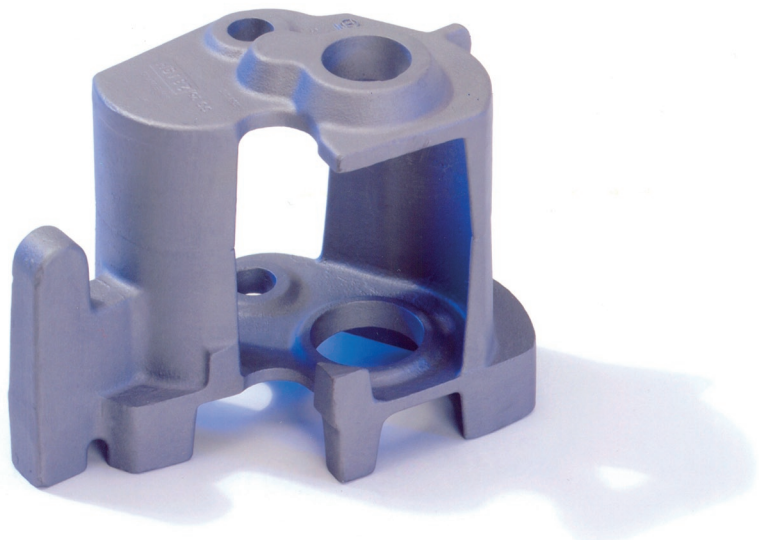


Psssssssst... Gusseisen!

Gusseisenwerkstoffe für geräuschoptimierte Antriebe



Christine Bartels

Lärmschutz am Arbeitsplatz hat in der letzten Zeit an Bedeutung gewonnen. Eine wesentliche Forderung der 9. Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz besagt, dass in Betriebsanleitungen und technischen Unterlagen zur Beschreibung einer Maschine Angaben über den von der Maschine ausgehenden Luftschall enthalten sein müssen. Diese Verordnung setzt die EG-Richtlinie Maschinen (89/392/EWG) in deutsches Recht um. Bei der Beschaffung neuer Maschinen spielt damit die Geräuschemission inzwischen neben Funktion und Preis eine signifikante Rolle für die Kaufentscheidung.



Autorin: Dr. Christine Bartels,
Leitung der Abteilung Product
Engineering der Claas Guss GmbH
in 33609 Bielefeld

Bei vielen Maschinen ist eine entscheidende Geräuschquelle ein mechanischer Antrieb. Ein Vielzahl von Maßnahmen werden derzeit unternommen, um die Geräuschemission von mechanischen Antrieben zu reduzieren. Manchmal reichen konstruktive Maßnahmen, eine geänderte Ausführung von Verzahnungen oder eine höhere Bearbeitungsgüte von Verzahnungen alleine nicht mehr aus.

Die Wahl geeigneter Werkstoffe spielt eine zunehmend wichtige Rolle. Wünschenswert sind Werkstoffe mit einer hohen Materialdämpfung, also solche, die aufgezwungene Schwingungen möglichst schnell abbauen und die Energie in innere Reibung und damit letztendlich in Wärme umwandeln. Hier stoßen die unter Leichtbaugesichtspunkten häufig favorisierten Aluminiumwerkstoffe an ihre Grenzen. Nur mit sehr viel Aufwand kann über Verbundwerkstoffkonzepte die Materialdämpfung von Aluminiumwerkstoffen gesteigert werden. So gibt es spezielle Aluminium-Matrix-Verbundwerkstoffe, bei denen die Dämpfungskapazität durch den Zusatz von 20 Volumenprozent Graphitpartikeln deutlich gesteigert wird. Solche Lösungen haben aber ihren Preis.

Grau erstarrtes Gusseisen

Eine schon lange etablierte Werkstoffgruppe enthält aus sich heraus bereits Graphitteilchen. Die Rede ist von grau erstarrten, also graphithaltigen Gusseisenwerkstoffen,

1: Getriebegehäuse für eine Druckmaschine aus EN-GJL-250.

die sich durch ein sehr gutes Materialdämpfungsvermögen auszeichnen. In der **Tabelle** sind die relativen Dämpfungskapazitäten von verschiedenen Eisenwerkstoffen und von Aluminium zusammengestellt. Die relative Dämpfungskapazität beschreibt dabei den natürlichen Logarithmus des Verhältnisses von zwei aufeinander folgenden Schwingungsamplituden.

