

Horst LICHTENBERG
Eberhard AMBOS

Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Deutschland

FERTIGUNGSGERECHTE GUßSTÜCKKONSTRUKTION DURCH DATENBANKUNTERSTÜTZUNG

Für das fertigungsgerechte Gestalten von Gußstücken sind resultierend aus dem vielstufigen Rohteilfertigungs-, Bearbeitungs- und Behandlungsprozeß zahlreiche Regeln zur Konturbildung und Kenngrößen für die Dimensionierung zu beachten. Da der gegenwärtige Aufbereitungszustand gießertechnischen Wissens nicht den Anforderungen einer progressiven Konstruktionstätigkeit entspricht, wurden auf der Grundlage einer Wissensakquisition in Gießereien erste Moduln einer Datenbank zur Charakteristik von Form- und Gießverfahren, zur Bereitstellung relevanter Richtwerte sowie von Gestaltungsregeln erarbeitet.

1. Einleitung

Das fertigungsgerechte Gestalten industriell zu fertigender Bauteile ordnet sich in die Gestaltungsphase innerhalb des Konstruktionsprozesses ein. Aus der Vielstufigkeit des Gußstückfertigungs-, bearbeitungs- und -behandlungsprozesses leitet sich eine Vielzahl von Gestaltungsanforderungen an ein Gußstück ab. Neben zahlreichen Gestaltungsanforderungen aus den verschiedenen Prozeßstufen, die auf die Erfüllung gleicher Zielsetzungen hinauslaufen oder unabhängig voneinander unterschiedliche Forderungen beinhalten, existieren solche, die einander widersprechen. Da es entsprechend dem gegenwärtigen Erkenntnisstand noch nicht möglich ist, alle Anforderungen mathematisch exakt zu quantifizieren, obliegt dem Konstrukteur die schwierige Aufgabe, unter Beachtung aller Einflüsse eine technisch und wirtschaftlich begründete Kompromißlösung zu finden.

Anhand eines Beispiels werden nachfolgend exemplarisch einander widersprechende Forderungen und sich daraus ableitende alternative Gestaltungslösungen aufgezeigt. Die Forderungen der Gußanwender bestehen unter anderem darin, Bauteile mit möglichst geringen Stückgewichten zu erhalten. Eine Möglichkeit, die sich dem Konstrukteur zur Massereduzierung bietet, ist das Vorgeben von

Wanddurchbrüchen an ausgewählten Bauteilzonen. Derartige Wanddurchbrüche haben jedoch in der Regel eine verstärkte Gratbildung zur Folge (Bild 1). Sofern den nachfolgend einzusetzenden Entgratewerkzeugen keine günstige Zugänglichkeit gewährleistet werden kann, ist es zweckmäßiger, die betrachteten Durchbrüche durch eine dünne Wandung zu verschließen. Auch in diesem Fall steht der Konstrukteur vor der Aufgabe, sich für die wirtschaftlich günstigste Lösung zu entscheiden.

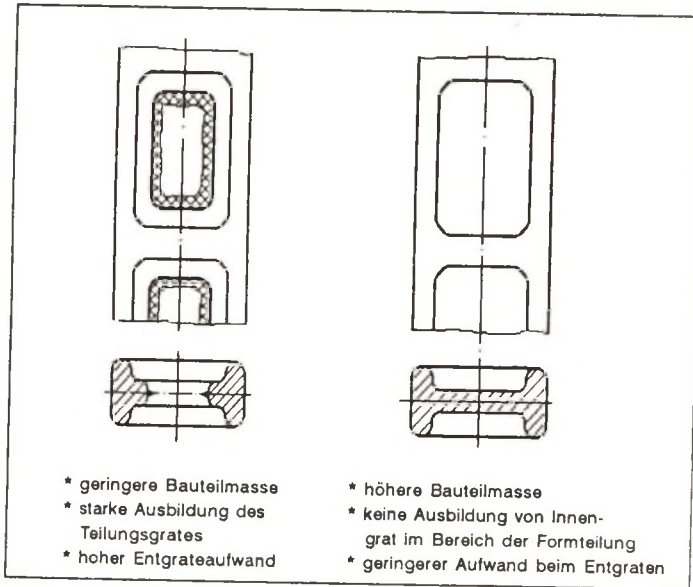


Bild 1. Vorzüge und Nachteile der Erzeugung von Durchbrüchen an Gußstücken

Um der Erfüllung dieser beispielhaft genannten und weiterer, sich teilweise widersprechender Anforderungen in günstiger Weise zu entsprechen, erscheint es vorteilhaft, diese in 2 Kategorien einzuteilen.

