



1. Einleitung

Die Europäischen Normen für Gusseisen EN 1561 und EN 1563 klassifizieren Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL) und Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS), die in Sandformen oder Formen mit vergleichbaren thermischen Verhalten gegossen werden. Damit haben diese Normen nur teilweise Gültigkeit für Gusseisen aus Strangguss. Ab 2003 beschäftigten sich Fachleute von Strangguss-Herstellern in zwei verschiedenen Arbeitsgruppen mit Teilnehmern aus Frankreich,

Dänemark, Deutschland, Spanien und Großbritannien mit den speziellen Eigenschaften und Produktmerkmalen von Gusseisen aus Strangguss /1/ /2/. Nach diesen vorangegangenen Aktivitäten begann 2010 in CEN/TC 190/WG 7 die Arbeit an der Europäischen Norm 16482 „Gießereiwesen-Gusseisen-Strangguss“.

Die höheren Abkühlgeschwindigkeiten beim Erstarren von Strangguss und während des weiteren schnellen

Abkühlens, führen im Vergleich zum Sandguss zu einer homogeneren Gefügeausbildung. Neben diesen werkstoffkundlichen Besonderheiten sind auch weitere Merkmale und Eigenschaften des Verfahrens und der Werkstoffe aus Strangguss in der neuen Norm mit berücksichtigt.

2. Die Europäische Norm

2.1 Allgemeine Festlegungen

Gusseisenwerkstoffe sind Eisen-Kohlenstoff-Silicium-Gusswerkstoffe.

Bei Bestellungen von Gusseisen-Strangguss sind folgende Europäische Normen zu berücksichtigen:

- EN 1559-1: Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 1: Allgemeines
- EN 1559-3: Gießereiwesen – Technische Lieferbedingungen – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen an Eisengussstücke
- EN 10204: Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen
- EN ISO 945-1: Mikrostruktur von Gusseisen – Teil 1: Graphitklassifizierung durch visuelle Auswertung
- EN ISO 6506: Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6506-1)
- EN ISO 6892-1: Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1)

Ralf Gorski, Geschäftsführer, Gontermann-Peipers GmbH, Siegen
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Herfurth, freiberuflicher Ingenieur, Pulheim
Dipl. Ing. Aike Gädke, Qualitätsstellenleiter Werk Hain, Gontermann-Peipers GmbH, Siegen
Marcus Hering, Teamleiter QS Werk Hain, Gontermann-Peipers GmbH, Siegen

Die Kugelgraphiterzeugende Behandlung, die Impfung, die chemische Zusammensetzung und die Art der Wärmebehandlung bleiben dem Hersteller überlassen. Der Hersteller muss sicherstellen, dass die in der Bestellung fest-

gelegte Werkstoffsorte die Anforderungen dieser Norm erfüllt. Zu erfüllen sind die Mindestwerte für die Zugfestigkeit bei Gusseisen mit Lamellengraphit und die Mindestwerte für die Zugfestigkeit, der 0,2%-Dehngrenze

und der Bruchdehnung bei Gusseisen mit Kugelgraphit. Es gibt aber auch die Möglichkeit der Klassifizierung nach der Brinellhärte für GJL und GJS. **(Tabellen 3 und 4)**

2.2 Mechanische Eigenschaften und Hinweise zum Mikrogefüge

Die Norm klassifiziert Strangguss-Qualitäten für Stränge aus Gusseisen mit Lamellengraphit und aus Gusseisen mit Kugelgraphit. Die mechanischen Eigenschaften von Gusseisen-Strangguss werden an mechanisch bearbeiteten Proben bewertet, welche aus dem Strang (Gussstück) als Probestücke entnommen werden. Die Europäische Norm 16482 legt vier Sorten von Gusseisen mit Lamellengraphit **(Tabelle 1)** und vierzehn Sorten von Gusseisen mit Kugelgraphit **(Tabelle 2)** fest, deren Klassifizierung auf der Zugfestigkeit beruht. Hinzu kommen vier Sorten von Gusseisen mit Lamellengraphit, deren Klassifizierung auf der Brinellhärte beruht **(Tabelle 3)**.

Für GJL sind diese in gesonderten Werkstoffnummern aufgeführt. Der Bereich der Zugfestigkeiten bei Gusseisen mit Lamellengraphit liegt bei 80 N/mm² bis

220 N/mm², jeweils in Abhängigkeit der Werkstoffsorte und vom Strangdurchmesser zwischen 20 und 400 mm. Die Brinellhärten liegen bei 110 bis 290 jeweils in Abhängigkeit von der Werk-

stoffsorte und vom Stranggussdurchmesser. Die Mikrogefüge sind bei den vier Werkstoffgruppen ferritisch gegläht, ferritisch-perlitisch, perlitisch-ferritisch oder überwiegend perlitisch.



