

HVG-Mitteilung Nr. 2077

Gasfilm-Levitation: Moderne Anwendungen für ein altbekanntes Prinzip

C. Kunert, Schott AG, Mainz

Vortrag im Fachausschuss IV am 7. Oktober 2004 in Wertheim

Levitationsprinzipien

Es sind verschiedene Methoden bekannt, mit denen Gegenstände in der Schwebelage gehalten werden können. Dies sind beispielsweise neben der Verwendung sich abstoßender magnetischer und elektrischer Felder die diamagnetische Levitation. Diese ist jedoch auf sehr kleine Materialvolumina beschränkt und benötigt sehr hohe Magnetfeldstärken.

Mit Hilfe von akustischer oder Ultraschall-Levitation können steife Bauteile berührungsfrei transportiert werden. Hier gibt es Anwendungen als Transportstraßen in der Mikrochip-Fertigung.

Besser bekannt, aber klar zu unterscheiden vom im Weiteren vorgestellten Prinzip, ist die aerodynamische Levitation. Hier beruht die Übertragung von Kräften, die im Zusammenspiel mit der Gewichtskraft des Körpers einen Schwebezustand ermöglichen, auf der Impulsübertragung eines ausströmenden Mediums. Wird Gas als Medium eingesetzt, bedingt dies zur Übertragung von nennenswerten Kräften aufgrund der geringen Dichte von Gasen sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten und sehr hohe Gasmengen. Dadurch wird das Verfahren teuer, die starke Lärmentwicklung stellt einen deutlichen Nachteil dar. Für die Bearbeitung von viskosen Glasschmelzen ist jedoch wesentlich, dass es durch die hohen Gasgeschwindigkeiten zu starken Deformationen von weichen Glasposten kommt. Zusätzlich führen die hohen Gasmengen bei bereits erstarrten, aber noch heißen Glaskörpern zu lokalen Abkühlungen und Spannungen.

Die im Bereich der Glasbearbeitung seit Alters eingesetzte Gasfilm-Levitation beruht im Gegensatz dazu darauf, dass auf einer einem Glasposten zugewandten Fläche ein gleichmäßiger dünner Gasfilm gebildet wird, der den direkten Kontakt des Glases zur Formwand verhindert. Dies geschieht beispielsweise bei wassergetränkten Holzformen bei der Herstellung mundgeblasener Gläser durch das oberflächlich verdampfende Wasser. Der Wasserdampffilm verhindert, dass sich Strukturen aus der Formoberfläche auf das Glas übertragen. Der Gasfilm sorgt zusätzlich dafür, dass der Wärmeübergang aus dem Glas in die Form deutlich reduziert wird. Somit steht für die Bearbeitung eine vergleichsweise lange Zeit zur Verfügung. Ein Anhaften und Kleben an der Form wird ebenfalls vermieden. Die maschinelle Umsetzung dieses Prinzips findet man in wasserbesprühten gepasteten Rotationsblasmaschinen für die Hohlglasherstellung.

Bekannt sind auch Schwebetische für den Zuschnitt von Flachglasscheiben. Hier wird durch feine Löcher eine sehr geringe Luftmenge zwischen den Tisch und die Scheibe gedrückt, so dass auch hier wieder ein Gasfilm das reibungsfreie Gleiten der beiden Oberflächen gegeneinander ermöglicht.

Bei der Gasfilm-Levitation ist also nicht die Menge des aus der Formwandung ausströmenden Gases entscheidend, sondern die Anwesenheit eines stabilen Gasfilms. Die benötigte Gasmenge ergibt sich dann lediglich aus der Forderung, dass die an den Rändern der Auflagefläche ausströmende Gasmenge wieder ausgeglichen werden muss.