• **Kategorie 1**

Diese Anforderungen sind mit zwingender Notwendigkeit zu erfüllen. Ihre Mißachtung führt mit Sicherheit oder hoher Wahrscheinlichkeit dazu, daß die Gußstücke nicht oder nicht fehlerfrei gefertigt werden können. Beispiele für dieser Kategorie zuzuordnende Anforderungen sind:

- Einhalten von Mindestwanddicken
- Angleichen von Wanddickenübergängen
- Vorsehen von Aushebeschrägen
- Gewährleisten des kollisionsfreien Werkzeugzugangs

• **Kategorie 2**

Die Beachtung dieser Anforderungen ist erwünscht und führt zu einer Senkung der Aufwendungen. Ihre Nichtbeachtung hat einzelne oder kombinierte Mehraufwendungen an Material, Energie,

Fertigungszeit, Ausrüstungen, Werkzeugen, Hilfsstoffen und letztlich an Produktionsselbstkosten zur Folge. Als Beispiele für Gestaltungsregeln der 2. Kategorie lassen sich nennen:

- Reduzieren der Zahl der Teilungsebenen
- Bevorzugen einfacher geometrischer Formen
- Senken der Zahl der Kerne

Aus diesen Darlegungen ist zu erkennen, daß es zur Entwicklung vorteilhafter Gußkonstruktionen unbedingt notwendig ist, alle verfügbaren Erkenntnisse in den Konstruktionsprozeß einfließen zu lassen. Insbesondere in den kleinen und mittelständischen Unternehmen

- besteht heute unter dem verschärften Konkurrenzdruck die Notwendigkeit, ohne nachträgliche Konstruktions- und Modelländerungen kurzfristig hochwertige Gußstücke kostengünstig bereitzustellen;
- wird es für den einzelnen Konstrukteur zunehmend schwieriger, neben der funktionsgerechten Gestaltung das umfangreiche gießerei- und fertigungstechnische Wissen bei der Bauteilkonstruktion zu berücksichtigen;
- existiert beispielsweise gegenüber dem Automobilbau eine geringere Chance, auf dem Wege des simultaneous Engineering in einem interdisziplinär zusammengesetzten Team eine allen Anforderungen entsprechende Gußkonstruktion zu entwickeln.

2. Stand der Aufbereitung gießereitechnischen Wissens

Seitens der Gießereitechnik liegen vielfältige Bemühungen vor, das verfügbare Wissen für den Konstruktionsprozeß aufzubereiten. Exemplarisch sind in der Literaturliste diesbezügliche repräsentative Arbeiten aufgeführt. Angesichts

- sinkenden Bedarfs an Gußstücken in den Industrieländern;
- des Auftretens konkurrierender Fertigungsverfahren, insbesondere des Massiv- und Blechumformens mit nicht zu unterschätzenden Erfolgen;
- der wirtschaftlichen Schwierigkeiten in den osteuropäischen Staaten mit Überkapazitäten in der Gußstückfertigung;
- sowie anhaltender wirtschaftlicher Stagnation bzw. Rezession in den hochentwickelten Industrieländern

reicht der gegenwärtig erreichte Stand der Aufbereitung und Bereitstellung gießereitechnischen Wissens für die Konstrukteure des Maschinen-, Anlagen-, Verkehrsmittel- und Gerätebaus nicht aus. Diese Einschätzung wird durch folgende Sachverhalte unterstrichen:

- Die Ausbildung der Studenten an Hochschulen, Universitäten und Fachhochschulen entspricht nur in Ausnahmefällen hinsichtlich Umfang und Inhalt den aktuellen Anforderungen an das Fachwissen über das werkstoff- und fertigungsgerechte Gestalten von Gußstücken.
- Die geringen personellen Kapazitäten, die für die Erfassung und Aufbereitung des Fachwissens zur optimalen Gußstückkonstruktion aufgewandt werden, sind jeweils nur im nationalen Rahmen

tätig. Internationale Zusammenarbeit innerhalb gießereitechnischer Vereinigungen wird hierzu nicht praktiziert; auch in der EG ist kein diesbezügliches Forschungsprojekt bekannt.

Vorliegende Fachpublikationen enthalten meist nur Beispielsammlungen von günstigen und weniger günstigen Konstruktionslösungen. Häufig berücksichtigen sie nur einen geringen Teil des Fertigungsprozesses, sind nicht genügend begründet und nicht zu verallgemeinern.

- Als unzureichend muß vor allem die Übermittlung von Erfahrungen aus dem Einsatz neuer Form- und Gießverfahren bewertet werden. Es vergeht zu viel Zeit, bis praxiserprobte Parameter einem breiteren Nutzerkreis bereitgestellt werden. häufig werden derartige Informationen auch aus Wettbewerbsgründen als firmeninternes Material deklariert und sind damit nur einer begrenzten Zahl von Konstrukteuren zugänglich. Stellvertretend seien hierzu die dynamischen Verdichtungsverfahren genannt.

Diese kurze Einschätzung kann bei weitem nicht alle Unzulänglichkeiten der gegenwärtig vorherrschenden Bereitstellung gießereitechnischen Wissens aufzeigen. Nachstehend wird daher auf einen im Gesamtrahmen bescheidenen Beitrag zur Überwindung der bestehenden Defizite eingegangen, der aus der kritischen Analyse der Situation entstand.

3. Konzept und Ergebnisse einer neuartigen Wissensaufbereitung

Aus Voruntersuchungen wurde deutlich, daß Wissensdefizite insbesondere auf folgenden Gebieten bestehen :

- Funktionsweise, Nutzungsbedingungen und Vorteile der bekannten Form- und Gießverfahren
- praxisrelevante Richtwerte für wesentliche gießereitechnologische Parameter
- Gestaltungsanforderungen aus dem Gesamtprozeß der Gußstückfertigung

Auf der Grundlage mehrjähriger Wissensakquisition in einer größeren Zahl von Gießereien sowie in Modell- und Formenbaubetrieben konnten praxiserprobte Richtwerte zu wesentlichen gießereitechnologischen Parametern in Abhängigkeit vom Formstoff und dem zur Anwendung kommenden Form- und Gießverfahren erfaßt werden. Darüber hinaus galt es, die aus dem Gesamtprozeß der Gußstückfertigung resultierenden Gestaltungsregeln zusammenzustellen. Im Ergebnis dieser Untersuchungen wurden erreicht

- eine systematische Aufbereitung der ermittelten Richtwerte und ihre Zusammenfassung in einem Richtwertkatalog,
- die Aufstellung von mehr als 100 Gestaltungsregeln einschließlich Begründung, Erläuterung und Zuordnung eines Gestaltungsbeispiels in günstiger und ungünstiger Ausführungsvariante.

Die Gestaltungsregeln sind auch Gegenstand eines Fachbuches mit dem Titel "Fertigungsgerechtes Gestalten von Gußstücken", das im Jahre 1993 im Hoppenstedt-Verlag Darmstadt erschienen ist. Um rationellen Zugriff auf das betrachtete Datenmaterial und die Möglichkeit einer kurzfristigen Aktualisierung

sierung und Ergänzung entsprechend der Verfahrens- und Ausrüstungsentwicklung zu gewährleisten, wurde in Zusammenarbeit mit einem Industriepartner die Datenbank "Fertigungsgerechte Gußstückkonstruktion" angelegt. Diese Datenbank besteht derzeit aus den folgenden 3 Modulen:

- Modul 1: Form- und Gießverfahren
- Modul 2: Praxisrelevante Richtwerte
- Modul 3: Gestaltungsregeln

Sie ist Bestandteil des durch das Land Nordrhein-Westfalen geförderten, durch die Fachausschüsse des Vereins Deutscher Gießereifachleute (VDG) begleiteten und von mehreren Projektpartnern bearbeiteten Forschungsprojekts "Computergestützte Innovative Technologie im Modell- und Formenbau" (CITIM). Die Datenbank wurde für die Nutzung auf Workstations vom Typ HP 9000/710 und auf der Basis des Softwarepakets WINGZ konzipiert. Durch die Multitasking-Fähigkeit dieser Rechner ist ein komplikationsloser Wechsel zwischen dem, dem Forschungsprojekt zugrunde liegenden CAD/CAM-System EUKLID und der Datenbank möglich. Um auch Unternehmen, die auf der Basis von Personalcomputern die Konstruktion von Gußstücken durchführen, diese Datenbasis zugänglich zu machen, wurde parallel eine PC-Version entwickelt. Der Einsatz dieser Variante eignet sich aufgrund der geringen Hardwarevoraussetzungen auch bei konventioneller Konstruktionsweise sowie zu Lehrzwecken. Die während des Konstruktionsprozesses bestehenden Nutzungsmöglichkeiten der Datenbank sollen nachfolgend kurz aufgezeigt werden:

Nutzung des Moduls 1

Nach dem Aufruf dieses Moduls erscheint auf dem Bildschirm die im Bild 2 dargestellte Maske. Für den vorgesehenen Gußwerkstoff (z.B. Gußeisen mit Lamellengraphit - GG) werden dem Nutzer die für den Werkstoff anwendbaren Form- und Gießverfahren angeboten. Sollten die Grundlagen einzelner Form- und Gießverfahren nicht bekannt sein, kann auf die im gleichen Modul abgespeicherten Erläuterungen zurückgegriffen werden. Informationen über den prinzipiellen Verfahrensablauf, Hauptanwendungsgebiete und Vorteile des Verfahrens ergänzen die Aussagen.

Nutzung des Moduls 2

Für die automatisch aus dem Modul 1 übernommenen Festlegungen zum Werkstoff sowie zum Form- und Gießverfahren können für das zu gestaltende Gußstück folgende Parameter bzw. Richtwert-Kategorien aus der Datenbank ermittelt werden:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| (1) Bearbeitungszugaben | (6) Vorgießbarkeit von Grundbohrungen |
| (2) Aushebeschrägen | (7) Vorgießbarkeit von Schlitzten |
| (3) Erzielbare Mindestwanddicken | (8) Mindestradien |
| (4) Maßabweichungen | (9) Rippenabmessungen |
| (5) Vorgießbarkeit von Durchgangsbohrungen | |

Form- und Gießverfahren

ENDE
HILFE
GRAFIK
VORTEILE
NUTZUNGS-
BEDINGUNGEN

Werkstoff
GG
GGG
GS
GTW/GTS
G-Al
G-Cu
G-Zn

Verfahren
Stampfformverfahren
Hochdruckpreßformverfahren
Slingerformverfahren
Zementsandformverfahren
Wasserglas-CO ₂ -Formverfahren
Maskenformverfahren
Vakuumformverfahren
Kokillengießverfahren

Nutzungsbedingungen	
<i>vorwiegend vergossene Gußwerkstoffe</i>	GG; GGG; GS; GT; G-Al
<i>Gußstückmassbereich</i>	bis 200 kg (in Sonderfällen mehr)
<i>wirtsch. Stückzahl</i>	Serienfertigung (> 1000)
<i>erreichbare Maßgenauigkeiten</i>	1.5 bis 3.0 % des Nennmaßes
<i>erreichbare Oberflächenqualitäten</i>	Rz = 20 bis 160 µm Ra = 12.5 bis 35 µm (G-Al)
<i>herstellbare Erweiterungsformelemente</i>	- Bohrungen - Schlitze
<i>Kompliziertheitsgrad der Gußstücke</i>	einfach bis mittel

Bild 2. Informationsangebot des Moduls "Form- und Gießverfahren" (Auszug)

Die Nutzung des Informationsangebots wird nachfolgend am Beispiel der Kategorie "Vorgießen von Durchgangsbohrungen" demonstriert (Bild 3).

