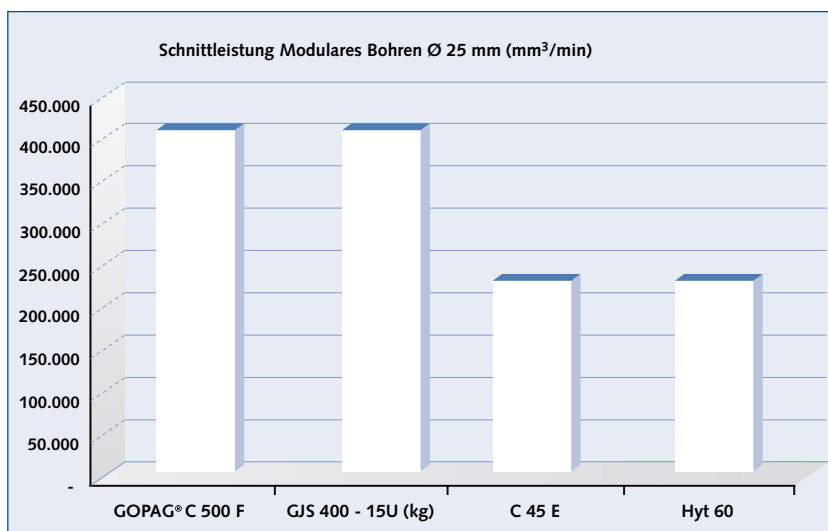


Bild 9

Die Untersuchungen zeigen deutlich, wie sich die unterschiedlichen Werk-

stoffe bei den Schnittleistungen auswirken und für den Werkstoff Guss

sind klare Vorteile zu erkennen.

Der Einfluss des Mehrphasengefüges bei der Betrachtung der Stähle zeigt dann auch Unterschiede zwischen dem C 45 E und dem Hyt 60. Der hohe Perlitanteil über 40%, gemeinsam mit der im Vergleich zu den Gusswerkstoffen hohen Zugfestigkeit lassen die Leistung beim Zerspanen deutlich sinken. Der GOPAG® C 500 F weist aufgrund des gusstypischen Streckgrenzen-Zugfestigkeits-Verhältnisses von 0,7 bis 0,8 hierbei noch vergleichbare oder bessere Streckgrenzen bzw. Dehnwerte als die Stähle auf.

Das beweist, auch moderne Gusswerkstoffe sind in vielen Fällen eine wirtschaftlichere Alternative zu herkömmlichen in der Hydraulik verwendeten Schmiedestählen oder gezogenen Stählen.

Darüber hinaus bieten ferritische Gusswerkstoffe neben dem bisher gezeigten finanziellen Vorteil, resultierend aus

- längeren Werkzeugstandzeiten
- und höheren Schnittleistungen

noch weitere Vorteile. Hierzu zählen:

- längere störungsfreie Laufzeiten – damit auch weniger Störmeldungen bei mannslosen Schichten
- geringer Ausschuss
- höhere Präzision beim Tieflochbohren
- weniger kostenintensive Nacharbeit durch erheblich geringere Gratbildung.

Eine rein kostenmäßige Beispielbetrachtung zeigt **Bild 11**. Unter der Annahme von einem h-Satz von 87,00 €/h und Werkzeugkosten von 130,00 €/Werkzeug (Bohrerspitze) ergibt sich unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen eine Gesamteinsparung bei dem 25 mm Bohrer von fast 50%.

Die Untersuchungen haben gezeigt, welche Einflüsse durch die Auswahl der Werkstoffe entstehen und wie die Schnittdaten sich verändern. Wenn ein Unternehmen durch die Auswahl des besseren Werkstoffes seine Produktivität um 20% steigern kann und statt 50 Bauteile 60 Bauteile pro Schicht herstellen kann, so werden nach unseren Berechnungen die Kosten um 12% sinken und der Bruttogewinn um 80% gesteigert. Leider werden durch Vorurteile