GP-Produkte des Werkes Hain

Werkstoffbezeichnung		Strangdurchmesser D mm	Zugfestigkeit R_m MPa min	Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer			
EN-GJL-150C	5.1102	$20 < D \leq 50$	110	ferritisch, gegläht
		$50 < D \leq 100$	100	
		$100 < D \leq 200$	90	
		$200 < D \leq 400$	80	
EN-GJL-200C	5.1202	$20 < D \leq 50$	155	ferritisch-perlitisch
		$50 < D \leq 100$	140	
		$100 < D \leq 200$	125	
		$200 < D \leq 400$	115	
EN-GJL-250C	5.1203	$20 < D \leq 50$	195	perlitisch-ferritisch
		$50 < D \leq 100$	180	
		$100 < D \leq 200$	165	
		$200 < D \leq 400$	155	
EN-GJL-300C	5.1308	$20 < D \leq 50$	220	überwiegend perlitisch
		$50 < D \leq 100$	205	
		$100 < D \leq 200$	195	
		$200 < D \leq 400$	185	

Tabelle 1: Mechanische Eigenschaften von Strangguss aus Gusseisen mit Lamellengraphit

Werkstoffbezeichnung		Strangdurchmesser D mm	0,2 % Dehngrenze $R_{p0,2}$ MP _a min	Zugfestigkeit R_m MP _a min	Dehnung ^c A % min	Grundgefüge
Kurzzeichen	Nummer					
EN-GJS-350-22C-LT	5.3120	$20 < D \leq 60$	220	350	22	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	210	330	18	
		$120 < D \leq 400$	200	320	15	
EN-GJS-350-22C-RT	5.3121	$20 < D \leq 60$	220	350	22	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	220	330	18	
		$120 < D \leq 400$	210	320	15	
EN-GJS-350-22C	5.3122	$20 < D \leq 60$	220	350	22	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	220	330	18	
		$120 < D \leq 400$	210	320	15	
EN-GJS-400-18C-LT	5.3123	$20 < D \leq 60$	240	400	18	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	230	380	15	
		$120 < D \leq 400$	220	360	12	
EN-GJS-400-18C-RT	5.3124	$20 < D \leq 60$	250	400	18	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	250	390	15	
		$120 < D \leq 400$	240	370	12	
EN-GJS-400-18C	5.3125	$20 < D \leq 60$	250	400	18	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	250	390	15	
		$120 < D \leq 400$	240	370	12	
EN-GJS-400-15C ^a	5.3126	$20 < D \leq 60$	250	400	15	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	250	390	14	
		$120 < D \leq 400$	240	370	11	
EN-GJS-400-7C ^a	5.3202	$20 < D \leq 60$	250	400	7	ferritisch perlitisch
		$60 < D \leq 120$	250	390	7	
		$120 < D \leq 400$	240	370	11	
EN-GJS-450-18C ^b	5.3127	$20 < D \leq 60$	350	450	18	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	340	430	14	
		$120 < D \leq 400$	ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren			
EN-GJS-450-10C ^a	5.3128	$20 < D \leq 60$	310	450	10	überwiegend ferritisch
		$60 < D \leq 120$	ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren			
		$120 < D \leq 400$				
EN-GJS-500-14C ^b	5.3129	$20 < D \leq 60$	400	500	14	ferritisch
		$60 < D \leq 120$	390	480	12	
		$120 < D \leq 400$	360	470	10	
EN-GJS-500-7C ^a	5.3203	$20 < D \leq 60$	320	500	7	ferritisch perlitisch
		$60 < D \leq 120$	300	450	7	
		$120 < D \leq 400$	290	420	5	
EN-GJS-600-3C ^a	5.3204	$20 < D \leq 60$	370	600	3	perlitisch ferritisch
		$60 < D \leq 120$	360	600	2	
		$120 < D \leq 400$	340	550	1	
EN-GJS-700-2C ^a	5.3303	$20 < D \leq 60$	420	700	2	überwiegend perlitisch
		$60 < D \leq 120$	400	700	2	
		$120 < D \leq 400$	380	650	1	

^a In Abhängigkeit vom Verfahren können diese Werkstoffe geringe Mengen an freien Carbiden enthalten.