Richtwerte

ENDE
HILFE
Grafik /
Richtwerte

min. Bohrungsdurchmesser
50

Werkstoff
GG
GGG
GS
GTW/GTS
G-Al
G-Cu
G-Zn

Verfahren
Stampfformverfahren
Hochdruckpreßformverfahren
Slingerformverfahren
Zementsandformverfahren
Wasserglas-CO ₂ -Formverfahren
Maskenformverfahren
Vakuumformverfahren
Kokillengießverfahren

Kategorie
Bearbeitungszugaben
Aushebeschrägen
Erzielbare Mindestwanddicken
Maßabweichungen
<u>Vorgießen von Durchgangsbohrungen</u>
Vorgießen von Grundbohrungen
Vorgießen von Schlitzen
Mindestradien
Rippenabmessungen

Ergebnis		
maximale Länge [mm]	125 bis 150	

Bild 3. Ausgabe des Entscheids zur Vorgießbarkeit einer Bohrung

Nach dem Anklicken des entsprechenden Bildfensters ist im vorgegebenen Eingabefenster der beabsichtigte minimale Bohrungsdurchmesser einzutragen. Dabei sind notwendige Bearbeitungszugaben für die Bohrungsbearbeitung zu berücksichtigen. Für einen beabsichtigten Bohrungsdurchmesser von beispielsweise 50mm erscheint im Ergebnissenster der diesem Wert zugeordnete Bereich für die maximal vorgeißbare Bohrungslänge von 125 bis 150mm. In dem Fall, daß die werkstückbezogene Bohrungslänge diesen kritischen Wert überschreitet, ist zu prüfen, ob die Möglichkeit einer Vergrößerung des Bohrungsdurchmessers besteht. Ist dies aus funktionellen Gründen nicht möglich, sollte die Bohrung erst während der spanenden Bearbeitung gefertigt werden. Für diese Aussagen, wie auch für eine Reihe weiterer Festlegungen sind keine DIN-Werte bekannt.

Nutzung des Moduls 3

Im Modul 3 werden die aus dem Gesamtprozeß der Gußstückfertigung abzuleitenden Gestaltungsregeln auf der Basis eines Stichwortverzeichnis in verbaler und in bildhafter Form angeboten. Exemplarisch wird für das werkzeuggerechte Gestalten im Bild 4 eine Regel verbal angezeigt und im Bild 5 auch als Gestaltungsbeispiel präsentiert.

Gestaltungsregeln

ENDE

HILFE

Literaturhinweise

Regelauswahl

Text / Beispiele

Aus
 An

Alle Regeln
 Stichwort

Text

REGEL

Sichere günstige Anschnitt-, Schnitt- und Auslaufbedingungen der Werkzeuge

Stichworte

spritzgerecht
 Strangprofile
 symmetrische Gestaltung
 tauchgerecht
 Vakuumformverfahren
 Vereinheitlichung
 Verzierung
 Volumenkontraktion
 Wachsausschmelzverfahren
 Wanddicke
 wärmebehandlungsgerecht
 Warmriese
werkzeuggerecht

Begründung der Regel

Die qualitätsgerechte und effektive Ausführung von Bearbeitungsoperationen sowie das Vermeiden von Werkzeugbeschädigungen erfordern einwandfreie Anschnittbedingungen, geringes Verlaufen der Werkzeuge während des Eingriffs sowie einen ungehinderten Werkzeugauslauf. Durch einwandfreie Anschnittbedingungen für das Werkzeug werden eine Reduzierung der Arbeitsworte und eine mögliche Beschädigung der Werkzeuge vermieden sowie die Einhaltung der geforderten Qualität unterstützt. Es ist deshalb zweckmäßig, z.B. Bohrungsachsen im Anschnitt und Auslauf senkrecht zur Werkstückoberfläche anzuordnen. Um die Gefahr des Verlaufens der Werkzeuge und Werkzeugbruch zu minimieren, ist einseitiger Druck auf das eingesetzte Werkzeug zu vermeiden.

