

Schleifen: Feinstbearbeitung bietet Potenzial zur Kostensenkung

J. Carstensen, Dr. Th. Schmidt, Mölln

Als Werkstoff für Strukturbauteile ist oftmals Gusseisen die beste Wahl, weil mit diesem Werkstoff und dem Urformverfahren Gießen bereits für kleine Serien die vielfältigsten Anforderungen wie

- Hohe Steifigkeit
- Gestaltungsfreiheit
- Integrierbarkeit von Anbauteilen
- Geringe Herstellkosten
- Gute Bearbeitbarkeit
- Hohes Dämpfungsvermögen
- Gute Wärmeleitfähigkeit

in idealer Weise abgedeckt werden. Ein weiterer Vorteil gegenüber konkurrierenden Werkstoffen sind –bedingt durch den in die Metallmatrix eingebetteten Graphit- die guten Notlaufeigenschaften, die bei Gleitführungen von Bedeutung sind.

Aufgrund der zunehmenden Verfahrensgeschwindigkeiten moderner Werkzeugmaschinen, die nur noch mit Wälzführungen realisierbar sind, gehen die Anwendungen mit geschliffenen Gleitführungen zunehmend zurück. Dennoch hat das Schleifen der Auflageflächen von Führungselementen in vielen Fällen weiterhin seine Berechtigung gegenüber dem Abformen und dem Fräsen. Dieses gilt vor allem für den Werkzeugmaschinenbau, denn auf der 'Mutter der Maschine' - wie die Chinesen die Werkzeugmaschine liebevoll nennen, lassen sich höchste Bearbeitungsqualitäten nur erzielen, wenn sie selbst mit einem solchen Anspruch entstanden ist.



Abb. 1 Schleifbearbeitung am Bett einer HSC-Fräsmaschine

Abformen – Alternative für bearbeitungstechnisch schwierige Aufgaben

Das Abformen von Führungsbahnen ist dort sinnvoll, wo eine spanende Bearbeitung z.B. aus geometrischen Gründen nicht möglich oder beispielsweise aufgrund der materialbedingten Werkstückeigenschaften – z.B. bei Polymerbeton – besonders kostenintensiv wäre. Es erfordert das Vorhandensein einer steifen, hochpräzisen und damit kostenintensiven Abformlehre, um genaue Auflageflächen reproduzierbar ausgießen zu können. Die Genauigkeitsvorgaben für die Führungssysteme begrenzen den sinnvollen Einsatz von Abformlehren auf etwa 2 m Führungsbahnlänge. Die engen Toleranzen der Abformlehren lassen das Abformen von Längensvarianten mit einer einzigen Vorrichtung nicht zu, so dass der Aufwand für die Herstellung der Abformlehre bei der Terminierung zeitkritischer Projekte nicht außer Acht gelassen werden darf.

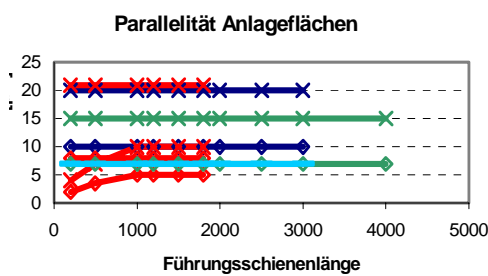
Aufgrund der geringen Schichtdicke des Trennfugenbelags wirkt sich die relativ geringe Steifigkeit des Belagwerkstoffes ($E\text{-Modul} < 5\% \text{ des } E\text{-Moduls von Grauguss}$) nur geringfügig auf die statische Nachgiebigkeit aus. Die im Vergleich zu metallischen Werkstoffen geringere zulässige Flächenpressung ist bei der Dimensionierung der Anlageschulter und der Auswahl der Führungsschienen zu beachten.

Der Belagwerkstoff, dessen Wärmeleitvermögen weniger als 2% vom Grauguss beträgt, stellt gewissermaßen einen thermischen Isolator dar. Dieses kann, z.B. bei einer Wärmeentwicklung im Führungssystem, zu einer ungleichmäßigen Erwärmung von

Führungsschiene und Unterbau und damit zu Bimetall-ähnlichen Effekten führen. Dieses beeinträchtigt die Maschinengenauigkeit, so wie es aufgrund der schlechten Wärmeleitfähigkeit auch aus dem Anfahr-Betrieb von Polymerbeton-Komponenten mit aufgeschraubtem Führungssystem bekannt ist.