Ausschlaggebend für das Dämpfungsverhalten ist die Form des im Gusseisen vorliegenden Graphits. Das mit Abstand höchste Dämpfungsvermögen hat Gusseisen mit Lamellengraphit. Das Dämpfungsvermögen dieser Werkstoffe erreicht Werte, die mehr als einen Faktor 100 größer sein können als die von Stählen. Damit sind diese Werkstoffe prädestiniert für Bauteile, bei denen die Geräuschentwicklung im Vordergrund steht, allerdings nur mäßige mechanische Belastungen auftreten. Hierzu gehören neben Maschinenbetten und -stützen auch Zylinderblöcke und Bremskomponenten und vielfach Getriebegehäuse.

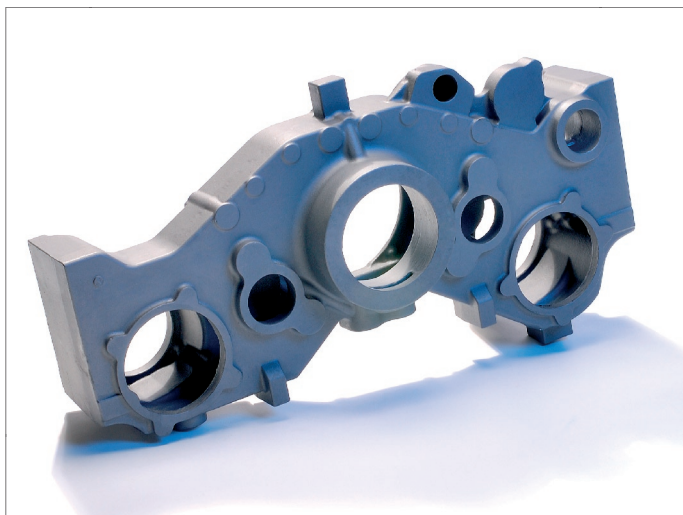
Das in **Bild 1** dargestellte Getriebegehäuse einer Druckmaschine besteht aus EN-GJL-250. Mit Gusseisen mit Lamellengraphit lassen sich Festigkeiten von bis zu 350 MPa erreichen. Die Graphitlamellen wirken allerdings wie innere Kerben, so dass diese Werkstoffe keine signifikante Bruchdehnung haben.

Das Dämpfungsvermögen von Gusseisen mit Lamellengraphit wird stark von Menge, Form und Größe des im Gefüge vorliegenden Graphits beeinflusst. Je größer die Menge und je grober die Ausscheidungen sind, desto größer ist das Dämpfungsvermögen. Genau gegenläufig ist die Abhängigkeit für die Festigkeit, die mit steigendem Gehalt an Graphit und mit steigender Lamellengröße sinkt.

Gusseisen mit Kugelgraphit

Bei einigen Antriebskomponenten sind die wirkenden Lasten allerdings so groß, dass Gusseisen mit Lamellengraphit diesen nicht mehr standhält. In solchen Fällen bietet sich Gusseisen mit Kugelgraphit an, dessen Festigkeiten etwa auf dem doppelten Niveau wie dem von Gusseisen mit Lamellengraphit liegen.

So wurde auch bei dem in **Bild 2** gezeigten Räderkasten für einen Großdieselmotor Gusseisen mit Lamellengraphit (EN-GJL-250) durch Gusseisen mit Kugelgraphit



2: Räderkasten für einen Großdieselmotor aus EN-GJS-400-15.



3: Antriebsflansch für Allradantrieb eines PKW aus EN-GJS-600-3.

(EN-GJS-400-15) ersetzt. Aus gießtechnischer Sicht war diese Substitution eine Herausforderung, da das Bauteil großflächig Wandstärken zwischen 6 und 8 mm zeigt, aber auch eine Vielzahl von Aufdickungen aufweist. Diese Geometrie erfordert in einer Ausführung in Gusseisen mit Kugelgraphit ein gegenüber der Graugussausführung sorgfältig durchdachtes Gießsystem und einen erhöhten Speisungsaufwand.