^b Mischkristallverfestigtes, ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit.

^c Dehnung nach Bruch

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften von Strangguss aus Gusseisen mit Kugelgraphit

Eine Neuheit gibt es bei den Gusseisen-Sorten mit Kugelgraphit. Bei Gontermann-Peipers, Siegen, wurde eine Werkstoffsorte mit höheren Siliciumgehalten entwickelt, die eine ferritische Matrix auch bei höheren Festigkeiten besitzt /3/. Diese, durch Misch-

kristallverfestigung entstandene Werkstoffsorte EN-GJS-500-14C, ist auf dem Markt unter dem Markennamen GOPAG C 500-14 bekannt. Infolge der gleichmäßigen, nur aus einer Phase bestehenden Matrix, liegt eine, im Vergleich zu bisherigen Werkstoffsorten mit

einer Zugfestigkeit von 500 N/mm² bedeutend verbesserte Zerspanbarkeit vor. Diese führt, insbesondere beim Bohren von Hydraulikbauteilen, zu wesentlichen wirtschaftlichen Vorteilen /4/.

Werkstoffbezeichnung		Brinellhärte ^a		Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer	min	max	
EN-GJL-HB150	5.1103	110	180	ferritisch, gegläht
EN-GJL-HB175	5.1204	140	210	ferritisch-perlitisch
EN-GJL-HB200	5.1205	170	240	perlitisch-ferritisch
EN-GJL-HB250	5.1309	220	290	überwiegend perlitisch

^a Bei jeder Sorte nimmt die Brinellhärte mit zunehmender Wanddicke ab.

Tabelle 3: Brinellhärte von Strangguss aus Gusseisen mit Lamellengraphit

Die Werkstoffsorten von Gusseisen mit Kugelgraphit umfassen einen Bereich der Zugfestigkeiten von 320 bis 700 N/mm², der 0,2%-Dehngrenze von 200 bis 420 N/mm² bei Bruchdehnungen von 22 bis 1 %. Die Mikrogefüge sind dabei

ferritisch, ferritisch-perlitisch, perlitisch-ferritisch oder überwiegend perlitisch. Bei Gusseisen mit Kugelgraphit sind die genannten mechanischen Eigenschaften auch vom Strangdurchmesser abhängig. Je größer der Strangdurchmes-

ser im Bereich von 20 bis 400 mm wird, um so geringer werden die Werte für Zugfestigkeit, 0,2%-Dehngrenze und Bruchdehnung.

Werkstoffbezeichnung		Brinellhärtebereich	Grundgefüge (nur informativ)
Kurzzeichen	Nummer	HBW	
EN-GJS-350-22C-LT	5.3120	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-350-22C-RT	5.3121	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-350-22C	5.3122	kleiner als 170	ferritisch
EN-GJS-400-18C-LT	5.3123	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-18C-RT	5.3124	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-18C	5.3125	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-15C ^a	5.3126	120 bis 180	ferritisch
EN-GJS-400-7C ^a	5.3202	140 bis 210	ferritisch
EN-GJS-450-18C ^b	5.3127	170 bis 200	ferritisch
EN-GJS-450-10C ^a	5.3128	160 bis 210	überwiegend ferritisch
EN-GJS-500-14C ^b	5.3129	180 bis 210	ferritisch
EN-GJS-500-7C ^a	5.3203	170 bis 240	ferritisch-perlitisch
EN-GJS-600-3C ^a	5.3204	200 bis 290	perlitisch-ferritisch
EN-GJS-700-2C ^a	5.3303	210 bis 305	überwiegend perlitisch

Anmerkung: Die geringste Härte wird mit einem ferritischen Grundgefüge und geringem Siliciumgehalt erreicht. Die Härte steigt mit dem Gehalt an Perlit oder durch erhöhten Siliciumgehalt.

^a In Abhängigkeit vom Verfahren können diese Werkstoffe geringe Mengen an freien Carbiden enthalten.
^b Mischkristallverfestigtes ferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit.