Auflageflächen für Linearführungen – Anforderungen an prozesssichere Ergebnisse

Die Genauigkeitsanforderungen an die Montageflächen für Linearführungen variieren abhängig von Hersteller, Führungsbahnlänge (im Bereich kleinerer Führungslängen) und der Genauigkeitsklasse der Linearführungen. Letztere ist entsprechend dem Einsatzzweck zu wählen. Höhere Anforderungen hinsichtlich Endgenauigkeit, Geschwindigkeit und Schwingungsverhalten erfordern dabei Linearführungen höherer Genauigkeitsklassen. Datenblättern der führenden Hersteller wurden die wesentlichen Anforderungen entnommen und (für Baugröße 35) in den folgenden Diagrammen (Abb. 2) verdichtet.



Einzuhaltende Toleranzen für Linearführungen der Baugröße 35mm

- X: Führungen in Normalausführung
- ◊: Führungen mit höherer Qualität / Vorspannung

Quelle: Kataloge und Datenblätter führender Hersteller (jedem Hersteller ist eine Farbe zugeordnet)

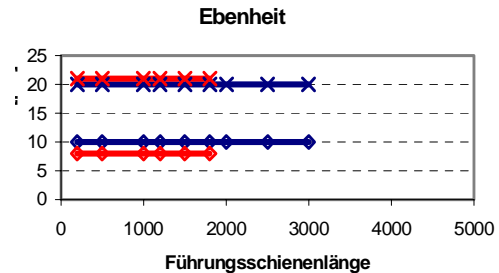
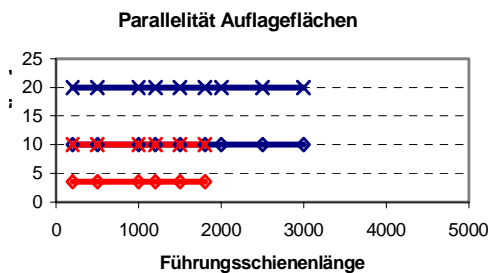


Abb. 2 Toleranzanforderungen in µm an Anlage- und Auflageflächen für Linearführungen

Dabei wird deutlich, dass kein Hersteller oberhalb einer Führungslänge von 1.000 mm eine Abschwächung der Genauigkeiten zulässt. Toleranzen bis 20µm werden für Normalanwendungen noch von einigen Herstellern akzeptiert. Anspruchsvollere Aufgaben, bei denen exakter gefertigte Führungen (mit Katalogangaben wie 'Spezialqualität' oder 'erhöhte Vorspannung') zum Einsatz kommen, erfordern sowohl für die Parallelität der Anlage- und Auflageflächen als auch für die Ebenheit Toleranzen von max. 10 µm, selbst bei Linearführungen von mehreren Metern Länge.

Derartig hohe Genauigkeiten sind zumindest bei größeren Abmessungen nur noch mit dem Fertigungsverfahren Schleifen herstellbar, wie auch Abb. 3 belegt. Die dargestellten Ebenheits-Grenzwerte für die prozesssichere Fertigung von Auflageflächen für Linearführungssysteme basieren auf Messergebnissen aus der laufenden Serienproduktion. Die Qualität des Bearbeitungsergebnisses hängt dabei stark von der Steifigkeit des zu bearbeitenden Werkstückes ab.