Glasformungsprozesse mit Gasfilm-Unterstützung

Neben den bereits genannten Anwendungen bei der Handfertigung von Kelchgläsern und den gepasteten Rotationsblasformen kann das Prinzip der Gasfilm-Levitation auf eine Vielzahl von Glasverarbeitungsprozessen übertragen werden. Eine gute Quelle für Anregungen stellt die französische Patentschrift FR8113966 (Potard, 1982) dar. Gleichwohl diese auf die Formgebung von Metall (-schmelzen) abzielt, können die genannten Prozesse auch auf die Glasformung angewandt werden, was im Text auch explizit erwähnt wird. In Ausführungsbeispielen dargestellt sind u.a. das Schmelzen ohne Wandkontakt, Umschmelzen und Ziehen mit Gasfilm-Unterstützung, das Halten eines Schmelztropfens sowie Strangguss und Extrusion. Eine Ziehdüse für Aufwärts-Ziehverfahren wird ebenfalls vorgestellt. In allen Fällen wird der Gasfilm durch eine gasdurchlässige Wandung hergestellt und kontinuierlich aufrecht erhalten.

Im Vordergrund steht immer die Vermeidung des Kontaktes zwischen Schmelze und Gefäßwandung, da dieser Kontakt die Quelle für Verunreinigungen oder Kristallisation sein kann und in der Regel zu einer Beschädigung der feuerblanken Oberfläche der Glasteile führt. Durch Kontaktvermeidung kann somit auf Trenn- und Schmiermittel verzichtet werden. Zudem führt der verringerte Wärmeverlust zu besseren Oberflächenqualitäten (Feuerpolitur).

Zur Ausnutzung dieser Vorteile findet sich in der (Patent-) Literatur eine Vielzahl von weiteren Ausführungen zu nahezu allen Glasverarbeitungsprozessen, insbesondere zur Herstellung optischer Komponenten. Verfahren zur Herstellung von Flachgläsern auf einem Wasserdampf-Polster wurden eingehend von Asahi untersucht.

Untersuchungen und Anwendung bei SCHOTT

Die Untersuchungen im Hause SCHOTT umfassten neben grundlegenden Versuchen zur konstruktiven Umsetzung des Prinzips auch Versuche zur Charakterisierung der Materialien und des Gasfilms. So stellt sich z. B. heraus, dass die Gasfilmdicke in der Regel nur wenige 100 µm beträgt, was relativ hohe Anforderungen an die Passgenauigkeit aneinander grenzender Maschinenteile stellt (Bild 1). Hinsichtlich der Materialien kann keine generelle Empfehlung gegeben werden. Poröse Keramiken, Sintermetalle und Kohlenstoffmaterialien sind ebenso einsetzbar wie perforierte Platten. Das jeweilige Optimum hängt vom Einsatzzweck ab.

Mit geeigneten Computersimulationen kann das Verhalten der Glasposten auf dem Gasfilm untersucht werden. Damit sind prinzipielle Machbarkeitsuntersuchungen möglich, es können aber auch Fragen nach den benötigten Gasmengen (→Wirtschaftlichkeit) und zu erwartenden Deformationen (→Geometrietreue) beantwortet werden.

Aus den Untersuchungen zeigt sich, dass relativ zähe Schmelzen auf geeignet geformten Gaspolstern geformt werden können. Die Kontaktproblematik zwischen heißem Glas und der Form sowie die Abkühlung der formzugewandten Glasoberfläche können günstig beeinflusst werden (Bild 2 und 3). Grenzen des Verfahrens sind dadurch gesetzt, dass hohe Präzisionen aufgrund von Verformungen im Gaspolster nur mit sehr viel Aufwand möglich sind. Zusätzlich ist die Übertragung von hohen Flächenlasten bei kleinen Auflageflächen kritisch.