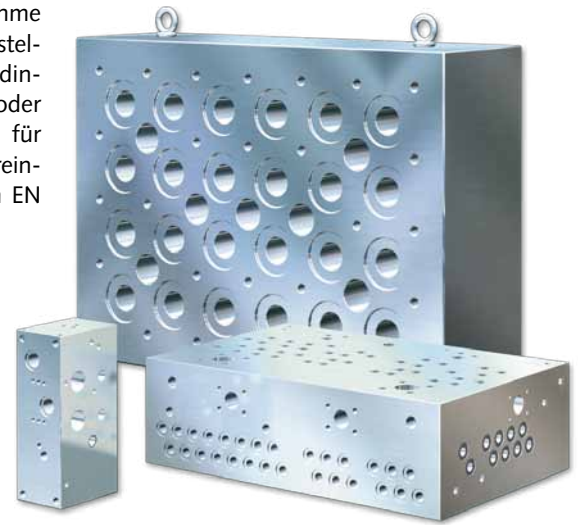
Tabelle 4: Richtwerte für die Brinellhärte

2.3 Mechanische Eigenschaften bei Raum- und tieferen Temperaturanwendungen

Die Europäische Norm enthält auch vier Werkstoffsorten mit garantierter Kerbschlagzähigkeit bei Raumtemperatur (RT – Room Temperature) und tieferen Temperaturen (LT – Low Temperature). Obwohl die Werte für die Schlagenergie bei Gusseisen mit Kugelgraphit im Vergleich zu Stahl niedrig sind, zeigt die bruchmechanische Prüfung von Gusseisen mit Kugelgraphit, dass diese bruchmechanischen Eigenschaften zumindest gleichwertig oder sogar besser als bei Stahl oder Stahlguss sind /5/. Für den GJS 400-18LT ist beispielsweise der Mittelwert aus drei Proben mit 12 Joule und der niedrigste Einzelwert von 9 Joule bei -20 °C zu erreichen.

Werte für die Schlagenergie müssen nur bestimmt werden, wenn sie vom Käufer zum Zeitpunkt der Annahme der Bestellung festgelegt sind. Hersteller und Käufer müssen die Prüfbedingungen sowie die Mindestwerte oder den zulässigen Bereich der Werte für die mechanische Eigenschaft vereinbaren (zur Information siehe auch EN 1563 für GJS).

Hydraulikblöcke aus Strang- oder Kokillenguss, vom Kunden bearbeitet



Werkstoffkurzzeichen	Prüf-temperatur	0,2 % Dehn- grenze ^a $R_{p0,2}$ MPa	Zug- festigkeit ^a R_m MPa	Dehnung ^a A %	Elastizitäts- modul ^b E GN/m ²	Bruch- zähigkeit ^{ac} K_J MPa \sqrt{m}
EN-GJS-400-18C-LT	RT	256	372	22,5	169	43,7
	-20 °C	277	397	19,5	170	-
EN-GJS-400-18C	RT	300	424	26	171	50,3
	-20 °C	330	453	23,5	172	-
EN-GJS-500-7C	RT	354	533	15,0	177	41,0
	-20 °C	382	558	16	178	-
EN-GJS-500-14C	RT	391	504	19,5	173	46,5
	-20 °C	421	535	20,5	175	-
EN-GJS-600-3C	RT	448	782	7,0	166	26,3 (K_{IC})
	-20 °C	473	753	3,0	167	-

^a Mittelwert aus 3 Messungen nach Bruch
^b Mittelwert aus 5 Messungen
^c Geprüft nach ISO 12135 am Probestück SENB 10 x 20 x 100 (140) /6/

Tabelle 5 : Beispiele mechanischer Eigenschaften, die an Gusseisen-Strangguss mit einem Durchmesser von 160 mm gemessen wurde /6/

In der **Tabelle 5** sind wichtige Werte für den Konstrukteur für die Entwicklung von Gussteilen aufgeführt. Eine vertiefende Information ist unter **der Quelle 6** oder auf der Homepage www.gontermann-peipers.de/downloads/artikel zu finden.

2.4 Probennahme

Die Probestücke müssen aus der gleichen Strangguss-Charge stammen, welche für die Herstellung der Stangen verwendet wurde. Sämtliche Probestücke müssen so gekennzeichnet sein, dass die vollständige Rückverfolgbarkeit auf die Stangen/Charge, die sie repräsentie-

ren, sichergestellt ist. Wenn eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, müssen die Probestücke in derselben Weise wie die Stangen, die sie repräsentieren, wärmebehandelt werden. Die Proben für den Zugversuch müssen nach der Wärmebehandlung aus

den Probestücken bearbeitet werden. In der Europäischen Norm ist die Lage von Probestücken für kreisförmige, quadratische, rechteckige und halbkreisförmige Stränge festgelegt (Bild C 1 bis 4).