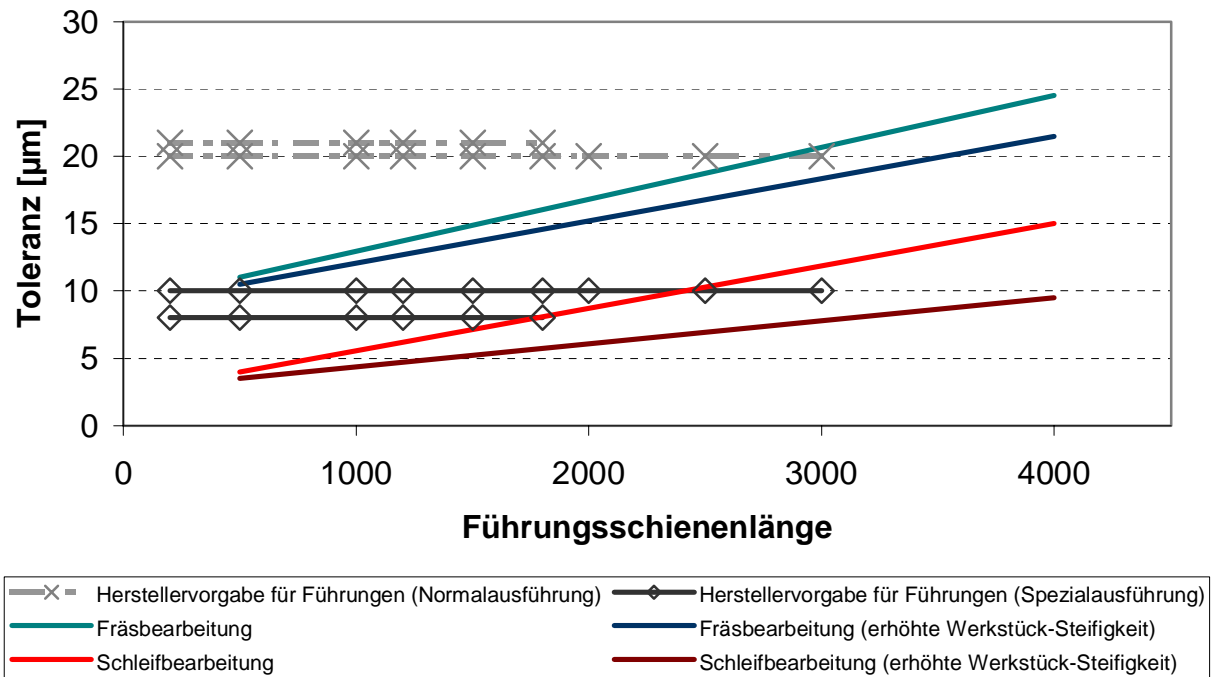


Abb. 3 Prozesssicher reproduzierbare Ebenheit für Auflageflächen in der Serienfertigung

Vorteile der feinstbearbeiteten Führungsbahnauflagen

Bei der Gussbeschaffung setzt sich allmählich die ganzheitliche Kostenbetrachtung durch, welche sich nicht ausschließlich an dem leicht zu ermittelnden, letztlich aber irrelevanten Kilopreis orientiert, sondern den tatsächlichen Stückpreis einer einbaufertigen Komponente in den Vordergrund rückt.

Ebenso wie beim Rohguss ist auch bei der Bearbeitung auf die richtige Messlatte für die Kostenbeurteilung zu achten. Hier sind die Verantwortlichen aus Konstruktion und Montage gefragt, gemeinsam das Ziel zu definieren. Kosteneinsparungen durch Wahl eines niedrigeren Genauigkeiten erzeugenden Fertigungsverfahrens werden insbesondere bei größeren Strukturen schnell durch höhere Montagekosten aufgezehrt. Fest einkalkuliert werden muss der Aufwand für das Einmessen während der Montage, wenn die Geometrie der Führungsbahnauflagen nicht prozesssicher in der erforderlichen Genauigkeit hergestellt werden kann. Richtig teuer wird es, wenn eine ungenügende Präzision einen womöglich tagelangen Ausricht- und Schabeaufwand nach sich zieht.

Letztlich schneller und billiger fährt, wer sich hier für Prozesssicherheit, d.h. für ein wiederholgenaues Fertigungsverfahren mit engen Fertigungsstreuweiten wie das Schleifen entscheidet. Idealerweise wird dieses durch Dokumentation der erzielten Ergebnisse in einem Messprotokoll ergänzt. Dabei müssen sowohl beim Zerspanen als auch beim Messen Temperatureinflüsse weitestgehend ausgeschlossen und die Spanntechnik beherrscht werden. Nur wenn diese Voraussetzungen gewährleistet sind, können die Montagen anspruchsvoller Linearführungen ohne Anpassarbeit erfolgen und dadurch Zeit und Kosten gespart werden.

Selbst wenn die vom Führungsbahnhersteller geforderten Genauigkeiten mit anderen Fertigungsverfahren gerade noch eingehalten werden, kann dieses bereits negative Folgen auf das Betriebsverhalten haben. Denn die erhöhte Reibung in den Führungselementen hat einen schnelleren Verschleiß der Wälzelemente und eine höhere Wärmeentwicklung im Bereich der Führungen zur Folge. Beides kann die Präzision und die Betriebskosten des Endproduktes negativ beeinflussen.