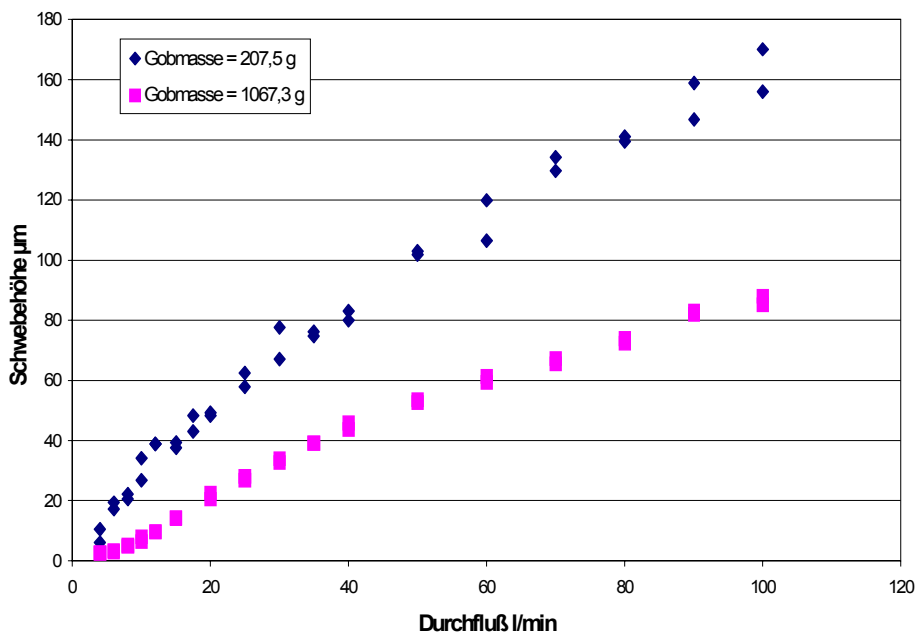


Bild 1: Zusammenhang zwischen Schwebhöhe und Gasdurchfluss.

Die Vorteile des Gasfilm-Verfahrens werden beispielhaft am „Spanker“ bei der Fertigung von Fernsehbildschirmen deutlich: Vor dem Einfallen in die Pressform stützt der „Spanker“ den Glaspfropfen ab und verhindert ein frühzeitiges Einfallen eines deformierten Glaspostens. Bei konventionellen Verfahren werden durch dieses Abstützen die Scherenmarken an der Unterseite des Tropfens „eingefroren“ und verursachen als Schnittmarken auf den Schirmen erheblichen Polieraufwand. Durch den Einsatz eines Luftkissens zwischen Spanker und Glaspfropfen kann der Wärmeentzug aus der Glasoberfläche verringert werden, wodurch die Scherenmarken besser verheilen können. Die Tiefe der Schnittmarken und damit der Polieraufwand können merklich verringert werden.

Zusammenfassung

Die Gasfilm-Levitation beruht darauf, dass auf einer einem Glasposten zugewandten Fläche ein gleichmäßiger dünner Gasfilm gebildet wird, der den direkten Kontakt des Glases zur Formwand verhindert. Dies geschieht beispielsweise bei wassergetränkten Holzformen bei der Herstellung mundgeblasener Gläser durch das oberflächlich verdampfende Wasser. Der Wasserdampffilm verhindert den direkten Kontakt zur Wand (kein Haften/Kleben) und reduziert die Reibung (weniger Verschleiß) und den Wärmeübergang aus dem Glas in die Form deutlich.

Bei der Übertragung dieses Prinzips auf andere Glasformungsprozesse zeigt sich, dass relativ zähe Schmelzen auf geeignet geformten Gaspolstern gehalten und geformt werden können. Die Kontaktproblematik zwischen heißem Glas und der Form sowie die Abkühlung der formzugewandten Glasoberfläche können günstig beeinflusst werden. Grenzen des Verfahrens sind dadurch gesetzt, dass hohe Präzisionen aufgrund von Verformungen im Gaspolster nur mit hohem Aufwand möglich sind. Zusätzlich ist die Übertragung von hohen Flächenlasten bei kleinen Auflageflächen kritisch.