Zwar erreicht das Dämpfungsvermögen von Gusseisen mit Kugelgraphit nicht die Werte wie das von Gusseisen mit Lamellengraphit, es ist aber noch immer um bis zu einem Faktor 5 bis 7 höher als das von Stählen und um bis zu einem Faktor 50 höher als das von Aluminium. Damit hat sich Gusseisen mit Kugelgraphit inzwischen zu einem häufig verwendeten Werkstoff in der Antriebstechnik entwickelt. Sowohl bei stationären Antrieben wie auch in der Automobiltechnik werden eine Vielzahl von Getriebebauteilen aus dieser Werkstoffgruppe, wie höher belastete Getriebegehäuse und Getriebegehäusedeckel, Planetenträger, Differentialgehäuse und Antriebsflansche, hergestellt. Das Spektrum der verwendeten Werkstoffe reicht dabei je nach Anforderungsprofil des Bauteils von der zähen, ferritischen Sorte EN-GJS-400-15 bis zur hochfesten, überwiegend perlitischen Sorte EN-GJS-700-2.

Die **Bilder 3** und **4** zeigen exemplarisch ein Differentialgehäuse aus EN-GJS-400-15 und einen Antriebsflansch aus EN-GJS-600-

3 für Pkw. Beide Bauteile stammen aus dem Antriebsstrang von allradgetriebenen Pkw.

Hochfestes Gusseisen

Bei etlichen hoch belasteten Getriebebauteilen konnten Gusseisenwerkstoffe allerdings in der Vergangenheit keine Alternative zu höherfesten Stahlqualitäten sein. Die Entwicklung von ADI (Austempered Ductile Iron), einem speziell wärmebehandelten Gusseisen mit Kugelgraphit, das in DIN EN 1564 standardisiert ist, bietet hier nun eine echte Alternative zu Schmiedestählen. Dabei bleibt das durch die im Gefüge vorliegenden Graphitkugeln erreichte hohe Dämpfungsvermögen erhalten, was diese Werkstoffgruppe für die Antriebstechnik besonders attraktiv macht. Durch die Substitution von Stahl- durch ADI-Zahnräder konnte in verschiedenen Anwendungen die Geräuschemission signifikant reduziert werden. Hier wirkt sich neben der Materialdämpfung auch die Selbstschmierung durch die eingelagerten Graphitkugeln positiv aus.

Diese hohe Materialdämpfung des ADI sowie die hohen Dauerfestigkeiten macht sich auch die Konstruktion des V10 TDI Motors von VW zunutze. Die Zahnräder des Stirnradgetriebes, das die Nockenwelle und die Nebenaggregate antreibt, wurden in eine Räderkassette aus EN-GJS-800-8 eingefasst, um der elastischen Verformung des Aluminiummotorblocks entgegen zu wirken.



4: Differentialgehäuse aus dem Antriebsstrang eines allradgetriebenen PKW aus EN-GJS-400-15 .

Fazit

Gusseisenwerkstoffe unterschiedlichster Festigkeitsklassen bieten damit die Möglichkeit, über die hohe Materialdämpfung der Werkstoffe einen Beitrag zur Reduzierung der Lärmemission von Maschinen zu leisten und dort noch Verbesserungen zu erzielen, wo rein konstruktive Maßnahmen ihre Grenzen erreichen.

Literaturhinweis:

[1] Walton, C.E.; Opar, T.J.: *Iron Castings Handbook*, Iron Castings Society, 1981, p 203-295.

Tabelle: Vergleich der relativen Dämpfungskapazität verschiedener Werkstoffe, definiert als natürlicher Logarithmus des Verhältnisses von zwei aufeinander folgenden Schwingungsamplituden [1].

Werkstoff	Relative Dämpfungskapazität
Weißes Gusseisen	2 - 4
Temperguss	8 - 15
Gusseisen mit Kugelgraphit	5 – 20
Gusseisen mit feinem Lamellengraphit	20 – 100
Gusseisen mit grobem Lamellengraphit	100 – 500
Eutektischer Stahl	4
Armco Eisen	5
Aluminium	0,4

English Summaries: Our readers will find an English summary of this report under www.vfmz.de/summaries