

Nickelstempel für die Low-cost-Replikation

Für die Replikation von Mikro- und Nanostrukturen haben sich mehrere Arten von **ABFORMWERKZEUGEN** etabliert. Besonders bei Nickelstempeln konnten jetzt die Planität der Stempeloberfläche, die Seitenwandneigung der Mikrostrukturen sowie die Antihafteigenschaft der Oberflächen deutlich verbessert werden.



Bild 1. Nickelstempel mit einem Durchmesser von 120mm und einer Gesamtdicke von 1mm

ROGER BISCHOFBERGER

Die Herstellung von Nickelstempeln basiert auf der Anwendung von galvanischer Abscheidung nicht nur der Mikrostruktur, sondern auch einer dicken Grundplatte. Die Forderung einerseits nach einer sehr ebenen Oberfläche und andererseits nach einer dicken Grundplatte sind nur sehr schwer vereinbar. Typische Prägestempel weisen eine Dicke zwischen 1 und 5 mm auf (**Bild 1**). Die dabei normalerweise erzielbare Welligkeit liegt zwischen 20 µm und 50 mm.

Problematik 1: Die Welligkeit der Stempel

Die Welligkeit ist nicht selten ein Hindernis bei der Verwendung der Nickeinsätze in Spritzgusswerkzeugen. Sie verursacht, dass das Werkzeug nicht bündig

abschließen kann oder dass Kernstifte nicht präzise genug an die mikrostrukturierte Oberfläche angefahren werden können. Im Werkzeugbau wird üblicherweise mit Fertigungstoleranzen von etwa 10 µm gearbeitet. Um glaubwürdig mit Werkzeugbauern über die Verwendung von Ni-Einsätzen diskutieren zu können, muss die Grundplanität der Nickeloberfläche in diesem Bereich optimiert werden – und das mit Sicherheit.

> KONTAKT

HERSTELLER
microSWISS AG
LI-9496 Balzers
Tel. +41 81 7400424
Fax +41 81 7400425
www.microSWISS.li



Bild 2. Hybrid Nickelstempel mit einem Durchmesser von 160mm und einer Dicke von 13mm

Lösung: Der Hybridstempel

Aus der bisherigen Herstellung haben sich Hybridstempel als Lösungsansatz herauskristallisiert. **Bisher wurde der Stempel mit seiner Vorderseite auf einer Vakuumplatte angesaugt auf die Rückseite parallel geschliffen (?)**. Beim Ansaugen hat sich die Stempelvorderseite perfekt an die Vakuumplatte angepasst. Dadurch konnte zumindest erreicht werden, dass der Stempel gleich dick wurde. Nach dem Lösen des Vakuums hingegen verzog sich der Stempel auf seine ursprüngliche Welligkeit.

Die Lösung besteht also darin, die geschliffene Rückseite des Stempels auf eine hochpräzise Grundplatte zu bonden. Dadurch wird eine Planität von weniger als $10\mu\text{m}$ bei einem Durchmesser von 160 mm erreicht (**Bilder 2 und 3**). Zudem hat der Stempel jetzt noch eine massive Rückplatte, an der sich Befestigungsmaßnahmen anbringen lassen.

Problematik 2:

Die Entformung vertikaler Mikrostrukturen

Insbesondere bei Mikrofluidik-Kanalstrukturen mit vertikalen Seitenwänden stehen Spritzgießer immer wieder vor dem Problem, dass sich beim Entformen (Trennung von Werkzeug und Kunststoffteil) Brauen am Kanalrand bilden. Dabei handelt es sich um eine Art ›Verschmierung‹, die sich negativ auf die Kanaldefinition auswirkt. Selbst eine außerordentlich hohe Oberflächengüte (keine Bearbeitungsriefen) hilft da wenig.