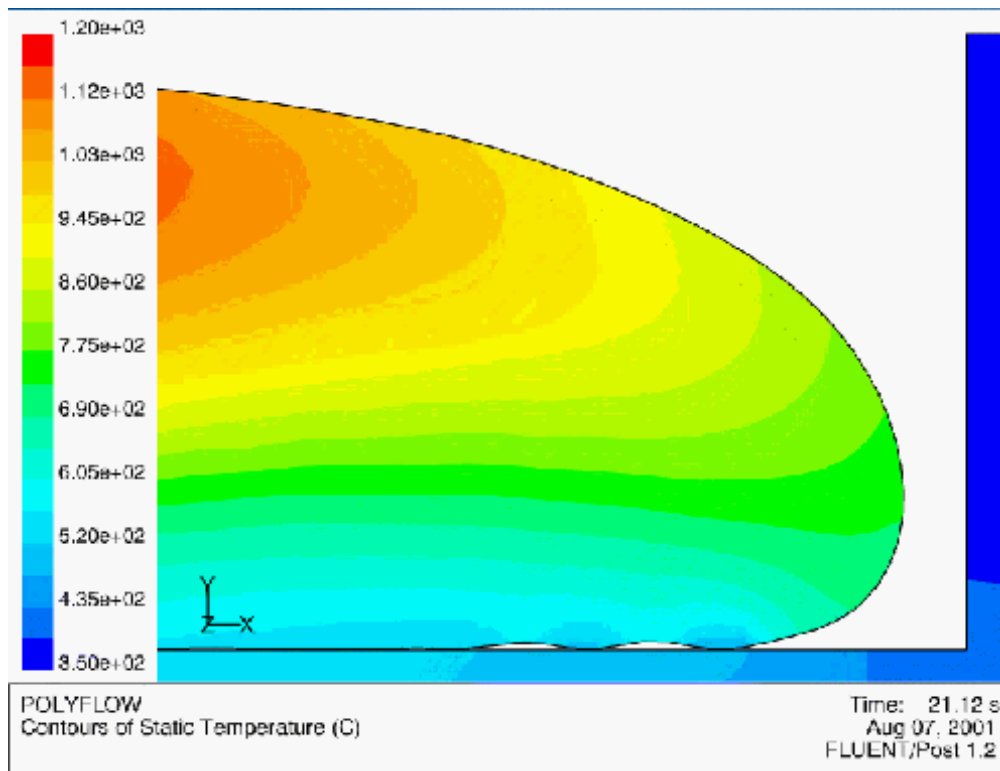


Bild 2: Konventionelles Blockgießen mit Kühlwellen.

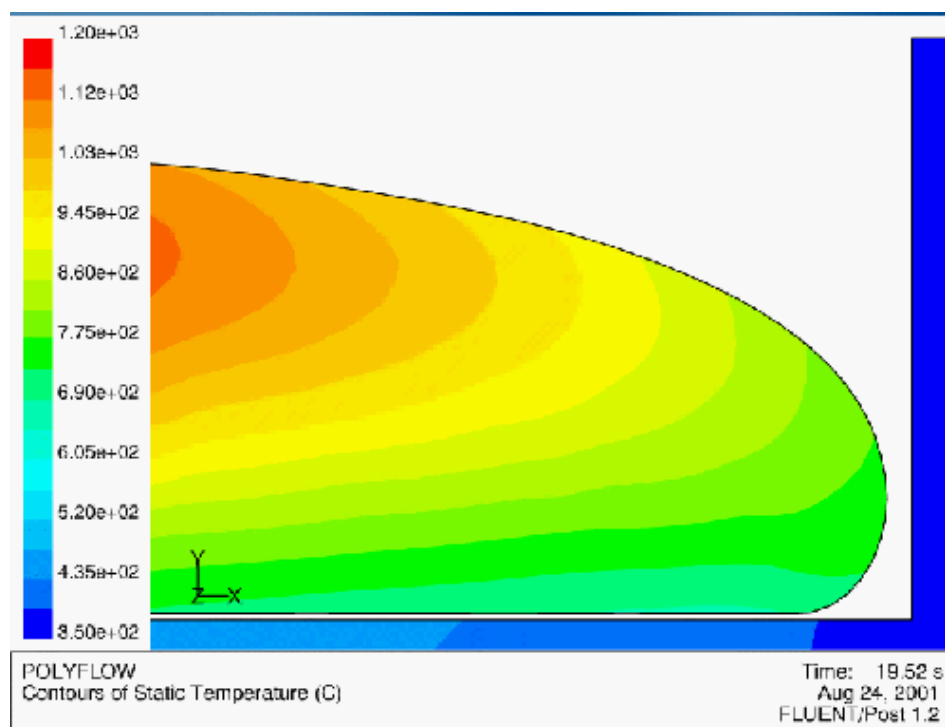


Bild 3: Gießen auf Gasfilm ohne Kühlwellen.