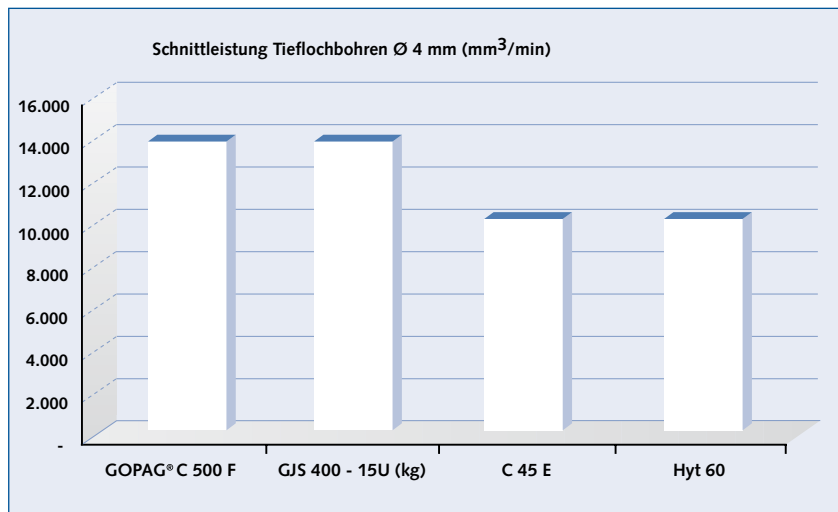


Bild 10

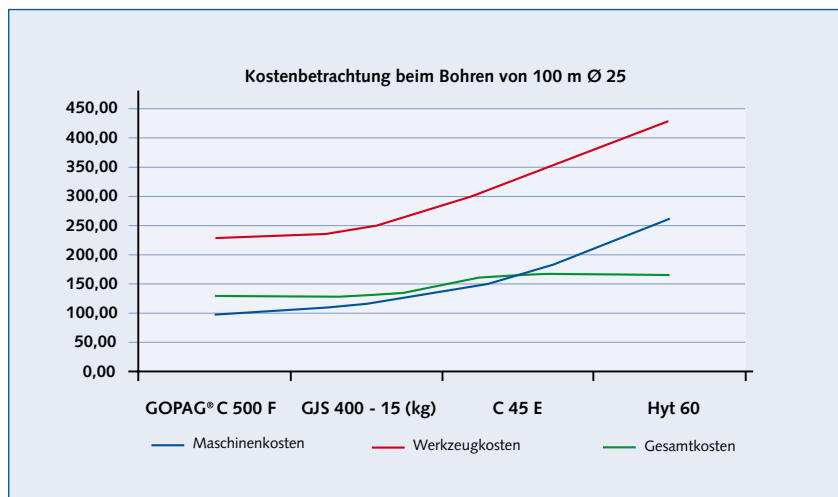
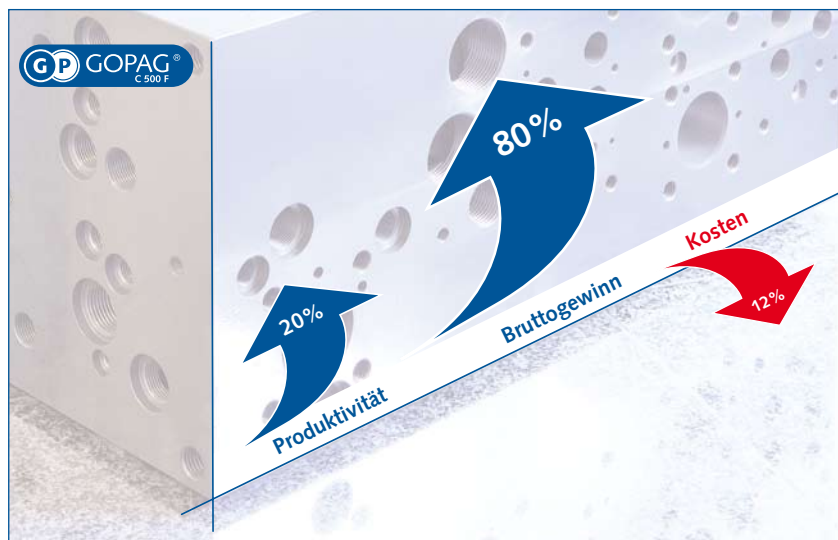


Bild 11



das Guss „dreckig“ ist, und der freie wirtschaftlichen Vorteile oft nicht deutlich genug herausgestellt.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Gonterman-Peipers den **GOPAG® C 500 F** als Kokillenguss wie auch als Strangguss anbietet, eröffnen sich demnach für den Anwender enorme Einsparpotentiale. Nach Erfahrungen von GP-Kunden, die durch den Einsatz des neuen Werkstoffes an Stelle von Schmiedestahl

bis zu 30% Gesamteinsparung genannt haben, ergeben sich somit reale Möglichkeiten, gegenläufige Kostenentwicklungen, bei z.B. Energie, Lohn oder Material, weit mehr als nur zu kompensieren, was aus langer Sicht einen eindeutigen Wettbewerbsvorteil darstellt. Somit steht heute nicht nur die „Old

Economy“ in Deutschland als eine Erfolgsgarantie für gute Unternehmenszahlen in einer soliden Volkswirtschaft. Mit den neuen Gusswerkstoffen finden sich auch Erfolgsfaktoren für innovative Unternehmen im Bereich von zerspanungsintensiven Produkten.



In der Bearbeitbarkeit einfach besser

Literatur

- [1] *Guss ist nicht gleich Guss*, R. Gorski, F. Dörfer, *ke Konstruktion & Engineering* Nov 2009, Seite 56-58
- [2] *Qualitätsguss für die Hydraulik*, R. Gorski, F. Dörfer, *fluid* Juni 2010, Seite 16-18
- [3] *Vorsprung durch Guss*, K. Vollrath, *fluid* Juni 2010, Seite 20-21
- [4] *GOPAG® C 500 F Gusswerkstoff für den Maschinenbau usw.*, K. Herfurth, R. Gorski, K. Beute, M. Hering, *Giesserei* Juni 2011, Seite 68 -79
- [5] *Testreport Kennametal v. 28.04.2011 intern*
- [6] *GP Prüfbericht 2011/0516 intern*
- [7] *GP Prüfbericht 2011/0522 intern*
- [8] *GP Prüfbericht 2011/0251 intern*
- [9] *GP Prüfbericht 2011/0252 intern*
- [10] *Technisches Handbuch Sandvik Coromant Seite 4 und 5*