Bild 4. Verbale Darstellung einer Regel zum werkzeuggerechten Gestalten

Weitere Regeln, Beispiele und darüber hinausgehende Literaturhinweise zum werkzeuggerechten Gestalten, wie auch zu den vielfältigen anderen Anforderungskomplexen, können entsprechend dem aktuellen Informationsbedarf abgefordert werden. Abschließend können über eine Protokollfunktion der Datenbank die Abarbeitungsergebnisse angezeigt und gespeichert werden.

4. Schlußbemerkungen

Mit dem Aufbau der Datenbank wird das Ziel verfolgt, dem Anwender aktuelle und praxiserprobte Richtwerte und Regeln zur fertigungsgerechten Gußstückkonstruktion in nutzerfreundlicher Form und in ganzheitlicher Prozeßbetrachtung bereitzustellen.

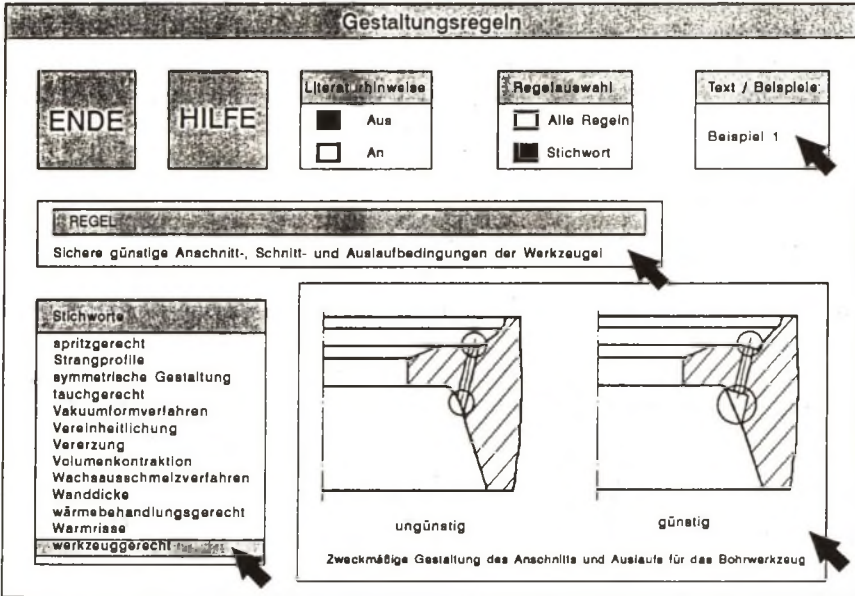


Bild 5. Bildhafte Darstellung einer Regel zum werkzeuggerechten Gestalten

Der weitere Ausbau der Datenbank ist in folgenden Richtungen vorgesehen:

- Verifizierung und Quantifizierung von Richtwerten und Empfehlungen, für die bisher nur qualitative Angaben vorliegen
- Einbeziehung internationaler und europäischer Normen in den vorliegenden Datenbestand
- Integration von Entscheidungshilfen für die kostenmäßige Bewertung alternativer Gestaltungsvarianten
- Erarbeitung eines Moduls zur Unterstützung der Auswahl eines günstigen Gußwerkstoffs

Literatur

Ambos, E.; Lichtenberg, H.; Hartmann, R.: Fertigungsgerechtes Gestalten von Gußstücken, Hoppenstedt Technik Tabellen Verlag, Darmstadt 1992.

Richter, R.: Form- und gießgerechtes Konstruieren, Deutscher Verlag für die Grundstoffindustrie, Leipzig, 1986.

Vereinigung Europäischer Gießerei-Verbände: Gießgerechtes Konstruieren. Teil 1: Konstruktionsrichtlinien, Teil 2: Konstruktionsbeispiele. Wien 1961.

Gutachter: Wojciech Cholewa