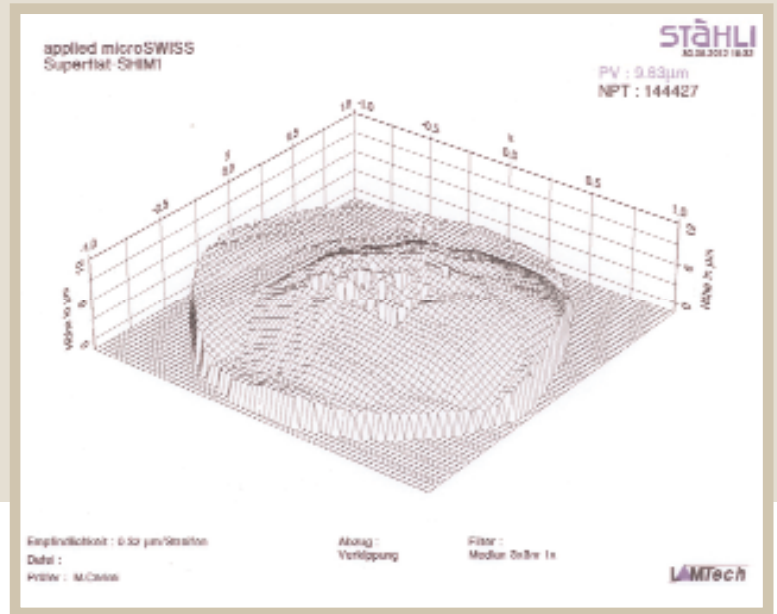


Bild 3. Planitätsmessung (Weißlicht-Interferometer) am fertigen Nickelstempel. die Welligkeit beträgt $9.63\mu\text{m}$

Lösung: Mikrostrukturen mit definierter Seitenwandneigung

Für dieses Problem gab es keine zufriedenstellenden Lösungsansätze. Auch hier half ein radikaler Ansatz ►

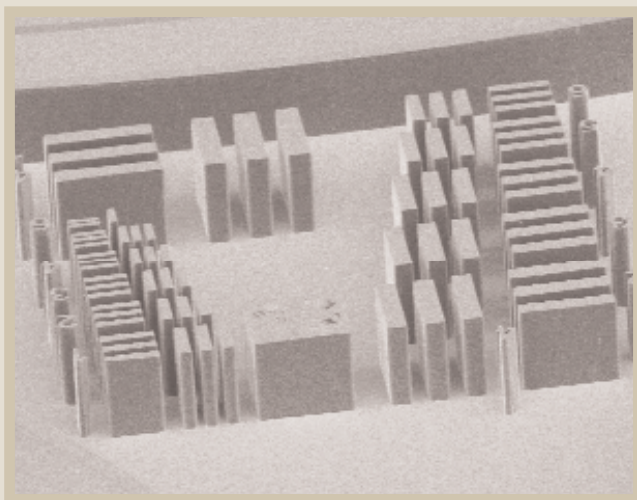


Bild 4. REM-Aufnahme einer 150µm hohen vertikalen Teststruktur. Saubere Abbildung und gute Strukturdefinition

zum Durchbruch, wobei die Strukturherstellung unverändert auf der Maskentechnik basiert (**Bild 4**). Details dieses technologischen Ansatzes können an dieser Stelle nicht genannt werden.

Bild 5 zeigt das Beispiel einer Mikrostruktur mit geneigter Seitenwand. Die hohe Qualität der Oberflächenrauheit ($R_a = 3$ bis 4 nm) bleibt unverändert erhalten. Die Mikrostrukturen können problemlos entformt werden, das Spritzgussteil erleidet keine Qualitätseinbußen.

Problematik 3: Die Entformung

Für gewisse Anwendungen ist es sinnvoll, einen Softstempel aus Silikon von der Nickeloberfläche zu fertigen. Insbesondere beim UV-Casting ist ein transparenter Stempel nötig. Aber auch beim Heißprägen kommt es immer wieder zu Abformproblemen, die eine Oberflächenmodifikation des Stempels erfordern.