Lage von Probestücken, die aus einer Stange entnommen wurden

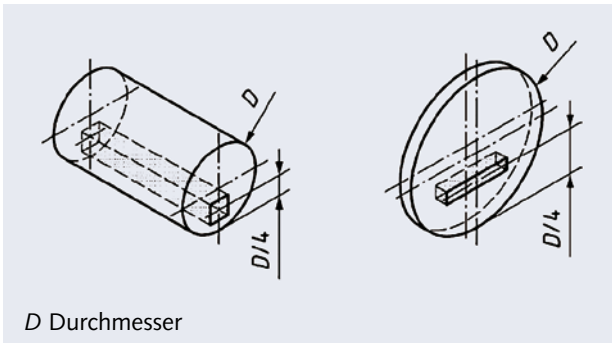


Bild C.1: Kreisförmige Stangen

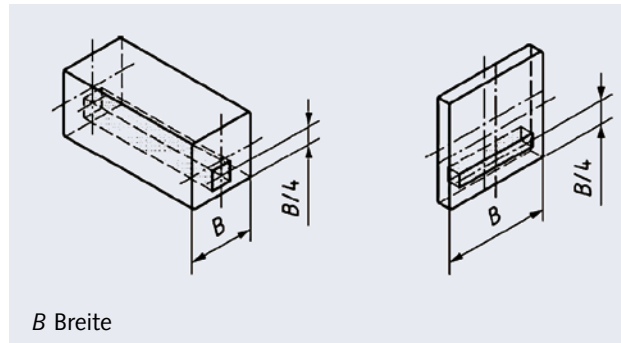


Bild C.2: Quadratische Stangen

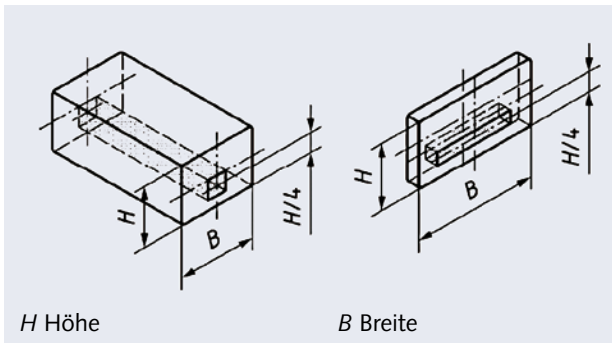


Bild C.3: Rechteckige Stangen $B > H$

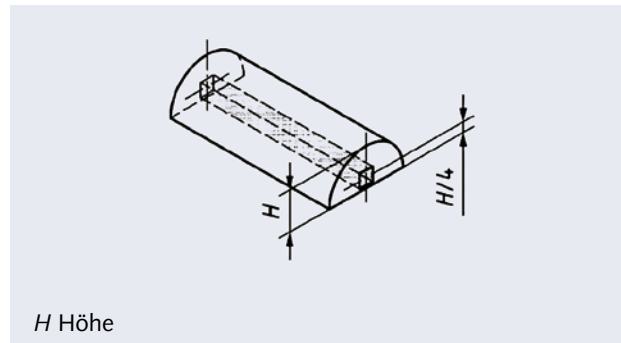


Bild C.4: Halbkreisförmige Stangen

2.5 Weitere informative Festlegungen

Diese Europäische Norm enthält ebenso Festlegungen zu den notwendigen Bestellangaben zur Gradheit von nicht spanend bearbeiteten Stangen, **Tabelle 6**. Zudem beinhaltet sie Angaben zu

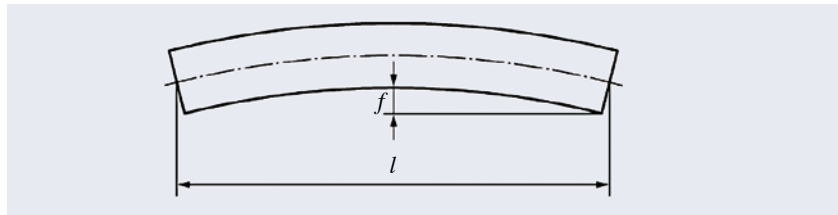
den Bearbeitungszugaben, zur Ovalität und Wölbung der Stränge, Tabellen zu den kennzeichnenden Eigenschaften, zu Wiederholungsprüfungen, zur Wärmebehandlung von Probestücken und

Stangen, zu Prüfbescheinigungen, und informative zusätzliche Angaben zu mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Gusseisen mit Kugelgraphit.