Die Trennung von Vorbearbeitung auf der Fräsmaschine und Feinstbearbeitung auf der Schleifmaschine kommt auch der Endpräzision zu Gute. Denn durch das Abtragen größerer

Materialvolumen während der Vorbearbeitung wird das Spannungsgleichgewicht im Werkstück erheblich gestört. Auch wenn die Spannungen dank gesteuerter Abkühlvorgänge auf niedrigem Niveau liegen, kann das gestörte Gleichgewicht zu größeren Verformungen führen. Da die Ausgleichsvorgänge insbesondere bei Großgussteilen nicht innerhalb weniger Minuten oder Stunden ablaufen, genügt das einfache Ab- und Aufspannen am Bearbeitungszentrum nicht, um eine hohe Fertigungsqualität zu erzielen. Vielmehr muss für eine prozesssichere Fertigung eine mehrtägige Liegezeit zwischen Vor- und Fertigbearbeitung eingehalten werden, die nicht nur bei terminkritischen Projekten sinnvoll für die Durchführung von Farbbehandlungen genutzt werden kann. Hierbei lässt sich die Wirtschaftlichkeit des gesamten Herstellprozesses erhöhen, da Abklebarbeiten in nicht unerheblichem Umfang eingespart werden können.

Schleifbearbeitung beim Entwicklungspartner

Mit der Übertragung der Komplettbearbeitung an den auch auf dem Gebiet der Feinstbearbeitung und Präzisionsvermessung kompetenten Komponentenhersteller können darüber hinaus weitere erhebliche Kostenvorteile insbesondere beim Logistikaufwand und bei den Qualitätskosten erzielt werden. Bei zunehmender Verkürzung von Entwicklungs- und Prototypen-Herstellzeiten wirkt sich eine optimale Logistik mit kurzen, meist prozessbedingten Liegezeiten positiv auf die gesamte Durchlaufzeit aus. Bei der anschließenden Serienfertigung kommt den Abnehmern der geschlossene Qualitätsregelkreis zugute, verlorene Bearbeitungskosten beim Maschinenbauer sind passé. Auch die Eingrenzung von Rohmaßtoleranzen für eine kostengünstigere Bearbeitung der gegossenen Komponenten ist dann praktikabel.

Verfügt der Lieferant zusätzlich über FEM-Berechnungskapazitäten im eigenen Haus, so kann bei weniger steifen Konstruktionen die durch das Eigengewicht bedingte Verformung direkt bei der Feinstbearbeitung kompensiert werden. Dieses ist von besonderem Interesse, wenn das Werkstück nicht in der Gebrauchslage bearbeitet werden kann oder die Aufspannung stark von der späteren Montagesituation abweicht.

Generell sollte bei der Konstruktion von tragenden Maschinenstrukturen auf eine starre, deformationsarme Ausführung geachtet werden. Mit der Übertragung der fertigungs- und funktionsgerechten Gestaltung der gegossenen Komponenten an die zur konstruktionsbegleitenden Berechnung und Optimierung befähigte Gießerei kann der Maschinenbauer diesen Part an seinen Innovationspartner delegieren und sich mit aller Kraft auf seine Kernkompetenzen konzentrieren !

Fazit

Die Feinstbearbeitung der Führungsbahnauflagen durch Schleifen trägt in folgenden Punkten zu einem funktional überzeugenden und kostengünstigen Produkt bei:

- Hohe Genauigkeit deutlich unter den Grenzwerten der Linearführungshersteller
- Geringere Reibung und damit
 - geringerer Verschleiß bzw. höhere Standzeiten der Wälzkörper
 - geringere Wärmeentwicklung und damit geringere temperaturbedingte Verformungen
- Geringere Montagekosten,
 - da Anpassarbeiten ganz entfallen
 - aufgrund der Leichtgängigkeit der linear geführten Komponenten, die somit während der Montage ohne besondere Kraftanstrengung verschoben werden können

Mit den zunehmenden Verfahrgeschwindigkeiten in modernen Hochleistungsmaschinen nimmt die Bedeutung des Schleifens und der damit erzielbaren hohen Genauigkeiten deutlich zu.