Bild 6. Hydrophobe Oberfläche eines Ni-Stempels mit Antihafschicht

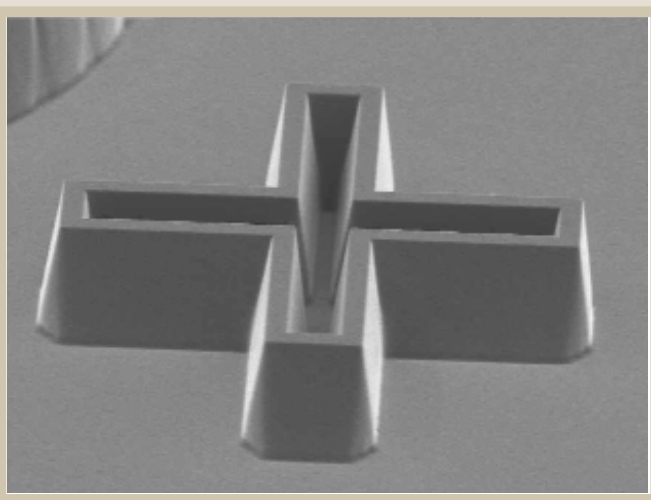
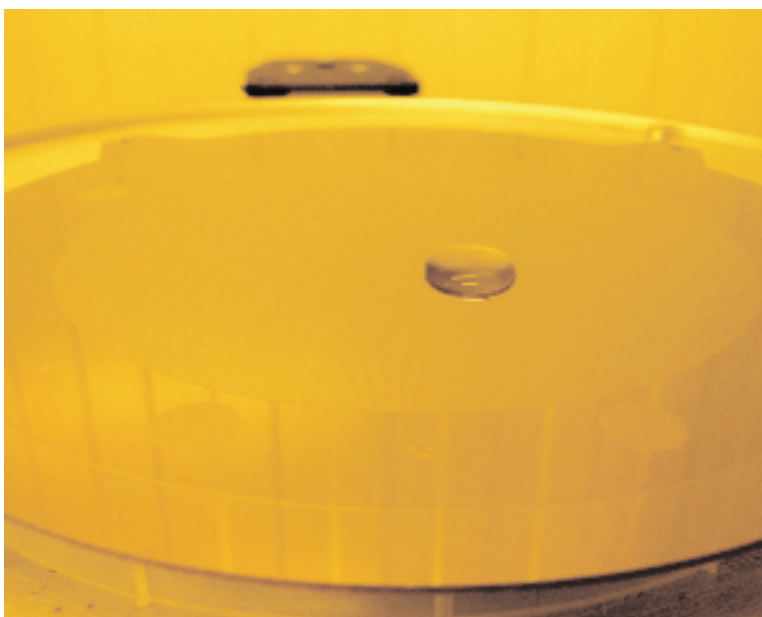


Bild 5. REM-Aufnahme einer 150µm hohen Struktur mit einer Seitenwandneigung von 10°

Lösung: Eine Antihafschicht auf dem Nickelstempel

Aus diesem Grund wurde eine bestehende fluorosilane Oberflächenbeschichtung (CVD-Prozess) soweit adaptiert, dass sie auch für Nickelstempel angewendet werden kann (**Bild 6**). Eine Hauptforderung bei jedem zusätzlichen Fertigungsschritt an einem Nickelstempel ist, dass keine Defekte entstehen dürfen. Deshalb wird mittels PVD-Verfahren ein Schichtpaket auf dem Stempel beschichtet (?), sodass die F-Si-Schicht darauf haftet und letztlich ihre Funktionsweise entfalten kann. Nach der Behandlung wurde ein Benetzungswinkel von 113° gemessen. Diese funktionale Schicht kann nur durch ein Sauerstoffplasma entfernt werden. Die üblichen nasschemischen Reinigungsverfahren sind wirkungslos.

Abgesehen von der beschriebenen Anwendung können auch Lithografiemasken derart vergütet werden, dass sich weniger Fotolackabrisse bilden, selbst bei hoher Anpresskraft während der Belichtung.

Das Lichtensteiner Unternehmen Applied Microswiss entwickelte die drei vorgestellten Lösungen aufgrund konkreter Kundennachfragen. Mit den umgesetzten Verbesserungen konnte die Mikro- und Nanostruktur-Replikation ihre ursprünglichen Kinderkrankheiten überwinden und ihr Potenzial voll zur Geltung bringen. MI110219

AUTOR

ROGER BISCHOFBERGER ist Geschäftsführer der microSWISS AG aus Balzers / Liechtenstein; bischofberger@microSWISS.li