Länge l in mm	Maximale Abweichung von einer geraden Linie in mm	
	in gegossenem Zustand	im geglühten Zustand
1.000	2	3
2.000	4	6
3.000	6	9

Tabelle 6: Gradheit von Stangen aus Strangguss

Die Gradheit ist nach EN ISO 1101 in der Tolerierung der Form und Richtung enthalten. Die Toleranz f wird durch zwei parallele Linien beschrieben, die durch einen Abstand in der Messebene voneinander getrennt sind.



2.6 Bearbeitungszugaben

Die Bearbeitungszugabe ist eine Werkstoffschicht auf einem Gusserzeugnis, welche zur Beseitigung gießtechnisch bedingter Merkmale (einschließlich Ovali-

tät, Wölbung, Randschicht und unzureichende Oberflächenrauigkeit) spanend abgearbeitet wird. **Tabelle 7** enthält die Mindestbearbeitungszugaben als Funk-

tion der Stranggussabmessung und der Formen für Gussstücke.

Strangdurchmesser D oder Strangbreite B ^a mm	Mindestbearbeitungszugabe ^b in mm			
	Gusseisen mit Lamellengraphit		Gusseisen mit Kugelgraphit	
	kreisförmig D	rechteckig B	kreisförmig D	rechteckig B
$20 < D$ oder $B \leq 50$	2,0	2,5	3,0	3,5
$50 < D$ oder $B \leq 100$	3,0	3,5	4,0	4,5
$100 < D$ oder $B \leq 200$	4,0	4,5	5,0	5,5
$200 < D$ oder $B \leq 300$	6,0	6,5	7,0	7,5
$300 < D$ oder $B \leq 400$	7,0	7,5	8,0	8,5
$400 < D$ oder $B \leq 500$	9,0	9,5	10,0	10,5
$500 < D$ oder $B \leq 650$	11,0	11,5	12,0	12,5

^a Bei rechteckigen Gussstücken ist die Breite das längste Maß des Querschnitts

^b Die Bearbeitungszugabe bezieht sich auf den Radius oder die halbe Breite des Stranges

Tabelle 7: Bearbeitungszugaben für Gusseisen-Strangguss

3. Fazit

Die Eigenschaften und Merkmale von Gusseisen-Strangguss werden in der neuen Norm für den Kunden und Hersteller verbindlich beschrieben. Somit haben beide Parteien eine klare Grundlage bei der Konstruktion, Produktion und Qualitätssicherung. Das die neue Norm eine breite Zustimmung in 15 euro-

päischen Ländern erhalten hat, ist eine deutliche Bestätigung der geleisteten Arbeit. Die Verfasser bedanken sich bei allen Beteiligten für die konstruktive Zusammenarbeit bei der Erstellung der EN 16482. Die vollständige DIN EN 16824:2014 kann beim Beuth Verlag in Berlin unter www.beuth.de erwor-

ben werden. Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



GP Werk Hain

Gontermann-Peipers GmbH
Marienborner Straße 49
57074 Siegen
Telefon 0271 60-0
Fax 0271 60-300
gpcast@gontermann-peipers.de
www.gontermann-peipers.de

Literatur

- [1] Herfurth, Klaus: Gusseisen-Strangguss für eine innovative Teilefertigung konstruieren und giessen 30 (2005) Nr. 3, 2-17
- [2] Herfurth, Klaus: Gusseisen-Strangguss. Qualitätsbewertung konstruieren und giessen 33 (2008) Nr. 2, 11-20
- [3] Herfurth, K., Gorski, R., Beute, K., Hering, M.: GOPAG C 500 F – Gusswerkstoff für den Maschinenbau mit höherer Festigkeit und Bruchdehnung bei sehr homogener Härteverteilung
Giesserei 98 (2011) H. 6, S. 68-79
- [4] Gorski, R., Dörfer, F.
Mehr Fertigteile pro Maschine und Schicht,
Giesserei 99 (2012) H. 9, S. 62-67
- [5] Pusch, G.: Bruchmechanische Kennwerte von Gusseisenwerkstoffen konstruieren und gießen 33 (2008) Nr. 4, S. 2-24
- [6] Gorski, Ralf: Ermittlung von Bruchmechanik Kennwerten an Strangguss-Werkstoffen aus Kugelgraphit, Giesserei (2014) Heft März
- [7] Tabelle 1-7 aus der EN 16482 von der Beuth Verlag GmbH, Fassung 2014